


Análise dos procedimentos de desenvolvimento de mina em uma pedreira de mármore na região de Itaoca - Distrito de Cachoeiro de Itapemirim - ES

Gleicon Roberto de Sousa Maior ^{1*} 
Marcos Rogério do Nascimento Júnior ¹

Resumo

O desenvolvimento de mina é uma atividade que deve ser realizada de forma controlada e executada de acordo com as necessidades do empreendimento mineiro. Uma das principais estruturas atreladas ao desenvolvimento de uma mina são a construção/adequação de vias de acesso e a deposição dos estêreis gerados na lavra. Por este motivo, um bom planejamento e execução das atividades se faz necessário para que se atinjam bons resultados operacionais para o empreendimento, gerando menos perdas e aumentando sua produtividade. Neste trabalho foi utilizado um levantamento topográfico com uso de drone, cujos dados foram tratados e aplicados em softwares como CloudCompare, onde foi possível analisar o desenvolvimento de mina em uma pedreira de mármore na região de Itaoca - distrito de Cachoeiro de Itapemirim – ES, tendo como foco principal as vias de acesso existentes no local, sendo identificadas insegurança e ineficiência com relação aos padrões adotados no empreendimento devido a inclinação em alguns trechos ultrapassando 20%.

Palavras-chave: Rocha ornamental; Desenvolvimento de mina; Vias de acesso; Projeto geométrico; Topografia com drone.

Analysis of mine development procedures in a marble quarry in the region of Itaoca - District of Cachoeiro de Itapemirim - ES

Abstract

Mine development is an activity that must be carried out in a controlled manner and executed according to the needs of the mining enterprise. One of the main structures linked to the development of a mine is the construction / adaptation of access roads and the deposition of waste generated at the mine. For this reason, good planning and execution of activities is necessary in order to achieve good operating results for the enterprise, generating less losses and increasing its productivity. In this work, a topographic survey using a drone was used and the data were treated and applied in software such as CloudCompare, where it was possible to analyze the development of a marble quarry mine in the region of Itaoca - district of Cachoeiro de Itapemirim – ES, having as main focus the access roads existing in the place which indicated insecurity and inefficiency in relation to the standards adopted in the enterprise due to the extension in some stretches exceeding 20%.

Keywords: Dimensional stone; Mine; Development; Haul roads, Geometric project; Drone topography.

1 Introdução

As estradas de mineração foram por muito tempo desconsideradas quanto ao sucesso de um empreendimento de mineração [1]. No entanto, o desempenho insuficiente de uma estrada terá impacto na produtividade e nos custos da mina, reduzindo a segurança operacional, a produtividade e a longevidade dos equipamentos, que dependem de acessos bem projetados, executados e com boa manutenção [2].

Uma via de acesso utilizada para trânsito de caminhões deve ser idealmente projetada e sua manutenção de rotina deve ser gerenciada eficazmente. O desempenho operacional de uma estrada de mineração pode ser subdividido em quatro componentes de projeto: gerenciamento geométrico, estrutural, funcional e de manutenção [3]. Estes componentes são essenciais para um bom funcionamento e segurança da via de acesso.

¹Instituto Federal do Espírito Santo – IFES, Cachoeiro de Itapemirim, ES, Brasil.

*Autor correspondente: gleicon.maior@ifes.edu.br



O gerenciamento geométrico diz respeito à geometria da via em geral, levando em consideração a inclinação, ângulo de visão dos motoristas, distância de parada em caso de emergência, dentre outros. Os projetos estruturais e funcionais têm como objetivo avaliar as cargas a serem aplicadas sobre a via, e se esta atende à sua função e resiste ao tráfego a ela destinada. No último componente, temos o projeto de manutenção, que visa manter as estradas de mineração sempre em condições ótimas de uso. De acordo com Thompson et al. [3] as inclinações ótimas para vias de acesso em minerações devem ser entre 8 e 12% sem levar em consideração a resistência ao rolamento (RR) da via.

Além das estradas de mineração, o processo de desenvolvimento tem que abarcar os locais onde as estruturas que farão parte do processo estarão, e dentre essas estruturas estão os depósitos de estéréis. Têm-se por estéril as porções do maciço rochoso que não apresentam valor econômico no momento da sua extração. Estes materiais devem ser armazenados em locais previamente planejados, podendo ser depositados de forma temporária ou permanente, inclusive designados em diferentes locais conforme a possibilidade de aproveitamento econômico futuro do estéril. Por este motivo as operações devem ser controladas, buscando a máxima deposição com estabilidade e segurança, além de garantir que não haja empecilhos operacionais na deposição destes [4].

