

Procedimento Operacional de Mapeamento Geomecânico em Escavações Subterrâneas

Rodolfo Renó

MecRoc Engenharia Ltda, Belo Horizonte-MG, Brasil, rodolfo.reno@mecroc.com.br

Alexandre Assunção Gontijo

MecRoc Engenharia Ltda, Belo Horizonte-MG, Brasil, alexandre.gontijo@mecroc.com.br

Jaime Andres Corredor Herrera

Yamana Gold Inc., Pilar de Goiás-GO, Brasil, jaime.herrera@yamana.com

RESUMO: Em escavações subterrâneas de maciços rochosos, os sistemas de reforço e/ou suporte empregados são dimensionados basicamente a partir de classificações geomecânicas. Esta metodologia leva em consideração vários parâmetros intrínsecos das rochas, assim como informações sobre o meio no qual a escavação está inserida. Porém, essas classificações não são suficientes para assegurar que a recomendação da fortificação esteja adequada. Além dos parâmetros utilizados nas classificações da qualidade do maciço, deve-se considerar a direção das estruturas existentes no mesmo, devido à possibilidade de isolarem blocos/cunhas de rocha. Essas cunhas podem estar localizadas tanto no teto, quanto nas laterais das galerias, variando de tamanho e peso em função da direção e diâmetro da escavação. Elas podem ainda, ficar em condições de instabilidade, chegando a se deslocar no plano sem que seja identificado qualquer sinal de perigo anteriormente. Informações obtidas a partir de um mapeamento geomecânico, são primordiais para obter os parâmetros necessários para configuração de modelos constitutivos de estudos de estabilidade por métodos convencionais, baseados nos princípios clássicos da teoria de equilíbrio limite. Neste trabalho, serão apresentadas considerações técnicas sobre o procedimento operacional empregado no mapeamento geomecânico de escavações subterrâneas. Serão abordados temas que envolvem todo o processo, desde a coleta das informações em campo e o abastecimento de um banco de dados georreferenciado, até a análise das informações e os resultados que podem ser adquiridos. Será realizado ainda, um estudo de caso na mina Caiamar, pertencente a Yamana Gold Inc..

PALAVRAS-CHAVE: Geomecânica, Escavações, Mineração.

1 INTRODUÇÃO

A busca por bens minerais é uma atividade que se desenvolve desde os primórdios da humanidade. Hoje em dia, é uma das principais fontes de matérias primas para o desenvolvimento dos mais diversos produtos, tornando-se uma atividade vital para o mantimento dos padrões da sociedade atual.

Esses elementos estão presentes na crosta terrestre e não possuem um caráter renovável. Ou seja, uma vez extraídos, não são mais

encontrados em um mesmo sítio. Historicamente, devido a dificuldades tecnológicas e a otimização dos recursos investidos nessa extração, esses bens são explorados primeiramente na superfície e/ou próxima a ela. A partir do desenvolvimento tecnológico, juntamente com a diminuição das concentrações desses bens minerais na superfície, gerou-se uma necessidade de buscá-los em locais cada vez mais profundos. Para acessar os locais onde eles estão localizados em concentrações adequadas, foram desenvolvidas

técnicas de escavações subterrâneas. As galerias ligam a superfície até a região onde os bens minerais se encontram e permitem que sejam extraídos e transportados para o beneficiamento e consumo.

Galerias e túneis também são utilizados em diversas obras de engenharia, tais como: túneis rodoviários e ferroviários, galerias de adução de água, bases militares, cavernas de armazenamento de materiais radioativos, dentre outros.

