

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NOS LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS PLANIALTIMÉTRICOS

Vanderbio Duarte Rodrigues Segundo¹, Prof. Dr. Francisco de Assis de Oliveira²

Resumo: As características planialtimétricas de uma área são de suma importância na tomada de decisões de um determinado projeto, pois estão totalmente ligadas ao relevo do terreno, ou seja, no volume de terra para corte ou aterro a fim de fazer uma terraplenagem ou determinar a sua inclinação. Logo, medidas imprecisas irão afetar diretamente o cálculo do volume, aumentando os custos do projeto. Objetivou-se com esse estudo, avaliar a precisão de diferentes metodologias no levantamento topográfico planialtimétrico, realizadas com o uso do Teodolito, Drone, GPS de navegação Garmin e aplicativos para smartphone. Os aplicativos e GPS de navegação não obtiveram resultados satisfatórios que condizem com a realidade. O teodolito e drone chegaram a resultados muito mais precisos, confirmando a potencialidade do uso de drones para levantamentos planialtimétricos.

Palavras-Chave: Precisão; topografia; planialtimétrico; drone; teodolito; GPS.

1. INTRODUÇÃO

O reconhecimento e detalhamento do espaço físico são fundamentais para subsidiar ações de planejamento e gestão territorial. Mapeamentos destinados a esse fim utilizam dados do meio físico para definir unidades com características homogêneas na paisagem que tem como finalidade orientar levantamento de solos, apoiar a identificação da vulnerabilidade de ambientes, no mapeamento de riscos geotécnicos, implantação de obras civis, dentre outros fins [1]. Neste contexto, a topografia tradicional, isto é, aquela composta por teodolitos, vem sendo modificada pela presença de novas tecnologias e, outros meios de executar um levantamento topográfico vêm ganhando espaço, reduzindo o tempo nos trabalhos de campo, e cada vez mais, aproximando a precisão entre os diferentes equipamentos existentes.

Com isso, existem atualmente diversos recursos tecnológicos aplicados aos levantamentos topográficos planialtimétricos, desde equipamentos convencionais até aqueles mais sofisticados, como estação total, drones, receptores GNSS, Laser Scanner, aplicativos de celular. Estes instrumentos apresentam resultados com diferentes acuracidades, e por isso, a relevância de verificar a melhor alternativa para realizar medições, levando em consideração a finalidade, viabilidade, limitação e o tempo de uso desses equipamentos [2].

Isto posto, objetivou-se com o presente estudo realizar uma análise comparativa entre diferentes equipamentos aplicados ao levantamento topográfico planialtimétrico de uma área, buscando identificar suas vantagens, limitações e precisão dos dados obtidos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Teodolito

Os teodolitos são ferramentas destinadas à medição de ângulos verticais e horizontais (com ajuda das balizas) e juntamente com o auxílio das miras falantes, também fazem a medição de distâncias horizontais (utilizando-se da taqueometria planimétrica) e verticais (nivelamento taqueométrico e nivelamento trigonométrico), pois possuem os fios estadimétricos [3]. No que se refere em específico à medição de ângulos, sejam eles horizontais e verticais, os teodolitos são os equipamentos mais utilizados, podendo ser topográficos, geodésicos ou astronômicos, e quanto à forma, podem ser ópticos-mecânicos ou eletrônicos, quanto à precisão, são classificados de acordo com o desvio padrão de uma determinada direção observada, e com isso pode ser de precisão baixa (abaixo de 30''), média entre 07'' e 29'' e alta igual ou abaixo de 02'' [4].

2.1.2 Sistema de Posicionamento Global (GPS)

Em 1973, teve início o Global Positioning System - GPS, este projetado pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos, com o intuito de fornecer a posição instantânea, bem como a velocidade de um ponto sobre a superfície da terra, ou bem próximo dela, num referencial tridimensional [5]. O GPS foi desenvolvido, para que em qualquer lugar da superfície da terra e a qualquer momento, existem pelo menos quatro satélites acima do plano de horizonte do observador, e seu funcionamento parte da comunicação de três seguimentos: seguimento espacial,

formado por uma constelação de satélites; seguimento controle, formado pelas estações terrestres responsáveis pela operação do sistema GPS; e seguimento usuário, formado pela comunidade usuária, incluindo receptores, algoritmos, software, etc [6].

