

A UTILIZAÇÃO DE RPA E ESTAÇÃO TOTAL: ESTUDO COMPARATIVO COM OBJETIVO PARA TERRAPLANAGEM

*THE USE OF RPA AND TOTAL STATION: COMPARATIVE STUDY WITH OBJECTIVE
FOR EARTHWORKS*

Volney Granemann¹
Liane da Silva Bueno²

RESUMO

O uso de tecnologia RPA vem se intensificando em diversas áreas, seja por sua facilidade em operação, seja pela agilidade em fornecer informações com alta precisão. Neste sentido, este artigo tem o objetivo de apresentar um estudo comparativo entre as tecnologias RPA e estação total, como equipamentos empregados em levantamentos topográficos para fins de terraplanagem, a partir de estudo de caso em loteamento urbano na cidade de Caçador, estado de Santa Catarina. Empregou-se o método das alturas ponderadas e a determinação da cota econômica onde, a partir da cota de greide, realizou-se o cálculo analítico de volume de movimentação de terra para corte e aterro. Concluiu-se com este estudo, que a diferença encontrada no resultado entre as duas tecnologias está abaixo de 1%. Ressaltando-se que, os recursos de novas tecnologias não substituem os métodos tradicionais de levantamentos. Devendo-se considerar a precisão necessária a alcançar, de acordo com o objetivo do levantamento, o tempo de levantamento, o custo dos equipamentos empregados e os produtos resultantes.

Palavras-Chave: Terraplanagem, RPA, estação total.

ABSTRACT

The use of RPA technology has been intensifying in several areas, either for its ease of operation, or for the agility in providing information with high precision. In this sense, this article aims to present a comparative study between RPA and total station technologies, as equipment used in topographic surveys for earthwork purposes, based on a case study in an urban subdivision in the city of Caçador, state

¹ Acadêmico formando do curso de Engenharia Civil da UNIARP. email: volney@vivolt.com.br.

² Profa. Doutora do curso de Engenharia Civil da UNIARP. email: lianebueno@gmail.com.

of Santa Catarina. The method of weighted heights and the determination of the economic quota were used, where, from the slope quota, the analytical calculation of the volume of earth movement for cutting and filling was carried out. It was concluded with this study that the difference found in the result between the two technologies is below 1%. It should be noted that the resources of new technologies do not replace traditional methods of surveys. Taking into account the necessary precision to be achieved, according to the purpose of the survey, the survey time, the cost of the equipment used and the resulting products.

Keywords: Earthworks, RPA, total station.

INTRODUÇÃO

A proposta deste trabalho visa realizar um estudo comparativo entre as tecnologias VANT e Estação Total, para fins de Terraplanagem, em Loteamento Urbano em Caçador/SC. Atualmente, o uso de tecnologia RPA/VANT vem se intensificando em diversas áreas, seja por sua facilidade em operação, seja em sua agilidade em fornecer informações com uma alta precisão e confiabilidade.

Neste sentido, este estudo está pautado na análise comparativa entre o uso de duas tecnologias empregadas para levantamentos topográficos, tendo como área de estudo o loteamento Vale das Araucárias, na cidade de Caçador, estado de Santa Catarina.

Sendo assim, a relevância científica da pesquisa proposta destaca-se pelo fato de que a tecnologia VANT encontra-se pouco explorada bibliograficamente, no campo de aplicação da Engenharia Civil, onde essa proposta vem contribuir para composição deste acervo, onde será pesquisado e produzido em ambiente acadêmico na área de conhecimento de Engenharias.

METODOLOGIA

Para realização destes estudo onde visa uma análise comparativa do desempenho de duas tecnologias (VANT e Estação Total) empregadas em levantamentos topográficos para fins de terraplanagem. Assim, a partir dos levantamentos realizados, se empregará o método das alturas ponderadas e a determinação da cota econômica, bem como a cota de greide, serão lançados os perfis longitudinais, e o cálculo analítico de volume de movimentação de terra para

corde e aterro. De acordo com o cálculo da média ponderada, destaca-se que o volume de corte, será igual ao volume de aterro. Borges (2013), destaca que para aplicação do método é necessário atribuir peso a cada uma das cotas, de acordo com o seu respectivo vértice.

Como área de estudo, tem-se o loteamento Vale das Araucárias, localizado no Bairro Bello, na cidade de Caçador, estado de Santa Catarina. O imóvel possui área total de 60 mil metros quadrados, e tem como confrontante ao Norte o rio Caçador.