A escavação de galerias subterrâneas é uma técnica bastante complexa por diversos motivos: condições de ventilação, inundações, quedas de blocos e até colapsos generalizados. A escavação em um maciço rochoso que apresentava-se naturalmente estável, gera uma redistribuição de tensões verticais e/ou horizontais, proporcionadas pelo peso dos pacotes de rocha adjacentes e pela movimentação tectônica das placas, provocando ainda, áreas de instabilidade. As instabilidades em uma escavação subterrânea podem ser ocasionadas, principalmente, pelos mecanismos de ruptura Contínuo (ruptura frágil sobre altos níveis de tensão), Descontínuo (queda de blocos sobre baixos níveis de tensão) e Plastificação (em níveis de tensões altos relativamente à resistência). Essas instabilidades, podem ainda, gerar quedas de blocos ou colapsos generalizados das galerias, comprometendo o sequenciamento da escavação, ou mesmo colocando em risco a vida de pessoas e equipamentos que nelas trabalham.

Os estudos geotécnicos/geomecânicos buscam entender as causas e consequências da instabilidade gerada pela abertura de vãos em maciços rochosos, a fim de propor métodos de sustentação e saneamento dos problemas gerados, preservando a integridade da escavação e permitindo uma otimização dos recursos investidos na execução desses projetos.

Um dos recursos utilizados nos estudos geotécnicos/geomecânicos é o mapeamento geomecânico das galerias. Trata-se do levantamento e caracterização no espaço de todos os parâmetros que podem influenciar em uma instabilidade das galerias já abertas. Esse levantamento busca informações acerca do contexto geomecânico/geotécnico do maciço,

permitindo o entendimento da relação entre esses parâmetros, além de possibilitar projeções do ambiente que ainda será escavado, otimizando os recursos investidos no empreendimento.

Esse artigo se propõe a divulgar e discutir como foram desenvolvidos os procedimentos operacionais para a realização de um mapeamento geomecânico em escavações subterrâneas, assim como apresentar as vantagens da dinâmica do trabalho executado a partir desses procedimentos. Também será apresentado um estudo de caso onde essas técnicas foram aplicadas em uma mineração subterrânea.

1.1 Objetivos

O principal objetivo desse artigo é apresentar e divulgar o procedimento operacional desenvolvido pela MecRoc Engenharia Ltda. para a realização de mapeamento geomecânico em escavações subterrâneas.

Para tal, será apresentado os resultados obtidos a partir da aplicação desse procedimento, sendo discutidas as vantagens em se trabalhar diante de uma padronização da dinâmica de trabalho. Por fim, pretende-se listar quais são os estudos complementares que podem ser desenvolvidos a partir dos dados de um mapeamento geomecânico.

1.2 Materiais e Métodos

Primeiramente para a confecção deste artigo foi realizada uma pesquisa bibliográfica, onde se procurou informações acerca de classificações geomecânicas utilizadas atualmente, além de referências sobre mapeamentos geológicos e geotécnicos/geomecânicos, tanto para minas subterrâneas como para céu aberto.

A partir do procedimento desenvolvido para mapeamento geomecânico de escavações subterrâneas, foi realizado uma compilação das informações mais importantes para serem apresentadas neste artigo.

Foram listados os resultados que podem ser obtidos a partir da aplicação do procedimento

de mapeamento geomecânico desenvolvido, assim como as dúvidas que podem ser geradas durante os levantamentos de campo.

Com base nas informações apresentadas foram discutidas as vantagens de se aplicar essa ferramenta em um trabalho sistemático de mapeamento, assim como uma referência aos estudos complementares que podem ser subsidiados pelas informações tomadas durante o mapeamento geomecânico.

Por fim realizou-se um estudo de caso das aplicações desse procedimento na Mina Caiamar, pertencente à Companhia Goiana de Ouro - Yamana Gold Inc..

Para a confecção desse artigo foram utilizados os softwares *Word 2013*, *Excel 2013*, *Unwedg 3.0*, *CorelDraw 6X*, *AutoCad 2013* e *ArcGis 10.1*.

2 DADOS A SEREM LEVANTADOS

Um dos principais objetivos do mapeamento geomecânico trata-se da obtenção da definição das principais estruturas geotécnicas, e por consequência, conhecer a qualidade do maciço rochoso. Essa qualidade do maciço rochoso é obtida a partir da análise de inúmeros fatores que podem influenciar na estabilidade da rocha.