Isto posto, no mercado há disponível uma grande diversidade de receptores GPS que compõe o seguimento usuário, diferenciando pelas funções e tipos de aplicação, sendo alguns mais apropriados que outros em circunstâncias específicas. O avanço tecnológico permitiu que o GPS viesse a ser utilizado na realização de uma série de atividades, por exemplo, a determinação de distâncias, áreas, perímetros de terrenos, orientação quanto ao norte magnético, bem como a determinação de altitudes geométricas [7].

Dessa forma, o funcionamento planialtimétrico do mesmo, acontece em função das linhas do Meridiano *Greenwich* e do Equador para a obtenção dos dados, sendo assim, possível obter a latitude e longitude. O cálculo da latitude se dá a distância medida em graus, partindo do equador, ao longo dos meridianos, que varia entre 0° e 90° para norte e sul, sendo, respectivamente, positiva e negativa. A longitude é calculada de maneira semelhante, sendo uma distância medida em graus, variando de 0° a 180° para leste e oeste, partindo de *Greenwich*, sendo positiva para leste e negativa para oeste [8].

2.1.3 Drone

As Aeronaves Remotamente Pilotadas, popularmente conhecidas como drones, são utilizadas para as mais diversas aplicações e demandas. Como exemplo, pode-se citar o mapeamento topográfico, o mapeamento temático (vegetação, uso do solo, áreas impermeabilizadas, sítios arqueológicos e áreas susceptíveis a deslizamento de terra), o monitoramento florestal e agrícola, a inspeção de estruturas verticais para apoio à engenharia civil, as missões de resgate e o auxílio a desastres [9].

Com o avanço da tecnologia na área de agrimensura e cartografia, a topografia vem evoluindo, um exemplo disso, é a concepção e o aumento do uso de drones na área de mapeamento, o qual proporciona um aumento na densidade e na qualidade de dados obtidos da superfície terrestre de forma indireta [10]. O uso de drones baseia-se nos conceitos de Fotogrametria que, conforme a Sociedade Americana de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto - American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, é a arte, ciência e tecnologia de obtenção de informação confiável sobre objetos físicos e o meio ambiente através de processos de gravação, medição e interpretação de imagens fotográficas e padrões de energia eletromagnética radiante e outras fontes [11].

Assim, as medições são realizadas de forma bem mais rápidas e dinâmicas com, sendo as imagens adquiridas georreferenciadas, possibilitando a interpolação de pontos e posteriores medições. Isso permite que os resultados sejam entregues de forma mais rápida e em alta qualidade, gerando dados com maior precisão e aumentando a produtividade [12].

2.2 Metodologia

2.2.1 Área de estudo

A área de estudo situa-se na Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), Campus Leste, Mossoró/RN, geograficamente localizada entre a Latitude $5^\circ 12'43,9629''S$ e Longitude $37^\circ 18'45,0545''W$, e a Latitude $5^\circ 12'42,7075''S$ e Longitude $37^\circ 18'50,5113''W$ (Figura 1).



Figura 1. Localização da área de estudo, Fonte: Google Earth (2022).

2.2.2 Equipamentos Utilizados

O levantamento de campo foi realizado adotando-se os seguintes equipamentos: DJI Phantom 4 Advanced; Teodolito Eletrônico (FOIF® - Série DT200); Receptor GPS e-Trex Venture HC; Aplicativo Status do GPS e Aplicativo GPS Data. Vejamos:

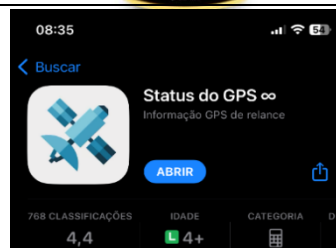
1. GPS Modelo eTrex Venture HC:

- Receptor GPS de alta sensibilidade, ativado pela WAAS, com tela de 1,7 polegadas x 1,3 polegadas com Tft de cor de 256 níveis;
- Possui mapa base integrado, com memória interna de 24 Mb.
- Informações de posição: latitude, longitude, altitude.



