

COMPARATIVO DE DISCREPÂNCIA ENTRE VOLUMES DE UM MORRO GERADOS A PARTIR DE UM RPA E UMA ESTAÇÃO TOTAL

Alexandre Aquino da Cunha¹, Iran Carlos Caria Sacramento², Vivian de Oliveira Fernandes³, Mauro José Alixandrini Junior⁴

¹ Engº Agrimensor e Engº Cartógrafo, mestrando PPEC/UFBA, Salvador, BA, alexandre.aquino@ufba.br

² Geógrafo, doutorando PPEC/UFBA, Salvador, BA, iransacramento@hotmail.com

³ Enga Cartógrafa, Professora da UFBA, Salvador, BA, vivian.fernandes@ufba.br

⁴ Engº Cartógrafo, Professor da UFBA, Salvador, BA, mauro.alixandrini@ufba.br

RESUMO: A determinação de volumes em diversas linhas de pesquisa, no dimensionamento de corpos, como nos desmontes e disposições de materiais, até a fase final de produção com a medição dos produtos gerados, vem demonstrando grande importância e atenção nos dias atuais. Os equipamentos topográficos como estação total e, mais recentemente, a tecnologia GNSS são as técnicas mais empregadas para esta finalidade. Entretanto, nos últimos anos, tecnologias de sensoriamento remoto vêm ganhando espaço, uma vez que proporcionam resultados cada vez mais rápidos e precisos, como VANT, capaz de gerar Modelo Digital do Terreno (MDT), sem a necessidade direta do contato do operador com a superfície modelada. Diante destas novas tecnologias, o objetivo deste estudo foi avaliar a discrepância de resultados volumétricos entre tecnologias distintas, por meio de MDTs, elaborados a partir de levantamentos utilizando VANT (RPA) e Estação Total (referência de dados) em uma área localizada na Praça das Artes, Universidade Federal da Bahia, Salvador-BA.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, RPA, UAV, topografia

INTRODUÇÃO: Diante da importância na determinação de volumes em diversas linhas de pesquisa, no dimensionamento de corpos, como nos desmontes e disposições de materiais, até a fase final de produção com a medição dos produtos gerados, sendo os equipamentos topográficos como estação total e, mais recentemente, a tecnologia GNSS as técnicas mais empregadas para esta finalidade. Entretanto, nos últimos anos, tecnologias de sensoriamento remoto vêm ganhando espaço, uma vez que proporcionam resultados cada vez mais rápidos e precisos, como VANT, capaz de gerar Modelo Digital do Terreno (MDT), sem a necessidade direta do contato do operador com a superfície modelada. Com isso, esse artigo aborda a avaliação da discrepância entre a tecnologia da Aeronave Remotamente Pilotada (RPA) (sem utilização de pontos de controle) e a Estação Total.

MATERIAL E MÉTODOS: A área de estudo localiza-se em um morro localizado na Universidade Federal da Bahia, Praça das Artes, Campus de Ondina, Salvador-BA, vide figura 1:

