

ANÁLISE VOLUMÉTRICA DE MATERIAL A SER MOVIMENTADO EM PROJETO DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL UTILIZANDO A TECNOLOGIA RPA – REMOTELY PILOTED AIRCRAFT

JÓRI RAMOS PEREIRA¹, ADRIANO TURAZI², ÁLVARO JOSE BACK³,

¹ Engenheiro Agrimensor, Mestre. Em Ciências Ambientais, Professor da Universidade do Extremo Sul Catarinense, e-mail: jori@unesc.net

² Engenheiro Agrimensor, Universidade do Extremo Sul Catarinense, e-mail: adriano.turazi@gmail.com

³ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Engenharia, Professor da Universidade do Extremo Sul Catarinense, Pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, email:alvarojoseback@gmail.com.br

Apresentado no
LI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2022
27 a 29 de outubro de 2022 - Pelotas - RS, Brasil

RESUMO: Nos projetos de recuperação ambiental de áreas degradadas pela mineração do carvão é necessário se estimar o volume de material a ser movimentado no processo de remodelamento topográfico. Essa movimentação impacta em altos custos e concepções de projeto, sendo assim, o controle da alteração realizada no relevo deve ser avaliado com metodologia precisa e eficaz. Este trabalho teve como objetivo avaliar os MDTs – Modelo Digital do Terreno de uma área de depósito de rejeitos de carvão obtidos por metodologia consolidada no mercado GNSS – *Global Navigation Satellite System/ RTK - Real Time Kinematic*, com o modelo obtido por processamento de imagens em plataforma RPAs - *Remotely Piloted Aircraft*. A avaliação comparativa dos modelos se fez por grade de perfis e cálculos topográficos de volume. O resultado obtido por GNSS/RTK apresentou um volume de 78.560,99 m³ de material, enquanto que com o método RPA, o volume foi de 79.257,39 m³, a diferença entre os métodos foi de 696,40 m³, ou seja, 0,89%. A utilização do RPA impacta ainda em maior produtividade no acompanhamento de modificações topográficas do terreno, o que torna esse método uma ferramenta eficaz.

PALAVRAS-CHAVE: Drone; Geomática, Topografia

VOLUMETRIC ANALYSIS OF MATERIAL TO BE MOVED IN ENVIRONMENTAL RECOVERY PROJECT USING RPA TECHNOLOGY – REMOTELY PILOTED AIRCRAFT

ABSTRACT: In projects for the environmental recovery of areas degraded by coal mining, it is necessary to estimate the volume of material to be moved in the topographic remodeling process. This movement impacts on high costs and project conceptions, therefore, the control of the alteration carried out in the relief must be evaluated with a precise and effective methodology. This study aimed to evaluate the MDTs - Digital Terrain Model of a coal tailings deposit area obtained by a consolidated methodology in the GNSS market - *Global Navigation Satellite System/ RTK - Real Time Kinematic*, with the model obtained by image processing in RPAs - *Remotely Piloted Aircraft* platform. The comparative evaluation of the models was carried out using a profile grid and topographic volume calculations. The volumetry obtained by GNSS/RTK presented a volume of 78,560.99 m³ of material, while with the RPA method, the volume was 79,257.39 m³, the difference between the methods was 696.40 m³, that is, 0.89%. The use of RPA has an impact on even greater productivity in monitoring topographic changes in the terrain, which makes this method an effective tool

KEYWORDS: Drone; Geomatics; Topography.