2. Aplicativo Status do GPS:

- Composto por um conjunto de várias ferramentas integradas é capaz de fornecer a localização na forma de coordenadas (longitude, latitude e altitude).
- Informações de posição: latitude, longitude, altitude.



3. Aplicativo GPS Data:

- Fornece uma interface de conexão do dispositivo com os satélites NAVSTAR, GLONASS, QZSS, Galileo, BeiDou, NavIC.
- Informações de posição: latitude, longitude, altitude.



4. Drone modelo DJI Phantom 4 Advanced:

- Sensor CMOS de 20Mp por polegada.
- Sistemas de posicionamento por GPS e GLONASS
Faixa de precisão:
- Vertical: $\pm 10\text{cm}$ (com posicionamento da visão); $\pm 50\text{cm}$ (com posicionamento GPS).
 - Horizontal: $\pm 30\text{cm}$ (com posicionamento da visão); $\pm 1,5\text{m}$ (com posicionamento GPS).



5. Teodolito Eletrônico (FOIF® - Série DT200):

- Abertura da objetiva de 42 mm, capacidade de aumento da imagem de até 30x.
- Prumo óptico laser, campo de visão 1°20", leitura mínima de 1", foco mínimo de 1 m, imagem direta.
- Leitura angular 10" e precisão angular de 9".



O estudo foi dividido em três fases: 1ª fase = quadriculação do terreno e piqueteamento dos pontos, 2ª fase = coleta de dados, e 3ª fase = processamento e análise dos dados coletados.

Os levantamentos planialtimétricos foram realizados utilizando quatro meios de coletas de dados e três metodologias de coleta, variando em função do equipamento, sendo:

- 1 - Levantamento utilizando um teodolito (Topografia convencional);
- 2 - Levantamento utilizando um Drone (Aerofotogrametria);
- 3 - Levantamento utilizando um receptor GPS de navegação Garmin (Absoluto);
- 4 - Levantamento utilizando o aplicativo Status do GPS (Absoluto);
- 5 - Levantamento utilizando o aplicativo GPS Data (Absoluto).

A área do estudo foi inicialmente demarcada utilizando piquetes de madeira com comprimento de 30 cm, fincados no solo até a profundidade de 20 cm, restando 10 cm acima da superfície do solo. O estaqueamento foi realizado no espaçamento de 20 x 20 m, distribuídos em quadriculação numa área total de 10.000m² (1 hectare).

Os levantamentos realizados com o receptor Garmin, e os aplicativos de celular foram executados em três repetições, em dias diferentes, considerando cada dia uma repetição.

A coleta de pontos através do GPS Garmin e dos aplicativos de celular foi padronizada a 1 metro do chão, para melhor precisão.

Com posse dos dados obtidos com cada metodologia, foi possível elaborar mapas de curvas de nível e os respectivos e modelos digitais do terreno (MDT), e cálculos de volume de terra visando projetos de terraplenagem.

Os resultados obtidos foram comparados entre si, considerando como metodologia padrão o levantamento topográfico convencional utilizando o teodolito.

Inicialmente, foram avaliados os MDTs de cada método, nas três repetições. Em seguida, elaborou-se MDSs utilizando os dados médios das três coletas para comparação com o MDT elaborado com os dados coletados com o teodolito.

Determinou-se ainda as cotas máximas e mínimas obtidas em cada levantamento, bem como o volume de terra considerando como referência a menor cota obtida.

2.3 Resultados e Discussão

Nas Figuras 2 e 3 são apresentados os mapas de curva de nível e modelo digital do terreno obtidos através do GPS Garmin, Status do GPS, e GPS data, nas quais percebem-se que houve grande variação no relevo, tanto entre os aparelhos, quanto entre os dias de coletas. Esses resultados demonstram que o uso dessas tecnologias deve ser feito com cautela.