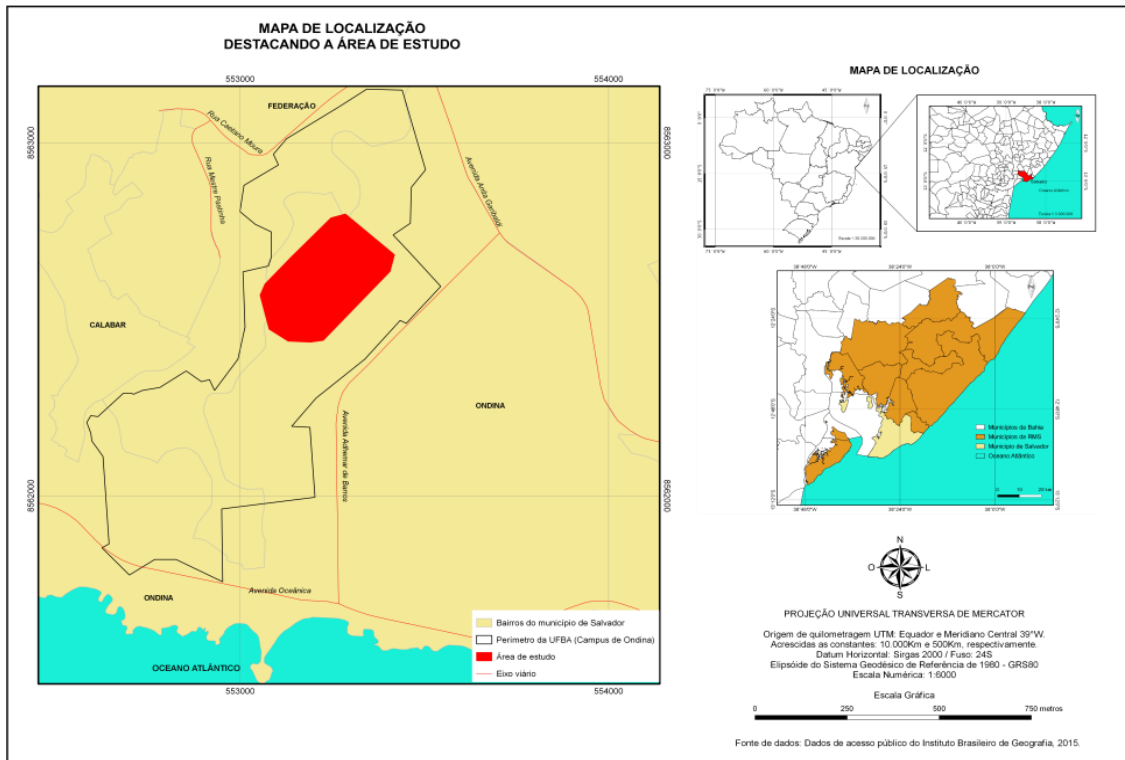


Figura 1 - Ilustração demonstrando Localização da área de estudo.

O voo feito com o *RPA* foi conduzido a uma altura média de 40 metros, em aproximadamente 10 minutos de voo, sendo coletada uma média de 241 fotos verticais, com aproveitamento de 183 fotografias. O Phantom é da empresa chinesa *DJI Innovations*, é equipado com uma câmera de sensor fixo *Sony EXMOR* de 1/2,3 polegadas com 12,4 MP de resolução, que faz par com uma lente de abertura f/3.61. O ISO máximo para fotos foi de 1.600. A velocidade do obturador foi de 1/8.000 de segundo, garantindo a captura de imagens “congeladas” até mesmo em objetos em movimento. Estava equipado com uma bateria de 4.480 *mAh*, com autonomia de aproximadamente 23 minutos. A fim de obter resultados com menos interferências atmosféricas, as condições clima/tempo foram checadas para evitar o levantamento em horários e dias inviáveis a equipe. Por isso, foi escolhido um horário com o objetivo de evitar que as sombras provocadas pela inclinação do sol ofusquem detalhes da geometria.

A metodologia empregada para a execução deste trabalho encontra-se descrita no organograma da Figura 2. No estudo preliminar foram realizadas visitas de reconhecimento para identificação de obstáculos, obstruções e local adequado para decolagem. Também nesta fase foram escolhidos os locais dos pontos de controle. Após essa etapa, foi realizado o plano de voo, seguido da aquisição das imagens com voo único.

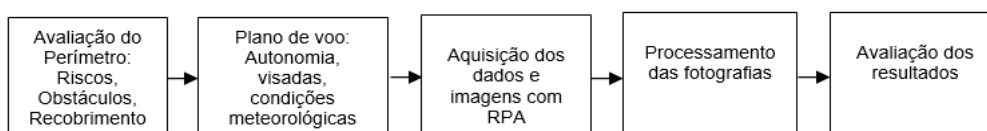


Figura 2 - Organograma dos métodos empregados no presente trabalho.

O horário foi entre 11h30min e 12h da manhã. O voo foi realizado em ótimas condições de visibilidade e ocorreu em condições normais de planejamento e execução. Foi utilizada uma sobreposição longitudinal de 80% e transversal de 60% com fotos verticais. Em laboratório foi realizado o processamento das imagens baseando-se SIFT (*Scale Invariant Feature Transform*) onde pontos são identificados e extraídos automaticamente das imagens e armazenados em banco de dados.