A tecnologia de coleta de dados 3D de alta resolução a partir de aerofotogrametria digital utilizando a técnica de *Structure From Motion* (SFM), ou estrutura de movimento (EDM) em tradução livre, proporciona produção automatizada de modelos a partir de imagens irrestritas favorecendo que as análises de superfícies topográficas possam ser realizadas de forma rápida e com alta confiabilidade [5].

Assim, baseando-se nestas informações, foi realizada uma análise nas vias de acesso e na deposição de estéréis em uma pedreira de mármore na região de Itaoca, distrito de Cachoeiro de Itapemirim – ES, tomando como referência um levantamento topográfico efetuado por meio de drone.

2 Metodologia

Durante o período da pesquisa foi realizado um levantamento bibliográfico a respeito dos métodos construtivos de vias de acesso em mineração e sobre as metodologias de deposição de estéréis na fase da lavra.

Após esta etapa foi realizado uma incursão de campo com uso de um drone modelo *DJI Phantom 4 Advanced* (Figura 2) equipado com câmera fotográfica de 20 megapixels e sistema GPS (*Global Positioning System*) integrado, onde foi possível realizar a captação de imagens áreas da área a ser estudada e posterior modelagem da topografia

Além disso, foram utilizadas ferramentas computacionais, onde os *softwares* de aquisição e processamento fotogramétrico de imagens e análise virtual foram: Drone Deploy versão gratuita, Agisoft Photoscan Metashape 1.5.5 com licença

Caminhão carregado, velocidade de rodagem de 20 km/h, tração nas rodas limitada (caminhão de acionamento mecânico)

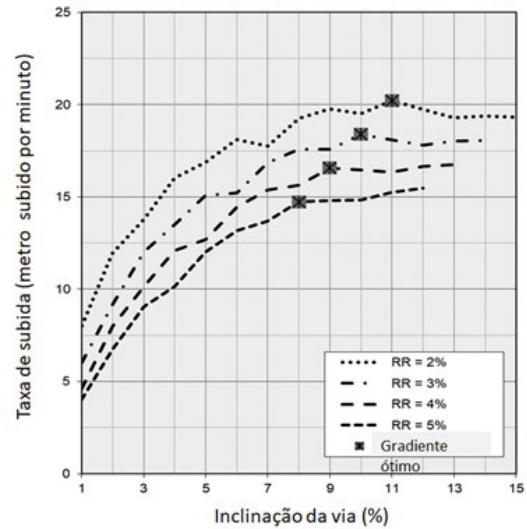


Figura 1. Determinação de inclinação ótima de via de acesso em minerações para uso de caminhões [3].



Figura 2. Levantamento topográfico e captação de fotos com drone.

experimental de 30 dias, o Recap Autodesk com licença estudantil limitada e o CloudCompare 2.11.3.

O plano de voo foi realizado com auxílio do aplicativo Drone Deploy onde alcançou uma altitude de 25 m, com resolução de 1,1 cm/pixels e foram tomadas aproximadamente 300 cenas de imagens.

O processamento fotogramétrico, a aerotriangulação das imagens, a modelagem 3D e a geração de nuvem de pontos foi realizado em seguida através dos *softwares* Photoscan Metashape e o Recap. Ambos os *softwares* fazem uso da técnica *Structure From Motion* (SFM), a qual projeta estruturas tridimensionais a partir de um conjunto de cenas e/ou imagens 2D. Isto é possível devido aos algoritmos que identificam vários pontos em comuns nos pares de

imagens [6,7]. Com base nestas imagens e levantamentos, foi possível analisar o componente de projeto da via de acesso, conhecido como gerenciamento geométrico, além de analisar o local selecionado para deposição dos estéreis na lavra.

Com os dados das etapas anteriores, a nuvem de pontos e o modelo 3D gerado pelo PhotoScan Metashape foram exportados para o software CloudCompare. Desta forma, para análise das condições do desenvolvimento do empreendimento, foram analisados os locais de deposição dos estéreis de acordo com o perfil topográfico local, ao passo que o projeto geométrico da via de acesso principal foi avaliado com relação à inclinação geral da via.