Segundo o plano diretor da cidade, está localizado na zona residencial ZR2, do mapa de zoneamento municipal, onde a ocupação predominantemente é habitacional unifamiliar, de acordo com a lei municipal 16/2010, e situa-se entre os paralelos 26°46'33.8"S e meridianos 50°59'34.0"W.

O equipamento utilizado foi RPA DJI Phantom 3 Standard, multirrotor, do tipo *Read-to-fly*, sendo que sua bateria, hélices e câmera estão acopladas no equipamento. Possui velocidade máxima de subida de 6 metros por segundo, e velocidade de descida de 3 metros por segundo. No que se refere a resolução de imagens, o mesmo possui uma câmera Sony EXMOR 1/2.3" com resolução de fotos de 12 mega pixels com gravação em 2.7k. A lente focal f/2.8 possui um campo visual de 94° e, GSD (*Ground Sample Distance*) de 3cm. A bateria do equipamento, permite um voo de autonomia de 23 minutos aproximadamente, podendo voar a uma distância máxima de 1 quilômetro do seu controle remoto, sendo que o mesmo consegue realizar voos com velocidade máxima de até 57 quilômetros por hora. Possui um sistema de rastreamento e posicionamento via satélite, o que lhe oferece melhor estabilidade, utilizando sistemas de GPS (*Global Positioning System*), Sistema de Posicionamento Global e, sistema de navegação global por satélites GLONASS (*Global Navigation Satellite System*), o que permite rastrear e manter suas rotas de voo.

Os drones são pequenas aeronaves não tripuladas conhecidas também pela sigla VANT. Trata-se de uma aeronave controlada remotamente por controles remotos. Os drones utilizados para a aerofotogrametria, possuem câmeras embarcadas como a finalidade de obter imagens aéreas que, juntamente com outras variáveis, são capazes de gerar dados topográficos com mais detalhes e rapidez comparados aos levantamentos realizados de forma convencional por

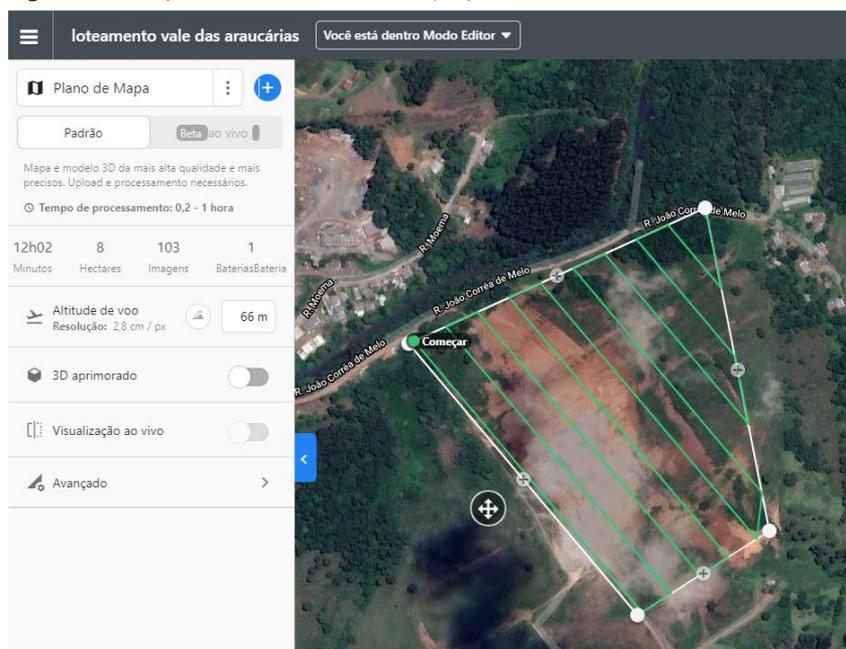
exemplo, Estação Total ou GNSS RTK, além da utilidade da própria imagem gerada. Em poucos minutos o drone realiza um trabalho que demoraria dias com equipamentos topográficos convencionais (FORTUNATO, 2021).

Já a Estação Total utilizada GEODETIC GD 2+, com precisão angular de 2" e precisão linear de 3mm + 3ppm), caracterizando-se segundo NBR 13133(1994), de alta precisão para levantamentos topográficos. Fortunato (2018) destaca que este equipamento possui alta precisão, sendo capaz de coletar e armazenar dados de medições de ângulos e distâncias a partir de pontos conhecidos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o emprego do programa *DroneDeploy*, executou-se o planejamento do voo (Figura 1), a fim de obter um melhor desempenho do equipamento, e melhor resolução da área. Tuler (2017), destaca que na etapa de planejamento do voo, deve-se verificar um local de pouso e decolagem, bem como obstáculos, como torres, cabos de alta tensão, edificações, etc.