INTRODUÇÃO: Os dados topográficos são de grande importância para a realização de um projeto em várias áreas da engenharia. Na realização de um levantamento topográfico, o engenheiro visa à precisão, acurácia e nível de detalhamento das principais características do terreno. Nos últimos anos, as tecnologias de sensoriamento remoto vêm conquistando grande espaço no mercado devido a sua grande vantagem na aquisição de dados e acessibilidade ao público (CÂNDIDO *et al.*, 2015; DA SILVA *et al.*, 2016; CAVALI DA LUZ *et al.*, 2017; RODRIGUES *et al.*, 2018; PAZ; SAMPAIO, 2019). Sua aplicação está se tornando cada vez mais extensa no campo das atividades onde há necessidade de monitoramento constante do relevo (SILVA *et al.*, 2015; MAROTTA *et al.*, 2015). Nos projetos de recuperação ambiental de áreas degradadas pela mineração do carvão é necessário se estimar o volume de material a ser movimentado no processo de remodelamento topográfico. Essa movimentação impacta em altos custos e concepções de projeto, sendo assim, o controle da alteração realizada no relevo deve ser avaliado com metodologia precisa e eficaz. Neste sentido, este estudo propõe uma análise das diferenças no cálculo de volume e altimetria de MDT através dos métodos de levantamento GNSS/RTK e RPA, em uma pilha de rejeito de carvão.

MATERIAL E MÉTODOS: A área escolhida fica localizada no topo de uma célula de rejeito de carvão, à aproximadamente 5 km ao Sul do centro do município de Forquilha, SC. Um fator importante para escolha da área de estudo foi a ausência de vegetação, desta forma não foi necessário a utilização de filtros de limpeza no momento do processamento das imagens do aerolevanteamento. Para o levantamento com GNSS/RTK foi utilizado um par de receptores de dupla frequência L1/L2 da marca Topcon, modelo Hiper II. Para a realização do voo e aquisição das fotografias, foi utilizado um modelo RPA de asa móvel Anafi, produzido pela empresa francesa Parrot. As coordenadas brutas obtidas com o receptor GNSS/RTK são tratadas e corrigidas através do *software Topcon Tools*. As imagens capturadas pelo RPA foram processadas pelo *software Pix4D*. E por fim, o *AutoCAD civil 3D* foi utilizado para geração dos dados comparativos e volumétricos, além da geração dos mapas finais. Os pontos de controle foram materializados através de alvos de Cal para pintura, com linhas em formato de “X”, com aproximadamente 1,00m de comprimento. Posteriormente estes pontos foram utilizados na etapa de ortorretificação e georreferenciamento do mosaico, por meio da identificação das suas coordenadas UTM – Universal Transversa de Mercator horizontais (N;E) e verticais (H), assim, sendo denominados (N;E;H) (DA SILVA *et al.*, 2016). Por meio do *software Topcon Tools*, foi realizado o processamento dos dados coletados pelo equipamento GNSS/RTK. Para obtenção do volume comparativo deste estudo, inicialmente avaliou-se a altitude mínima obtida para os dois métodos, haja visto que a cubagem terá a mesma cota de referência altimétrica. Sendo assim, a partir da altitude 55,00 metros (altitude inferior à mínima encontrada nas superfícies topográficas de estudo), se criou um plano topográfico de corte. Ao interpolar esta superfície de projeto com os MDTs do GNSS/RTK e RPA, obteve-se um valor volumétrico de corte, possibilitando analisar a diferença de ambos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na Tabela 1 constam os volumes de corte obtidos pelos dois métodos analisados. As superfícies amostradas apresentaram o mesmo valor de área 2D, e diferença de 1,13% na área 3D. Quanto aos volumes observou-se diferença de 0,89%, mostrando valores semelhantes. No entanto, além do volume, destaca-se outros dados importantes, como densidade da nuvem de pontos e triangulações. A superfície gerada a partir dos dados obtidos com a plataforma RPA apresenta números muito maiores, fatores determinantes em um bom detalhamento da superfície no produto final.