Um maciço rochoso trata-se de uma massa de rocha interrompida por discontinuidades, composta de blocos discretos, esses com propriedades de uma rocha intacta. As rochas intactas são as rochas que não apresentam planos de fraqueza ou discontinuidades. A estabilidade e deformabilidade de um maciço rochoso está intimamente ligada a presença de discontinuidades e de suas características (Fiori, 2009).

Atualmente existem duas técnicas de classificação da qualidade do maciço rochoso que são amplamente utilizadas (EL-NAQA, 2001 in Fiori, 2009). Esses métodos foram desenvolvidos por Bieniawski (1974) e por Barton (1974), e a partir daí, otimização e melhorias são implementadas. Os dois métodos foram desenvolvidos a partir do princípio da associação de valor numérico para cada uma das características que podem influenciar na qualidade do maciço rochoso e ao final, com a

interação entre esses valores (operações matemáticas) obtém-se um resultado que refere-se a qualidade do maciço.

Abaixo segue uma lista dos parâmetros que são analisados e cada um dos métodos de classificação por autores:

Bieniawski (1974)

- RQD – *Rock Quality Designation*.
- Resistência a compressão uniaxial da rocha intacta.
- Orientação da escavação.
- Espaçamento das discontinuidades.
- Aberturas das discontinuidades.
- Persistência das discontinuidades.
- Alteração das paredes das discontinuidades.
- Rugosidade das paredes das discontinuidades.
- Presença de água.

Barton *et al.* (1974)

- RQD – *Rock Quality Designation*
- J_n – Índice do número de famílias de discontinuidades.
- J_r – Índice de rugosidade das discontinuidades.
- J_a – Índice de alteração das paredes das discontinuidades.
- J_n – Índice de influência da água subterrânea.
- SRF – Índice de influência do estado de tensão do maciço (*stress reduction factor*).

Essas duas técnicas para obtenção da qualidade do maciço diferenciam-se por algumas características em particular (Fiori, 2009). Bieniawski (1974) leva em consideração a quantidade de discontinuidades presentes no maciço rochoso, a orientação das discontinuidades e a resistência mecânica da rocha em questão, enquanto que Barton (1974) considera ainda as tensões exercidas no maciço em consequência das escavações.

Bieniawski (1976) propôs uma relação entre as duas técnicas a partir da equação (1), porém, com base no tratamento diferenciado para a análise da classificação da qualidade do maciço

rochoso entre os dois autores, torna-se importante a classificação baseada em ambas as técnicas fazendo o levantamento de cada um dos fatores.

$$\text{RMR} = 9 \ln Q + 44 \quad (1)$$

Ambas as formas de classificação da qualidade do maciço levam em consideração o RQD, índice obtido a partir da técnica desenvolvida por Deere *et al.* (1967), com base na análise de testemunhos de sondagem. Entretanto para a aplicação do RQD na classificação de escavações subterrâneas usa-se a técnica desenvolvida por Palmström (1982), que obtém o valor do RQD a partir do índice J_v , aplicado na equação (2) para maciços que não contem argila.

$$\text{RQD} = 115 - 3,3 J_v \quad (2)$$

(para $J_v < 4,5$, RQD = 100%)

O valor de J_v é definido a partir da somatória dos números de descontinuidades por metro (frequência) obtido para cada família de descontinuidade ao longo de linhas de varreduras normais aos planos da cada uma das famílias, em intervalos de 5 ou 10 metros de comprimento (Palmström, 1982 *in* Fiori, 2009). Entretanto, para galerias subterrâneas muitas vezes é difícil termos painéis com essas dimensões para a obtenção do J_v e o que se busca é fazer essa contagem no maior intervalo possível.

Além da classificação da qualidade do maciço rochoso existem outras informações importantes a serem tomadas ao longo do mapeamento.