Sucessivamente imagem a imagem o algoritmo identifica pontos homólogos em novas imagens comparando pontos candidatos aos correspondentes baseando-se na distância euclidiana dos vetores de posição. Com pontos fotogramétricos identificados se realiza uma orientação absoluta com o uso do posicionamento do centro perspectivo de cada tomada. Esse processo foi implementado na aplicação *Agisoft PhotoScan 1.2.4*. As três etapas básicas do processamento com o *Photoscan*, realizadas neste estudo de caso foram: (1) calibração automática da câmera – com base nos dados do *EXIF* das fotografias; (2) alinhamento das fotos – a partir dos pontos em comum entre as fotografias e pontos de apoio de solo; e (3) geração da nuvem de pontos – com base correlação de imagens, feita por meio de medições de similaridade entre as imagens sobrepostas, são identificadas as coordenadas tridimensionais (x, y, z) da superfície fotografada. Após a construção do modelo é feita a delimitação da região para o cálculo de volume.

O levantamento topográfico convencional da área em estudo foi realizado através de uma estação total. Para correção diferencial das coordenadas obtidas no levantamento foram determinadas primeiramente as coordenadas geodésicas da estação utilizada como base, pelo método relativo, tendo como referência as estações da Rede de Monitoramento Contínuo (RMBC) de Salvador (SSA e SAVO). A estação total utilizada é da marca RUIDE, modelo 822, que tem como principais características: leitura direta de 1" e precisão de 9", alcance de 2.000 metros com 1 prisma e 2.700 metros com 3 prismas, precisão linear de 3mm + 3ppm, com compensador simples, coletor de dados interno com memória para 8.000 pontos com todos atributos ou 16.000 pontos de coordenadas e medição de pontos inacessíveis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O cálculo do volume do produto gerado pelo RPA, no *software Agisoft*, foi possível a partir da triangulação dos pontos da nuvem densa, que são ligados, de modo a construir uma malha de triângulos recorrendo a algoritmos de triangulação. Na região de estudo foram gerados aproximadamente 147 mil pontos. Após a execução do cálculo de volume, chega-se ao valor de 162,97m³.

A partir dos pontos topográficos levantados em campo pela estação total, foi gerado um modelo tridimensional do terreno – MDT, curvas de nível com equidistância vertical de até 0,50m e seção longitudinal. Foram levantados um total de 160 pontos. O cálculo do volume foi executado no *software DataGeosis*, a partir da triangulação dos pontos da nuvem densa, que são ligados, de modo a construir uma malha de triângulos recorrendo a algoritmos de triangulação. Após a execução do cálculo de volume, chega-se ao valor de 189,99m³ para região do morro.

A tabela 1 mostra o comparativo do desempenho das modelagens realizadas com o RPA e Estação Total.

Tabela 1. Comparativo do desempenho das modelagens realizadas com o RPA e Estação Total.

Método	Quant. de pontos	Volume	Variação percentual	Tempo de coleta	Tempo de processamento
DRONE	147000	162,966m ³	16,58%	25 MINUTOS	2horas
ESTAÇÃO TOTAL	160	189,990m ³		5 HORAS	35minutos

O modelo apresentado abaixo, figura 3, se refere a diferença de intensidade de pixel entre os raster de declividade gerados pela estação total e RPA. Os pontos de coloração mais escura significa maior diferença de pixel e, também, regiões problemáticas no levantamento com RPA que ocasionaram maior discrepância de volume.

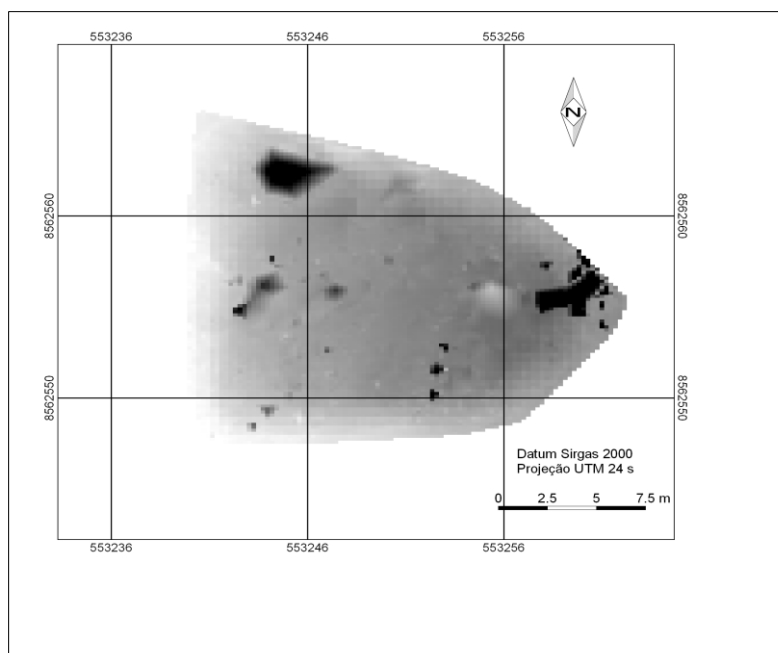


Figura 3 – Modelo digital da diferença de intensidade de pixel.