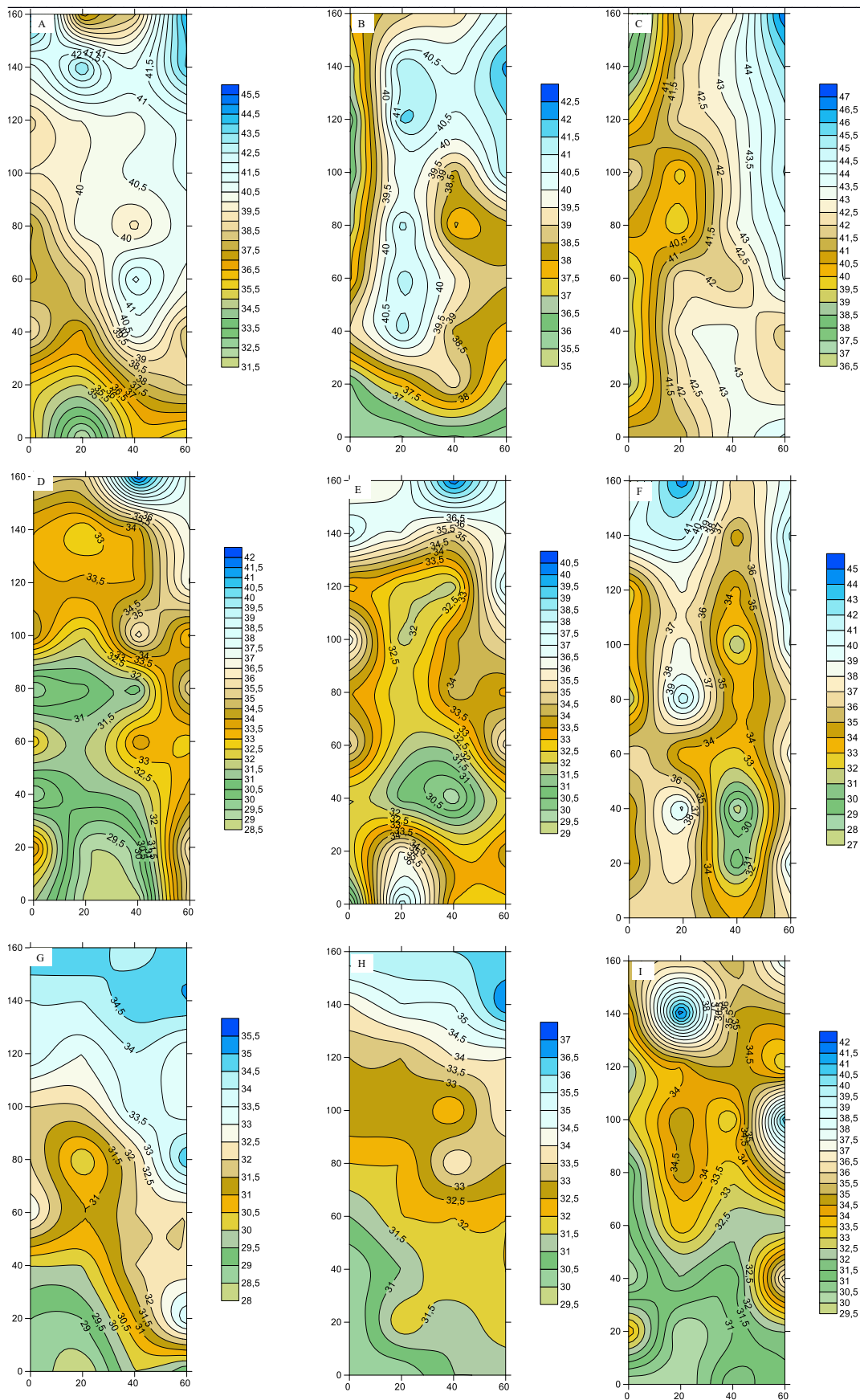


Figura 2. Mapa de curva de nível elaborada a partir de dados obtidos utilizando GPS Garmin (A, B, C), Aplicativo Status do GPS (D, E, F), e Aplicativo GPS Data (G, H, I).