Além do RQD deve-se tomar as atitudes de cada uma das famílias presentes no maciço, assim como a atitude de descontinuidades aleatórias observadas. Devem ser feitas no mínimo três medidas de cada plano para análises estatísticas e para observar a variação de cada uma delas. Estruturas macroscópicas como contatos litológicos, zonas de falha e intrusões devem ser plotadas em croquis em sua total extensão para fins de modelamento, assim como suas atitudes também devem ser tomadas.

Deve-se tomar também a cada ponto as dimensões das galerias (largura e altura), assim como a direção das escavações.

Para o levantamento sistemático dessas informações foi desenvolvido um formulário prático com todos os parâmetros que dever ser levantados em cada ponto descrito.

Todos os pontos e estruturas observadas devem ser referenciadas espacialmente em croquis de campo.

3 DINÂMICA DE TRABALHO

3.1 Levantamento de Campo

Primeiramente deve-se definir uma escala de trabalho adequada para a realização do mapeamento. Essa definição deve levar em consideração o tamanho da galeria, a extensão das estruturas, a variação da qualidade do maciço ao longo de uma galerias, dentre outros fatores. Em geral usa-se escalas de detalhe que podem variar de 1:100 a 1:500. O distanciamento entre cada ponto de coleta de dados deve ser compatível com a escala de trabalho e eventualmente, diante de mudanças nos padrões observados na qualidade do maciço e estruturas, deve-se tomar pontos intermediários.

Caso haja levantamentos topográficos disponíveis das galerias é necessário ter em mãos croquis em escala para plotar os pontos e estruturas observadas (Figura 1), se não houver essa disponibilidade, deve-se confecciona-los em campo com papel milimetrado.

Além dos croquis e EPI's é necessário ter sempre em mãos os seguintes equipamentos e materiais:

- Prancheta
- Papel milimetrado
- Transferidor
- Escalimetro
- Lapiseira
- Borracha
- Caneta
- Lápis colorido
- Martelo de Geólogo
- Lupa

- Bússola
- Trena a laser
- Trena comum de 5m
- Trena de fita de 50m
- Riscador de rocha
- HCL (10%)
- Lanterna de inspeção
- Câmera fotográfica

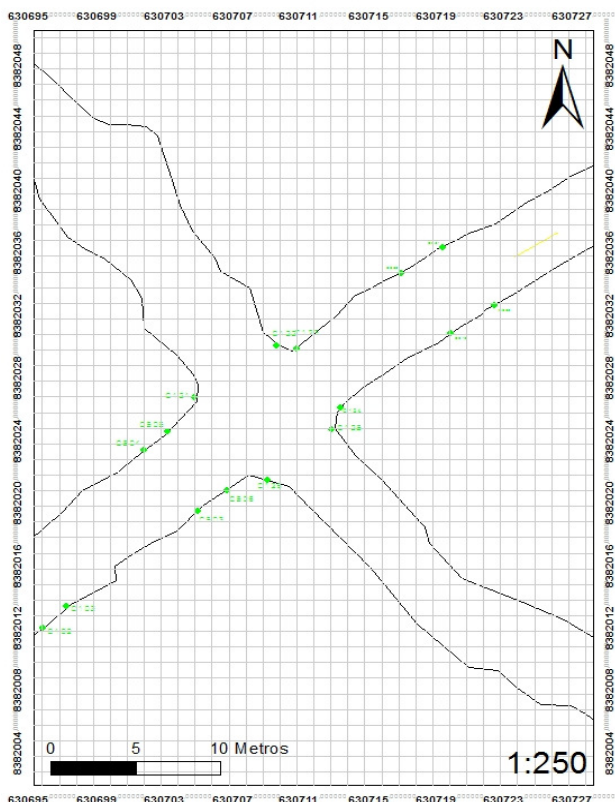


Figura 1. Exemplo de um croqui topográfico de galerias subterrâneas usado pela MecRoc.

Para a tomada das informações em um determinado ponto realiza-se primeiro uma inspeção de segurança no local. Deve-se observar aspectos como existência de chocos, cunhas e/ou lajes instáveis, condições de ventilação, estalos de rocha e condições da infraestrutura da galeria (cabo elétricos, tubulações de água, bombeamento, ou manuseio com explosivos). Caso a galeria esteja sem nenhum problema continua-se o processo de mapeamento, caso contrário deve-se comunicar a supervisão do empreendimento para que as medidas necessárias sejam tomadas.