3 Resultados e discussões

A área em questão está localizada na região de Itaoca, distrito de Cachoeiro de Itapemirim. Na localidade as rochas aflorantes são mármore puros e impuros, pertencentes às rochas metamórficas do complexo Paraíba do Sul. Estes mármore apresentam zonas cortadas por minerais máficos sendo apresentados na forma de veios e diques [8,9].

A Figura 3 apresenta uma vista superior da área de estudo, sendo possível observar a disposição das vias de acesso, com linha pontilhada em vermelho, e o local onde os estéreis são alocados, inserido na circunferência rosa. A Figura 4, por sua vez, traz uma visão tridimensional do empreendimento em conjunto com as cotas da região.

Após análise da inclinação da via utilizando o *software* Agisoft Photoscan Metashape, foi observado que a inclinação média é de 14%. Porém, na porção inferior desta (início do trecho de subida) a inclinação é superior à 20% (Figura 5), e de acordo com Thompson e Visser [2] a inclinação média



Figura 3. Vista superior da área de estudo; a linha pontilhada em vermelho representa a via de acesso à frente de lavra, enquanto o círculo rosa representa o local de deposição de estéreis.



Figura 4. Curvas de nível do empreendimento.

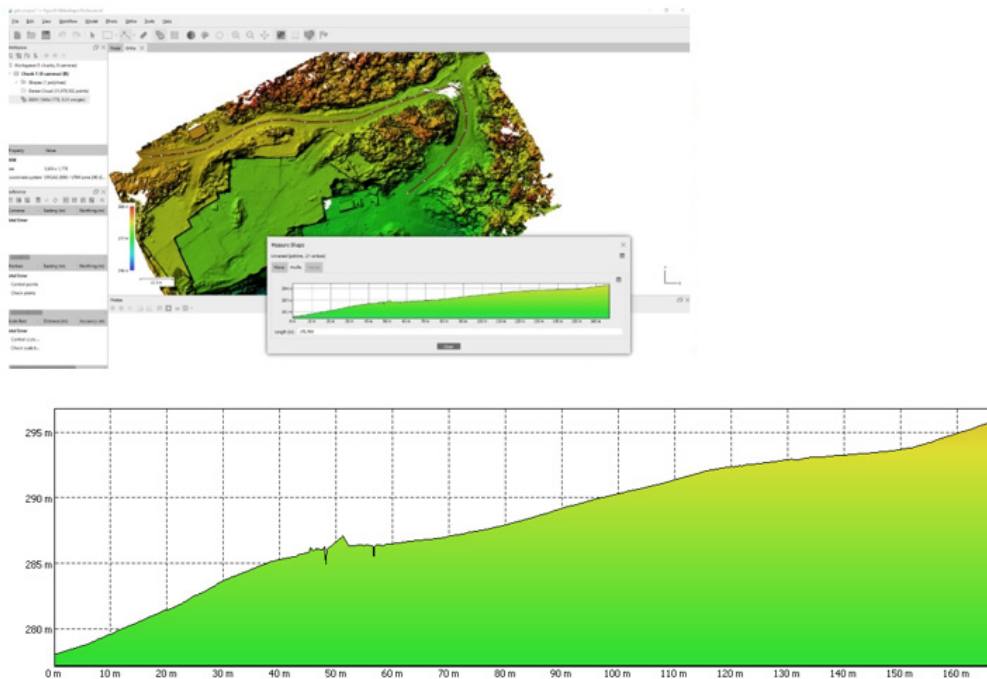


Figura 5. Perfil de elevação da via principal da mina gerado no Agisoft Photoscan Metashape.



Figura 6. Vista geral da área estudada, onde se percebem curvas acentuadas e ângulos de visão inadequados para os motoristas.

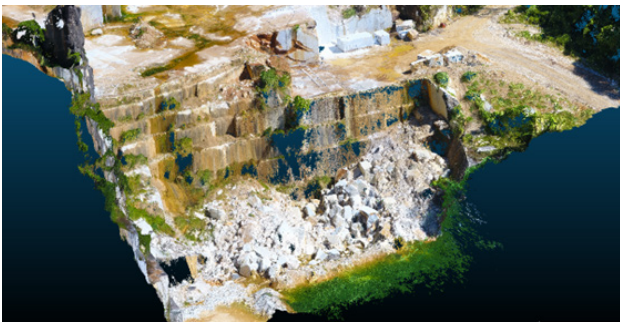


Figura 7. Depósito de estéril em local onde há possibilidade de haver avanço da lavra.

ideal de uma via é de 10% visando segurança, economicidade e um bom aspecto operacional.