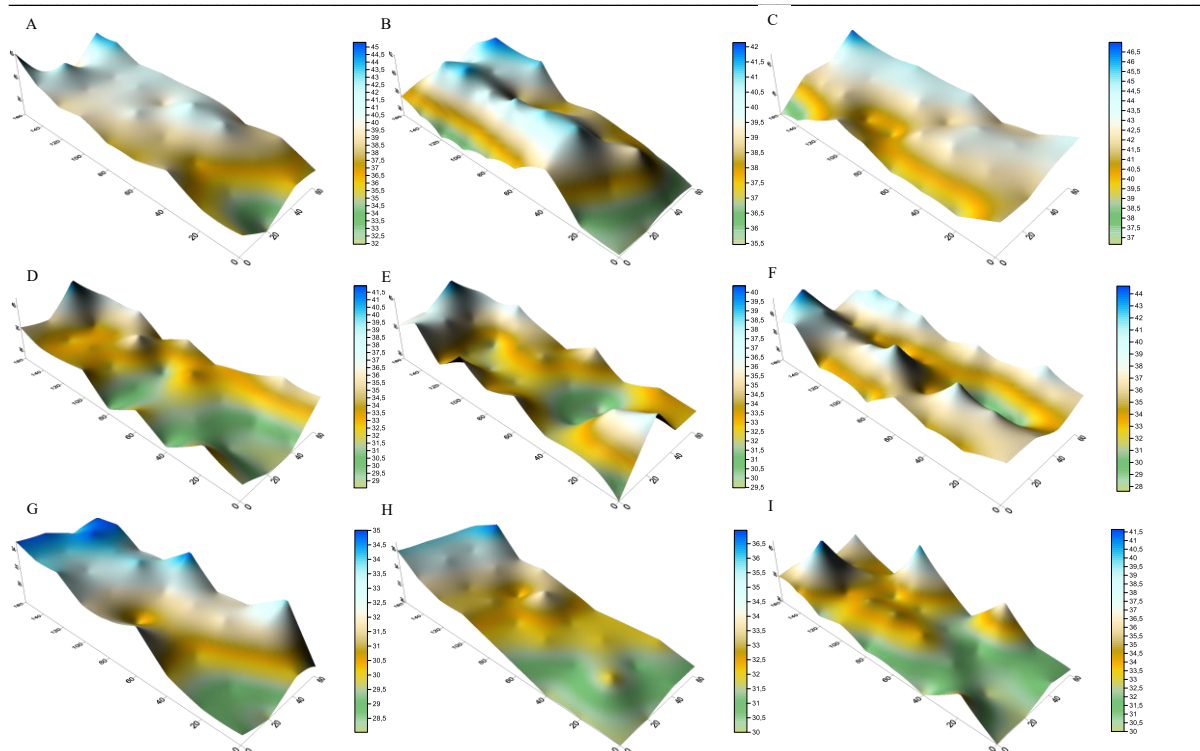


Figura 3. Modelo digital elaborado a partir de dados obtidos utilizando GPS Garmin (A, B, C), Aplicativo Status do GPS (D, E, F), e Aplicativo GPS Data (G, H, I)

Considerando como referência os dados coletados com o teodolito (Figura E), verifica-se que ocorreu uma maior semelhança para o mapa de curva de nível gerado a partir dos dados coletados com o drone (Figura D), enquanto as maiores divergências foram obtidas para os aplicativos Status GPS (Figura B), GPS Data (Figura C).

Para o GPS Garmin (Figura A), foi observado que MDT gerado a partir de seus dados também divergiu do teodolito. No entanto, com menor variação, em comparação com os aplicativos Status do GPS e GPS data.

Os resultados obtidos com os dados coletados pelo GPS Garmin corroboram com os apresentados por Santos et al (2016) [13] e Franca et al (2017) [14], os quais observaram que o MDT obtido com dados de GPS de navegação apresentou elevada imprecisão, descaracterizando o do MDT real do terreno e alterando a direção de fluxo do escoamento superficial.

Dias (2019) [2] trabalhando com estação total, aplicativo Android de GPS e GPS de navegação, verificou que o GPS de navegação apresentou maior discrepância do que o aplicativo para smartphone, nos contornos e elevação do terreno, não sendo recomendados para atividades ligadas a representação de superfície e dimensionamento do terreno.

Nas figuras 4 e 5 são apresentados os mapas de curva de nível e modelo digital do terreno, gerados a partir da média dos dados coletados pelas tecnologias estudadas.