Primeiramente deve-se preencher o formulário em sua totalidade com as

informações extraídas do maciço. Caso alguma informação não se aplique ao maciço, o geólogo responsável deve preencher como NA (não aplicável). Informações e descrições complementares devem ser colocadas no campo de observações.

Com o formulário preenchido, o ponto deve ser georreferenciado com base em marcos topográficos presentes na galeria, caso esses estejam ausentes, deve-se fazer uso de feições características da morfologia da galeria. Posteriormente as estruturas macroscópicas observadas, caso existam, também devem ser plotadas nos croquis topográficos (Figura 2).

Por fim todas as feições descritas e caracterizadas devem ser registradas por fotografia. Essas fotografias devem sempre possuir escala além do seu número e azimuth serem anotados nos formulários.

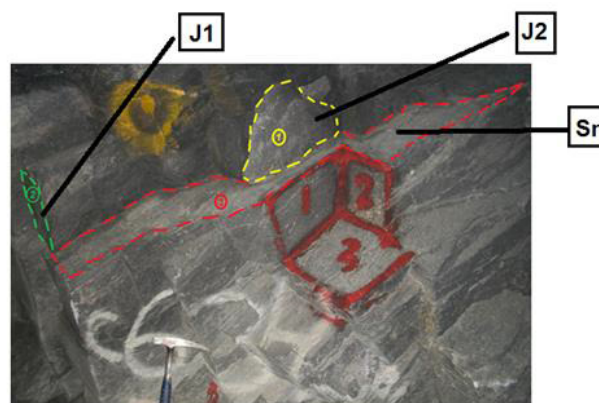


Figura 2. Imagem das famílias de discontinuidades encontradas na Mina Caiamar.

3.2 Digitalização das Informações

De posse das informações levantadas em campo deve-se digitalizá-las para facilitar as análises e para que não sejam perdidas.

Os formulários devem ser descarregados em um banco de dados em formato *Excel* onde as linhas representam cada um dos pontos tomados e as colunas, cada uma das características observadas. Para cada ponto deve ser obtida as coordenadas espaciais (X, Y, Z) com o auxílio dos croquis de campo e dos mapas topográficos das galerias.

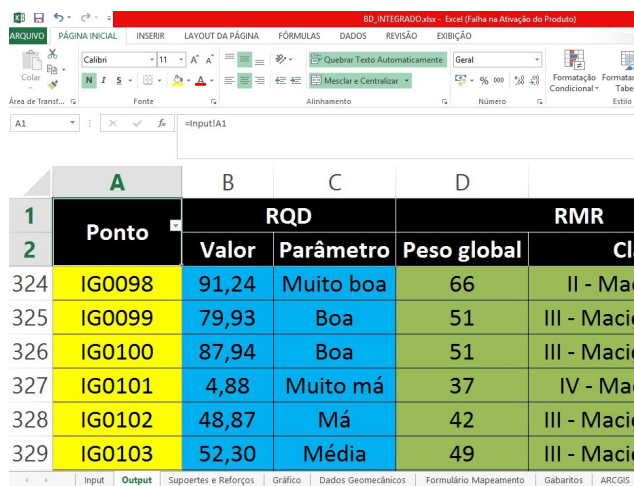
Os croquis devem ser digitalizados em formato de imagens e a partir delas vetorizados

em softwares específicos mantendo sempre o mesmo layout para as mesmas estruturas.

Por segurança as informações devem ser digitalizadas o mais rápido possível para que não sejam eventualmente perdidas. Backup's das informações também devem ser feitos a cada atualização do banco de dados e croquis; pois esses reúnem todas as informações referentes ao trabalho. Após a digitalização das informações as evidências devem ser arquivadas.