Figura 1: Planejamento de voo *DroneDeploy*

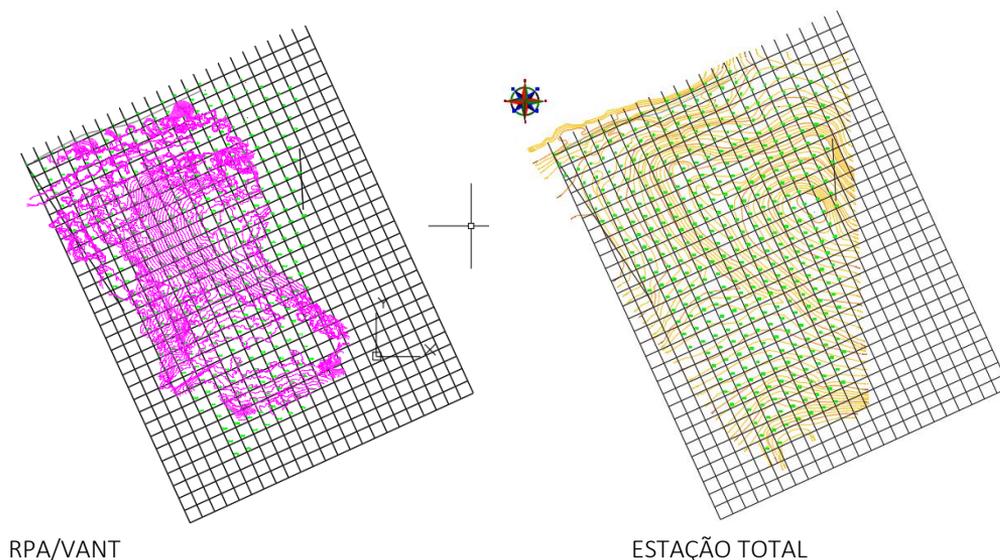


Fonte: O próprio autor, 2021.

Conforme Figura 1, do planejamento de voo, tem-se que o tempo para

realização do voo foi de 12 minutos e 02 segundos, com a área abrangida de 8 hectares, equipamento a 66 metros de altitude, registrando 103 imagens georreferenciadas, com velocidade de 6m/s; sobreposição longitudinal de 70% e sobreposição lateral de 60%. As imagens foram processadas e originaram arquivos contendo modelo 3D, curva de nível, modelo digital superfície e modelo digital do terreno. A topografia é de uso comum em obras de engenharia, sendo empregada desde os projetos mais simples variando até os mais complexos. Ela serve de parâmetro para o estudo da morfologia do terreno, a especificação da obra a ser construída levando em conta a sua grandeza (SAVIETTO, 2017). Para Tuler e Saraiva (2014, p. 14) “a topografia busca representar um local com base na geometria e na trigonometria plana”.

Tendo como base as curvas de nível geradas pelas duas tecnologias, realizou-se o levantamento da malha de pontos cotados, sendo que os valores obtidos para realização da grade resultante, foram obtidos através da interpolação dos valores a partir do valor das cotas vizinhas (BORGES, 2013). O produto da interpolação entre as cotas vizinhas, originou-se a grade de pontos com suas respectivas cotas altimétricas, sendo que as linhas transversais e longitudinais, foram dispostas de 20 em 20 metros. Como produto resultante da interpolação de cotas altimétricas, obteve-se o montante de 373 pontos de cotas inteiras. Estas cotas, Figura 2, apresenta os produtos obtidos junto ao levantamento via RPA e Estação Total respectivamente.

Figura 2: Traçado de Curvas de nível RPA/VANT e Estação Total

RPA/VANT

ESTAÇÃO TOTAL

Fonte: O autor (2021)

Peixoto (2021), apresenta experiência de sucesso do uso do drone para engenharia, em projeto de terraplanagem com intuito de implantação de um condomínio residencial em área bastante irregular.

Ao realizar os cálculos de corte e de aterro, identificou-se que as cotas de passagem tiveram uma diferença de 0,29 metros (918,16 estação total e 917,87 RPA/VANT). Já em relação ao volume de corte de aterro, o levantamento com a estação total apontou um volume de 474543 m³ de material do corte e de 463984,70 m³ de material de aterro.