Tabela 1. Estatísticas gerais das superfícies.

| Estatísticas Gerais | RPA | GNSS/RTK | Diferença |
|--|-----------|-----------|-----------|
| Área 2D (m ²) | 17.408,44 | 17.408,44 | 0,00 |
| Área 3D (m ²) | 17.993,07 | 17.792,26 | 200,81 |
| Volume (m ³) | 79.257,39 | 78.560,99 | 696,40 |
| Elevação máxima (m) | 62,533 | 62,322 | 0,21 |
| Elevação mínima (m) | 57,173 | 57,336 | -0,16 |
| Elevação média (m) | 59,553 | 59,563 | -0,01 |
| Nuvem de pontos (un) | 39.927 | 768 | 39.159 |
| Densidade de pontos (un/m ²) | 2,294 | 0,044 | 2,25 |
| Triangulação TIN (un) | 77.439 | 1451 | 75.988 |

Utilizando as superfícies TIN - *Triangular Irregular Network*, é possível analisar informações altimétricas dos MDTs. Neste caso é interessante a visualização das diferenças quando representadas em um mapa de elevação (Figura 1), onde as altitudes estão representadas por cores (hipsometria). Para aprofundar as análises comparativas, foram gerados perfis verticais e horizontais na área de estudo. Estes perfis ilustram diretamente as divergências no resultado entre os métodos de levantamento. A Figura 1, indica como os perfis foram distribuídos. As diferenças encontradas nos mapas evidenciam as diferenças no detalhamento entre as metodologias utilizadas, através das linhas de curvas de níveis.

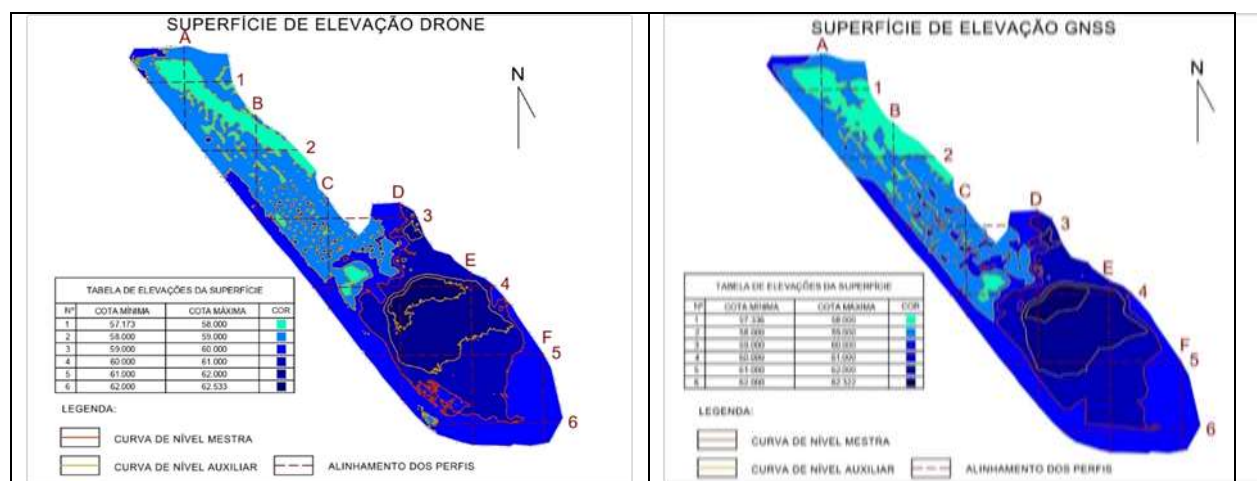


Figura 1. Mapas hipsométricos de comparação volumétrica entre as superfícies obtidas por meio de RPA e GNSS/RTK.

Analisando dados de 51 estacas equidistantes 20 m em 12 perfis observou-se diferenças absolutas na altimetria variando de 0,0 m a 0,999 m, com média de 0,118 m e quartil 3 de 0,160 m. No entanto foram encontradas seis estacas em que a diferença foi superior a 0,3 m, representando erros acima de 0,5%. Essas diferenças evidenciam os erros no MDT gerado a partir dos dados coletados por meio do GNSS/RTK. Isto ocorre devido à falta de dados em locais importantes para definição do terreno. Estes erros podem ter acontecido devido a falta de percepção de detalhe do operador no momento do levantamento. Pelo fato da superfície deste estudo conter muitas irregularidades, é necessário um controle muito rigoroso na coleta

dos dados, para que no momento da triangulação da nuvem de pontos, todas as feições da superfície estejam evidenciadas. Este tipo de problema não ocorre no caso do levantamento com auxílio de uma plataforma RPA. Ao tomar os devidos cuidados no planejamento do voo, e garantir que toda a área de estudo seja recoberta, a superfície estará representada com grande detalhamento.