3.3 Análise das Informações

O banco de dados é configurado para atribuir automaticamente os valores numéricos (notas) de cada um dos parâmetros que definem a qualidade do maciço como estipulado por Bieniawski (1974) e por Barton (1974), além de realizar a somatória e ajustes necessários para automaticamente resultar na qualidade do maciço em questão (Figura 3). O banco de dados também é configurado para mostrar informações complementares que são calculadas a partir dos resultados da qualidade do maciço, assim como a pressão de suporte no teto, deformabilidade do maciço, comprimento de ancoragem necessário, tipo de suporte indicado, dentre outras informações.



	A	B	C	D	
1	Ponto	RQD		RMR	
2		Valor	Parâmetro	Peso global	Cl
324	IG0098	91,24	Muito boa	66	II - Maciço
325	IG0099	79,93	Boa	51	III - Maciço
326	IG0100	87,94	Boa	51	III - Maciço
327	IG0101	4,88	Muito má	37	IV - Maciço
328	IG0102	48,87	Má	42	III - Maciço
329	IG0103	52,30	Média	49	III - Maciço

Figura 3. Resultados obtidos automaticamente pelo banco de dados a partir das informações levantadas no mapeamento geomecânico.

As informações sobre as atitudes dos planos observados devem ser tratadas estatisticamente em

forma de diagramas de rosetas, histogramas e projeções estereográficas. Esse tratamento busca determinar padrões de ocorrência e suas variações. As estruturas macroscópicas como zonas de falha, intrusões e contatos litológicos, além do tratamento estatístico, devem ser também analisadas em planta em sua total extensão de ocorrência. Essa análise busca entender a interação entre elas e entre as famílias de descontinuidades tomadas na obtenção do valor do J_v .

Os dados obtidos sobre as atitudes das descontinuidades, juntamente com as dimensões das galerias, podem ser utilizadas para análises de estabilidade por equilíbrio limite, assim como auxiliar nas análises numéricas em softwares específicos (Figura 4).

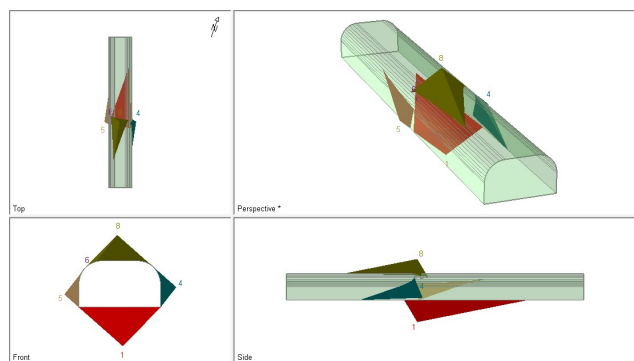


Figura 4. Análise de blocos a partir das informações do mapeamento geomecânico feitas no software Unwedge 3.0.

Todas as informações obtidas podem ser analisadas especialmente com o auxílio de mapas que possibilitam a observação das feições do maciço em planta bem como as suas variações ao longo das galerias (Figura 5). É possível observar a distribuição em planta de qualquer um dos parâmetros levantados na classificação da qualidade do maciço rochoso, assim como a própria qualidade do maciço (Figura 6).

A partir da interpretação desses dados espaciais é possível a delimitação de unidades geotécnicas presentes no local do mapeamento, assim como a definição dos locais críticos.

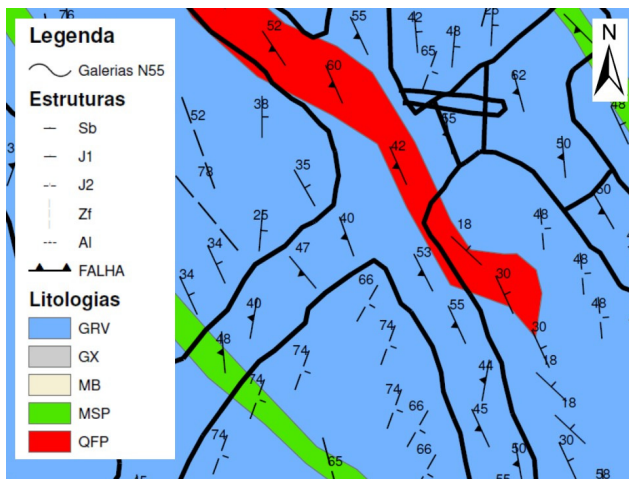


Figura 5. Exemplo do mapa geo-estrutural gerado a partir das informações do mapeamento geomecânico.