Assim, pode-se observar que a via de acesso principal se encontra no limite do previsto como ideal e isso pode apresentar dificuldades para o tráfego de veículos pesados. Além disso, o uso de um sistema de drenagem como as caixas de decantação interligadas por canaletas de drenagem favoreceria a conservação da via, o que é um ganho quanto à questão estrutural da mesma.

Como pode ser observado na Figura 6, a geometria da via de acesso principal também não é a ideal, visto que há curvas acentuadas, dificultando as manobras dos caminhões,

além de não possuírem ângulos de visão adequado, o que reduz a segurança das mesmas. Assim, o ideal seria realizar uma modificação também na geometria da via de forma a suavizar as curvas, além de realizar a remoção da vegetação presente no local.

Com relação ao estéril (Figura 7), pode-se observar que eles foram alocados dentro da área útil do empreendimento, o que pode gerar um custo operacional desnecessário se a atividade de lavra for direcionada na direção deste depósito. Assim, o ideal seria disponibilizar um local que não venha a atrapalhar a atividade em um futuro próximo.

Neste estudo não foi possível identificar um local adequado no empreendimento para efetuar a correta disposição do estéril. Feito o diagnóstico da inadequação do acesso principal, não foi possível também realizar uma sugestão de um novo projeto geométrico de vias, devido à limitação da informação fornecida pela empresa, ficando como indicação para estudos posteriores.

4 Conclusão

O planejamento e desenvolvimento de mina são etapas fundamentais para o sucesso de um empreendimento mineiro, envolvendo diversos fatores, dentre eles a adequada construção das vias de acesso e a correta locação do depósito de estéril.

Falar sobre o empreendimento estudado; falar que a topografia foi levantada pelo uso de drone; falar que foi levantado ainda o perfil do acesso principal, de onde as conclusões do parágrafo seguinte foram obtidas. Explicitar números, como 20% de inclinação, dizendo o motivo de ser inadequado; dizer qual deveria ser o correto. Enfim, explorar os resultados.

Para o estudo em questão, as vias de acesso apresentam pontos onde são passíveis de melhoria na construção das vias de acesso e nos locais de deposição dos estéreis. Ajustando esses locais, há uma possibilidade de ganhos operacionais do empreendimento.

Referências

- 1 Reis MS. Classificação e diagnóstico das estradas de mina de lavra a céu aberto de minério de ferro dentro do quadrilátero ferrífero [dissertação]. Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto; 2014.
- 2 Thompson RJ, Visser AT. Mine haul road construction and operating best practices for cost-efficient truck haulage. In: IBRC Conference on Mine Haulage; Nov. 26–28, 2008; Brisbane, Australia.
- 3 Thompson RJ, Peroni RL, Visser AT. Mine haul roads: theory and practice. Netherlands: CRC Press/Balkema; 2019.
- 4 Silva APM, Viana JP, Cavalcante ALB. Caderno de diagnóstico: resíduos sólidos da atividade de mineração. Brasília, DF: Ipea; 2011.
- 5 Bemis SP, Mickelthwaite S, Turner D, James MR, Akciz S, Thiele ST, et al. Ground-based and UAV-Based photogrammetry: a multi-scale, high-resolution mapping tool for structural geology and paleoseismology. *Journal of Structural Geology*. 2014;69:163-178.

- 6 Snavely N. Bundler: Structure from Motion (SfM) for unordered image collections; 2020 [acesso em 14 fev. 2020]. Disponível em: <https://www.cs.cornell.edu/~snavely/bundler/>.
- 7 Turner D, Lucieer A, Watson C. An automated technique for generating georectified mosaics from ultra-high resolution unmanned aerial vehicle (UAV) imagery, based on structure from motion (SfM) point clouds. *Remote Sensing*. 2012;4:1392-1410.
- 8 Pedrosa-Soares AC, Wiedemann CM, Fernandes MLS, Faria LF, Ferreira JCH. Geotectonic significance of the Neoproterozoic granitic magmatism in the Araçuaí belt, Eastern Brazil: a model and pertinent questions. *Revista Brasileira de Geociências*. 1999;29(1):57-64.
- 9 Silva JN. Texto explicativo da Folha: SE.24-V-A-V, Cachoeiro de Itapemirim. In: Silva JN, editor. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Brasília, DF: DNPM/CPRM; 1993.

Recebido em: 8 Fev. 2021

Aceito em: 20 Jun. 2022