CONCLUSÕES: Os produtos gerados podem servir de base para estudantes e profissionais que tiverem a necessidade de escolher um método de levantamento para uma área com as características semelhantes à deste estudo. Visando o melhor detalhamento da área de estudo, a aplicação da tecnologia RPA, neste caso, trouxe melhores resultados. Apesar de maior tempo de processamento, quando se trata de gerar uma representação mais fidedigna de uma superfície irregular, como a utilizada para este estudo, o aerolevanteamento com a plataforma RPA apresenta vantagens, tendo menor tempo de levantamento em campo e com maior aquisição de dados, quando comparado com a tecnologia GNSS/RTK. Outro fator muito importante que diferencia as metodologias aplicadas é a segurança e conforto do operador do equipamento, no momento da aquisição dos dados em campo. Enquanto a plataforma RPA cobre a área de estudo altivamente, para aquisição de dados com a tecnologia GNSS/RTK o operador precisa percorrer a superfície por inteira, se expondo as condições climáticas e situações, por vezes, de risco. Sabendo-se das vantagens oferecidas pela plataforma de aerolevanteamento RPA, é importante observar que, neste caso, devido a utilização dos pontos de controle para atingir o produto final desejado, é indispensável a utilização conjunta do receptor GNSS/RTK no levantamento.

REFERÊNCIAS:

- CÂNDIDO, A. K. A. A.; DA SILVA, N. M.; FILHO, A. C. P. Imagens de alta resolução espacial de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) no planejamento do uso e ocupação do solo. **Anuario do Instituto de Geociências**, v. 38, n. 1, p. 147–156, 2015.
- CAVALI DA LUZ, C.; BUFFARA ANTUNES, A. F.; RATTON, P. Aplicabilidade Da Tecnologia Vant Na Atualização De Bases De Dados Cartográficos. **Boletim Paranaense de Geociências**, v. 73, n. 1, p. 34–45, 2017.
- DA SILVA, C. A.; DUARTE, C. R.; SOUTO, M. V. S.; et al. Avaliação da acurácia do cálculo de volume de pilhas de rejeito utilizando VANT, GNSS e LiDAR. **Boletim de Ciências Geodesicas**, v. 22, n. 1, p. 73–94, 2016.
- MAROTTA, G. S.; CICERELLI, R. E.; FERREIRA, A. M. R.; ROIG, H. L.; ABREU, M. A. DE. AVALIAÇÃO POSICIONAL DE MODELO DIGITAL DE SUPERFÍCIE DERIVADO DE CÂMARA DE PEQUENO FORMATO Positional Evaluation of Digital Super fi cial Model Generated by Small Format Camera. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 67/7, p. 1467–1477, 2015.
- PAZ, O. L. de S. da .; SAMPAIO, T. V. M. Geração de modelo digital do terreno e extração de parâmetros geomorfométricos a partir de dados coletados por aeronaves remotamente pilotadas . **Revista Cerrados**, [S. l.], v.17, n.02, p.247–264, 2019. DOI: 10.22238/rc2448269220191702247264.
- RODRIGUES, M. T.; RODRIGUES, B. T.; OTANI, T. M.; TAGLIARINI, F. D. S. N.; CAMPOS, S. Levantamento Topográfico Por Meio De Veículo Aéreo Não Tripulado (Vant). **Energia Na Agricultura**, v. 33, n. 4, p. 367–372, 2018.
- SILVA, C.; ALBERTO, J. G.; BASTOS, L. Uso de dados VANT na vetorização de rodovias. **Atas da I jornadas Lusófonas de Ciências e Tecnologia de Informação Geográfica**, v. I, p. 767–788, 2015.