Já o RPA/VANT apresentou um volume de corte de 524343,40 m³ e um volume de aterro no montante de 525725,832 m³. Ao considerar-se o percentual de diferença dos valores provenientes da estação total para o RPA/VANT, chegamos aos percentuais de 0,91% para o volume de corte e de 0,88% para o volume de aterro, conforme destacado na Figura 3:

Figura 3: Volume de corte e aterro Estação Total x RPA/VANT

	Estação total	RPA	Percentual de diferença (%)
Cota de passagem(m)	918,16	917,87	
Volume de Corte (m ³)	474543	524343,4	0,91
Volume de Aterro (m ³)	463984,7	525725,832	0,88

Fonte: O Autor (2021).

Neste sentido, podemos elencar que a diferença do resultado entre as duas tecnologias está abaixo de 1%, demonstrando que a tecnologia RPA/VANT é uma ferramenta eficiente para que se possa realizar levantamentos topográficos.

Após obtenção dos volumes de corte, considerou-se os valores do empolamento para ambas as tecnologias conforme destaca a Figura 4:

Figura 4: Cálculo de empolamento Estação Total e RPA/VANT

EMPOLAMENTO ESTAÇÃO TOTAL		EMPOLAMENTO RPA/VANT	
VS = Vc X (1+E)	593.178,72	VS = Vc X (1+E)	655.429,28
VS (volume solto)	593.178,72	VS (volume solto)	655.429,28
Vc (Volume de Corte)	474.542,97	Vc (Volume de Corte)	524.343,42
E (empolamento)	25%	E (empolamento)	25%

Fonte: O Autor (2021).

Borges (2013), descreve abaixo o que representa o empolamento de terra como a variação de volume da terra de corte para o aterro. O espaço ocupado por uma certa quantidade de terra depende dos vazios em seu interior. Com isso a terra retirada de sua estrutura natural, inicialmente aumenta de volume, porém ao se fazer o aterro necessitamos compactá-lo, o que significa diminuir os vazios. A taxa de empolamento é a relação percentual entre o corte e o aterro final, depois de compactado. Na prática, este coeficiente ou taxa varia entre valores de 5 a 10% e é estimado previamente para ser levado em conta, principalmente em terraplanagem em estradas. É mais um fator prático que modifica a exatidão matemática teórica dos cálculos.

No cálculo realizado, conforme Figura 4, utilizou-se o coeficiente de 25% para o empolamento, sendo necessário o transporte de 593.178,72 m³ de terra no levantamento com a estação total e, de 655.429,28 m³ de terra no levantamento com o uso do RPA/VANT.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao analisar as diferentes tecnologias empregadas no levantamento topográfico é necessário sempre levar em consideração a precisão que se deseja

alcançar, o tempo necessário para o levantamento, o custo dos equipamentos empregados e os produtos originados através de sua utilização.

Equipamentos como a estação total, são mais precisos, todavia possuem um custo mais elevado se comparado a um RPA/VANT, em contrapartida, seu nível de precisão é maior, por se tratar de um equipamento cujas medidas de seu detalhamento são na ordem de milímetros.

Desta forma, destaca-se que o levantamento topográfico com o uso de um RPA/VANT não tem o intuito de substituir os levantamentos realizados com a estação total, todavia serve de uma ferramenta complementar.

Os resultados provenientes deste projeto, confirma que o RPA/VANT também atenderá os requisitos para que se possa estimar com um grau de precisão, os volumes de corte e de aterro. Ressaltando-se que, os recursos de novas tecnologias não substituem os métodos tradicionais de levantamentos, e sim para que se criem mecanismos mais eficientes trazendo informações com maior agilidade.

E ainda que, as tecnologias possuem seus pontos positivos e pontos negativos. No que se refere ao levantamento topográfico, a estação total possui um grau de levantamento milimétrico, trazendo uma precisão mais aguçada em detrimento ao RPA/VANT, o qual possui uma precisão em centímetros.

Concluindo-se, a relevância científica deste artigo, está direcionada em razão da produção científica proveniente do uso da tecnologia RPA/VANT no campo de aplicação para Engenharia Civil, contribuindo para composição deste acervo, produzido através de pesquisa acadêmica na área de Engenharias, sendo este tema tão pouco explorado bibliograficamente.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13133**: Execução de levantamento topográfico – Procedimento. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14166**: Rede de referência cadastral municipal – Procedimentos. Rio de Janeiro, 1998.

BRASIL. **Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979**. Dispõe sobre o Parcelamento

do Solo Urbano e dá outras Providências. Brasília: Planalto, 1979. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6766.htm. Acesso em: 23 mai. 2021.