CONCLUSÕES: Diante dos resultados apresentados no levantamento com o RPA, sem utilização de pontos de apoio, podemos concluir que o cálculo de volume utilizando a aerofotogrametria digital, com câmera de pequeno formato, é um produto com baixa precisão e confiabilidade para cálculo de volumes, com a vantagem de possuir características como elevada produtividade, necessidade de pouca mão de obra e baixo custo do equipamento. Para aumentar a precisão recomenda-se a utilização de marcos pré-sinalizados como pontos de apoio para orientação das aerofotos obtidas pelo RPA e utilizar marcos de referência para avaliação da acurácia do MDT gerado pelo RPA.

REFERÊNCIAS:

CONCAR. **Especificações Técnicas Para Estruturação de Dados Geospaciais Digitais Vetoriais Versão 2.0.** Sistema Cartográfico Nacional. Norma Cartográfica Brasileira. Brasília-DF. 2007.

CONCAR. **Perfil de Metadados Geospaciais do Brasil – Perfil MGB.** Comitê de Estruturação de Metadados Geospaciais – CEMG. Brasília, 2009.

CUNHA, Alexandre Aquino da. **AVALIAÇÃO DE MAPAS URBANOS – ESTUDO DE CASO UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA.** Salvador, 2015. Trabalho de Conclusão de Curso – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia.

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO SUBDEPARTAMENTO DE OPERAÇÕES. **Departamento de Controle do Espaço Aéreo Subdepartamento de Operações.** Rio de Janeiro, Disponível em: Acesso em: 05 abril. 2016.

ET-ADGV. **Especificação Técnica para a Aquisição de dados Geospaciais Vetoriais.** Diretoria de Serviços Geográficos. Ministério da defesa. Brasília, 2011.

GALO, M.; Camargo, P.O. **Utilização do GPS no controle da qualidade de carta.** In: Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Florianópolis, 1994, páginas 41-48.

GROETELAARS, N. J. **Um estudo da Fotogrametria Digital na documentação de formas arquitetônicas e urbanas.** 2004. 257 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo),

Universidade Federal da Bahia, 2004.

IDOETA, Irineu; Idoeta, Ivan V; Cintra, Jorge P. **São Paulo Vista do Alto 75 Anos de Aerofotogrametria**. São Paulo: Editora Érica Ltda. 96 p.abril. 2004.

INDE, **A Infra Estrutura Nacional de Dados Espaciais: Apresentação**, Disponível em: <<http://www.inde.gov.br/a-inde/apresentacao> > Acesso em 10 de junho de 2016.

NETO, Manoel Silva. **Planejamento de voo: tudo o que você precisa saber**. *Droneng*, 2015. Disponível em: <http://droneng.com.br/planejamento-de-voos/>. Acesso em 10 de junho de 2016.

ROCHA, Ronaldo dos Santos da. **Exatidão cartográfica para as cartas digitais urbanas**. Florianópolis, 2002. 128f.

Santos, A.G.; Segantine, P.C.L. **Avaliação da Qualidade das Coordenadas geográficas de Mapas digitais**. In: Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário – UFSC Florianópolis, 15 a 19 de outubro 2006.

VIEIRA, H. B. G; GENRO, R. S. **Inferência estatística para validação de documentos cartográficos obtidos com sensores remotos orbitais ou aerotransportados, em áreas de operação da Petrobras**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15. (SBSR), 2011, Curitiba. Anais... São José dos Campos: INPE, 2011. p. 2339-2346. DVD, Internet. ISBN 978-85-17-00056-0 (Internet), 978-85-17-00057-7 (DVD).Disponível em :<<http://http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte/2011/07.18.13.26/doc/p0475.pdf> >. Acesso em 12 de junho de 2016.