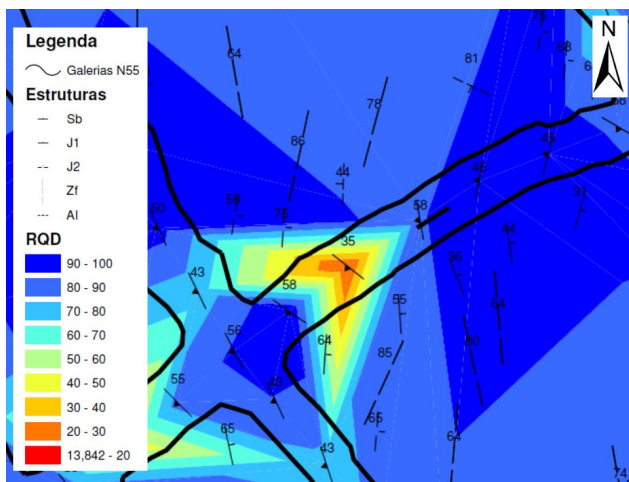


Figura 6. Exemplo da distribuição em planta do RQD ao longo das galerias.

3.4 Estudos Complementares

As informações obtidas a partir de um mapeamento geomecânico de qualidade podem auxiliar na execução de estudos complementares imprescindíveis para um bom desenvolvimento de um projeto de escavação subterrâneo. Porém apenas o mapeamento geomecânico não é suficiente para a realização desses estudos.

Dependendo do que se busca é necessária a realização de ensaios de resistência mecânica de rochas, descrições geotécnicas de testemunhos de sondagem, ensaios de tensão in situ, modelamentos hidrogeológicos, dentre outros.

Como exemplo de estudos complementares podemos citar a execução de modelamentos

geomecânicos do ambiente em questão, dimensionamentos de estruturas geotécnicas e projetos de suportes.

4 ESTUDO DE CASO

Este capítulo dedica-se a apresentar os resultados obtidos na aplicação desse procedimento operacional na Mina Caiamar.

A Mina Caiamar, localizada no município de Crixás-GO. Trata-se de uma mineração de ouro associada aos *green stone belts* da faixa Brasília, centro norte do estado de Goiás. São mineralizações associadas a rochas metamórficas sulfetadas originadas a partir do retrabalhamento de seqüências vulcanossedimentares.

Suas atividades iniciaram-se a partir da abertura de uma rampa exploratória em 2012 e hoje a mina encontra-se em fase de operação, com cerca de 5500m de galerias distribuídos em 6 níveis.

Em Março de 2013, a MecRoc iniciou-se a execução de atividades geomecânicas, sendo um dos trabalhos a realização do mapeamento geomecânico das galerias.

Ao todo foram dedicados 23 dias somente para a execução do mapeamento geomecânico. Em média eram gastas duas horas e meia para a coleta das informações em campo e duas horas para a digitalização dessas informações no escritório. Durante esse período foram tomados 224 pontos, perfazendo uma média de 9,74 pontos por dia, sendo dedicados cerca de 15 mim para cada ponto.

A distribuição desses pontos contempla 1400 m lineares de galerias subterrâneas que foram mapeadas.

Para cada um desses pontos foram feitas as classificações da qualidade do maciço segundo Bieniawski (1974) e Barton (1974), sendo que a partir desses resultados foi calculado o índice GSI que também representa um tipo de classificação geomecânica (Marinos & Hoek, 2000). Na tabela 01 pode-se observar um resumo das qualidades do maciço para cada tipo de rocha observado na Mina Caiamar.