BRASIL. **LEI N º 10.406, DE 10 DE JANEIRO DE 2002**. Institui o Código Civil. Brasília: Planalto, 2002. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10406compilada.htm. Acesso em: 03 jun. 2021.

BRASIL. **Decreto nº 8.764, de 10 de maio de 2016**. Institui o Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais e regulamenta o disposto no art. 41 da Lei nº 11.977, de 7 de julho de 2009. Brasília: Planalto, 1965. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1950-1969/d55891.htm. Acesso em: 26 mai. 2021.

BORGES, Alberto de Campos. **Topografia aplicada à Engenharia Civil**. Volume 2. São Paulo: Blucher, 2013.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos; FRANCISCHI, Jarbas Prado d.; PAULA, Lyrio Silva d. **ABC da Topografia**: para tecnólogos, arquitetos e engenheiros. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2018.

CAÇADOR. **Lei complementar nº 128, de 12 de maio de 2008**. Estabelece as normas para o parcelamento do solo para fins urbanos no município de Caçador. Caçador: Câmara municipal, 2008. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/plano-de-zoneamento-uso-e-ocupacao-do-solo-cacador-sc>. Acesso em: 23 mai. 2021

ERBA, Diego Alfonso. 2009. **Topografia para estudantes de Arquitetura, Engenharia e Geologia**. São Leopoldo: Editora Unisinos, 2009.

FORTUNATO, José Carlos. Artigo: **Topografia com Drones x Tradicional em Levantamentos Planialtimétricos**. Disponível em: <http://www.droneshowla.com/artigo-case-de-sucesso-sobre-o-uso-de-drones-na-engenharia/>. Acesso em: 02 de jul. 2021.

FRANÇA, Rovane Marcos et al. PARCELA E OBJETOS TERRITORIAIS: Uma proposta para o Sinter, 2018, Florianópolis. **Anais eletrônicos...** Florianópolis: Instituto Federal de Santa Catarina/IFSC. Disponível em: <https://www.finersistemas.com/atenaeditora/index.php/admin/api/artigoPDF/34171>: Acesso em: 26 mai. 2021.

LARA, João Vitor Hübner de; NERIS, Fabiano Luiz. **Análise da qualidade geométrica da planta cadastral urbana gerada a partir de imagem aérea obtida com VANT.**

2017. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Civil). Universidade do extremo sul de Santa Catarina, Criciúma, 2017. Disponível em:

<http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/5910/1/Jo%3%a3oVitorHubnerDeLara.pdf>. Acesso em: 07 jun. 2021.

MACHADO, Adriana Alexandria; CAMBOIM, Silvana Philippi. Mapeamento colaborativo como fonte de dados para o planejamento urbano: desafios e potencialidades. Urbe. **Revista Brasileira de gestão urbana**, Curitiba, v. 11, p. 1-21, 2019. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/urbe/a/d6YmTQCPHhf5T5hsGVvrqHD/?lang=pt>. Acesso em: 26 mai. 2021.

NAMIKAWA, Laércio Massaru. **Conceitos de Cartografia e GPS.** INPE-Instituto Nacional de Pesquisa Espacial, São Paulo, 2020. Disponível em:

<http://www.dsr.inpe.br/DSR/educacao/uso-escolar-sensoriamento-remoto/material-didatico-2018/arquivos/4.ConceitosdeCartografiaeGPS.pdf/view>. Acesso em 03 jun. 2021.

PEIXOTO, Floriano. Artigo: **Case de sucesso sobre o uso de Drones na Engenharia.**

Disponível em: <http://www.droneshowla.com/artigo-case-de-sucesso-sobre-o-uso-de-drones-na-engenharia/>. Acesso em: 02 de jul. 2021.

PEREIRA, Reinaldo; BISSANI, Karen. **A Regularização do Parcelamento do Solo de Loteamentos Públicos: Um Estudo Baseado no Projeto do Loteamento de Interesse Social Vila Betinho em Chapecó/SC.** Revista Brasileira Políticas Públicas. Brasília, v.7, nº 2, p. 203-2014, jul/ago. 2017.

SAVIETTO, Rafael. **Topografia Aplicada.** Porto Alegre: Editora SAGAH, 2017. Livro eletrônico. Disponível em:

<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595020795/>. Acesso em: 04 out. 2021.

TULER, Marcelo; SARAIVA, Sérgio Luiz. **Fundamentos de Topografia.** Porto Alegre: Bookmann, 2014.

TULER, Marcelo; SARAIVA, Sérgio. **Fundamentos de geodésia e Cartografia.** 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.