Tabela 1. Resumo dos resultados da qualidade do maciço obtido a partir do mapeamento na Mina Caiamar.

Tipo de Rocha	Número de Pontos	RQD	RMR	Q	GSI
Grauvacas com textura grossa	157	83,09	56,33	10,3	64,7
Grauvacas finas	41	78,55	57,55	9,65	66,6
Anfibolito	14	73,57	49,28	10,2	55,4
Grafita xisto	5	71,44	52,06	5,53	55
Quartzo-anfibólio-biotita xisto	7	88	54,42	14,9	60,9

Ao todo foram tomadas 670 medidas de atitudes de planos de descontinuidades, além de estruturas macrocópicas como falhas, contatos litológicos e intrusões, que também foram modeladas espacialmente.

5 CONCLUSÕES

O desenvolvimento de um procedimento padrão para a realização de um mapeamento geomecânico proporciona uma padronização das informações que são coletadas facilitando as análises posteriores. Essa padronização ajuda a evitar erros operacionais durante a atividade melhorando a qualidade dos produtos gerados.

Esse procedimento desenvolvido pela equipe MecRoc permite a centralização de todas as informações em um banco de dados único, permitindo um melhor controle das informações assim como a interpretação delas.

Com a utilização desse procedimento é possível otimizar o tempo do profissional designado para atividade e extrair a maior quantidade de informações possível de cada um dos pontos tendo em vista que são utilizados formulários pré-estabelecidos.

Esse procedimento também proporciona uma facilitação no treinamento de novos profissionais que atuam nessa atividade, assim como realizar um balizamento entre profissionais diferentes que atuam na mesma atividade, tendo em vista que a visão de cada

profissional pode ser diferenciada. Entretanto mantem a possibilidade dos profissionais realizarem suas descrições e observações do seu próprio ponto de vista.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos os colaboradores da Mina Caiamar que sempre acreditaram na equipe MecRoc durante a execução das atividades.

Ao engenheiro geólogo Paulo Henrique Silva Lopes pelos ensinamentos e apoio.

Em especial agradecemos os Srs. Geraldo Alves Ferreira, Emanuel Piedade Viegas e Glauber Luvizotto pelas oportunidades proporcionadas.

Também a Yamana Gold Inc. pela liberação das informações para compor esse trabalho técnico.

REFERÊNCIAS

- Barton, N.R., Lien, R. and Lund, J. (1974) *Engineering Classification of Rock Masses for the design of Tunnel Support*. Rock Mech. 6(4), 189-239.
- Bieniawski, Z.T. (1974) *Geomechanics Classification of Rock Masses and its application in Tunnelling*, Proc. 3rd Congr. Int. Soc. Rock Mech., Denver 2, Part A, 27-32.
- Bieniawski, Z.T. (2011) *Misconceptions in the Applications of Rock Mass Classifications and Their Corrections*.
- Deere, D.U., Hendron, A.J., Patton, F.D. and Cording, E.J. (1967). *Design of Surface and Near Surface Construction in Rock*. In *Failure and Breakage of Rock*, Proc. 8th U.S. Symp. Rock Mech., ed. C. Fairhurst, New York, NY, 237-302.
- El-Naqa, A. (2001). *Application of RMR and Q Geomechanical Classification Systems Along the Wadi Mujib Tunnel*, *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, Vol. 60, No. 4: 257-269.
- Fiori, A.P. and Carmignani, L. (2009) *Fundamentos de Mecânica dos Solos e das Rochas: aplicações na estabilidade de taludes*, 2nd. ed., UFPR, Curitiba, PR, BRASIL, 604p.
- Marinos, P and Hoek, E. 2000 *GSI – A geologically friendly tool for rock mass strength estimation*. Proc. GeoEng2000 Conference, Melbourne. 1422-1442.
- Palmström, A. (1982). *The Volumetric Joint Count - a Useful and Simple Measure of the Degree of Rock Jointing*, Proc. 4th Congr. Int. Assn Engng Geol., Delhi 5, 221-228.