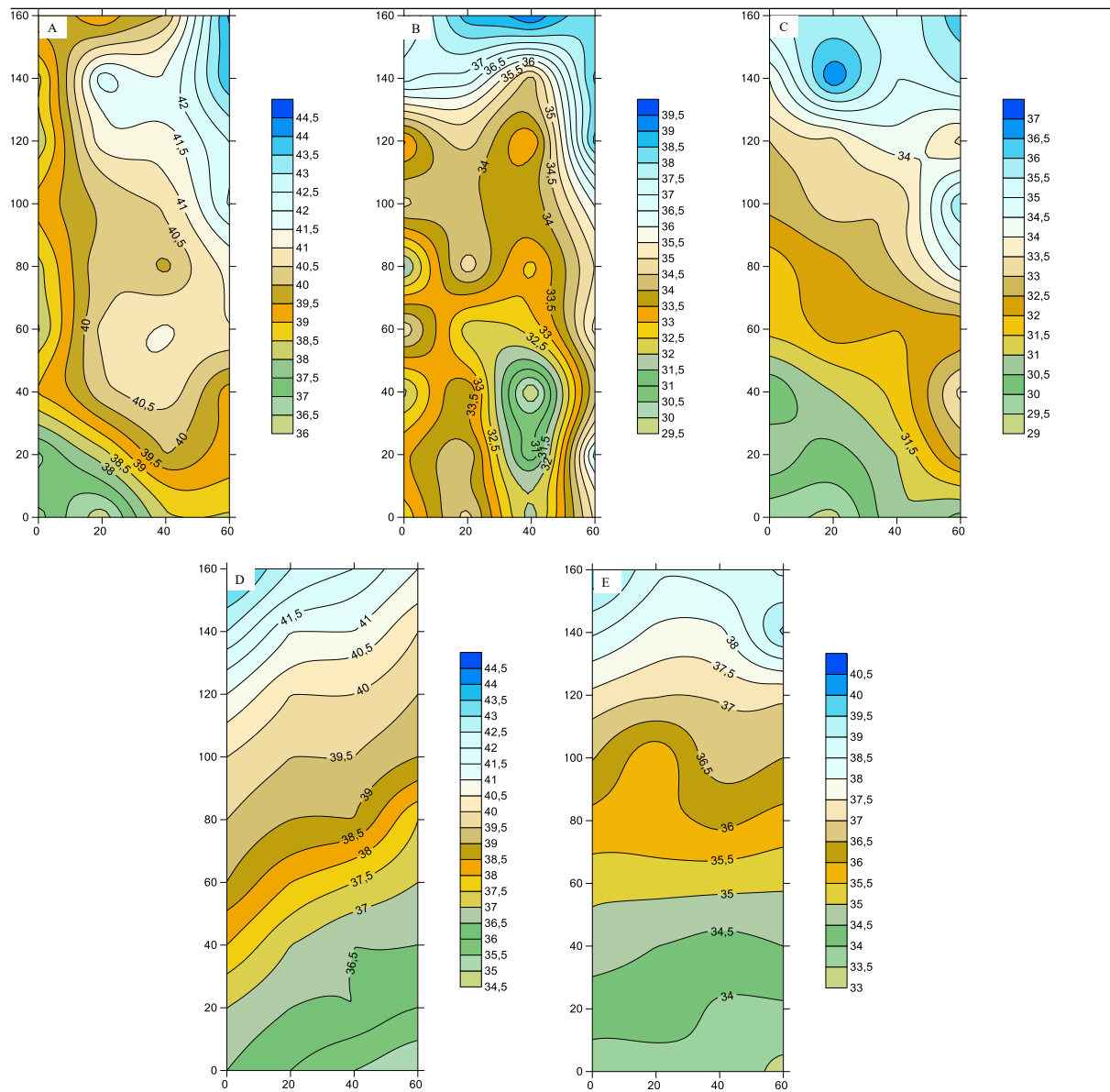


Figura 4. Mapa de curva de nível elaborada a partir de dados obtidos utilizando GPS Garmin (A), Aplicativo Status do GPS (B), e Aplicativo GPS Data (C), Drone (D), e Teodolito (E) (Gamin, Status do GPS, GPS Data, considerando a média das três leituras)

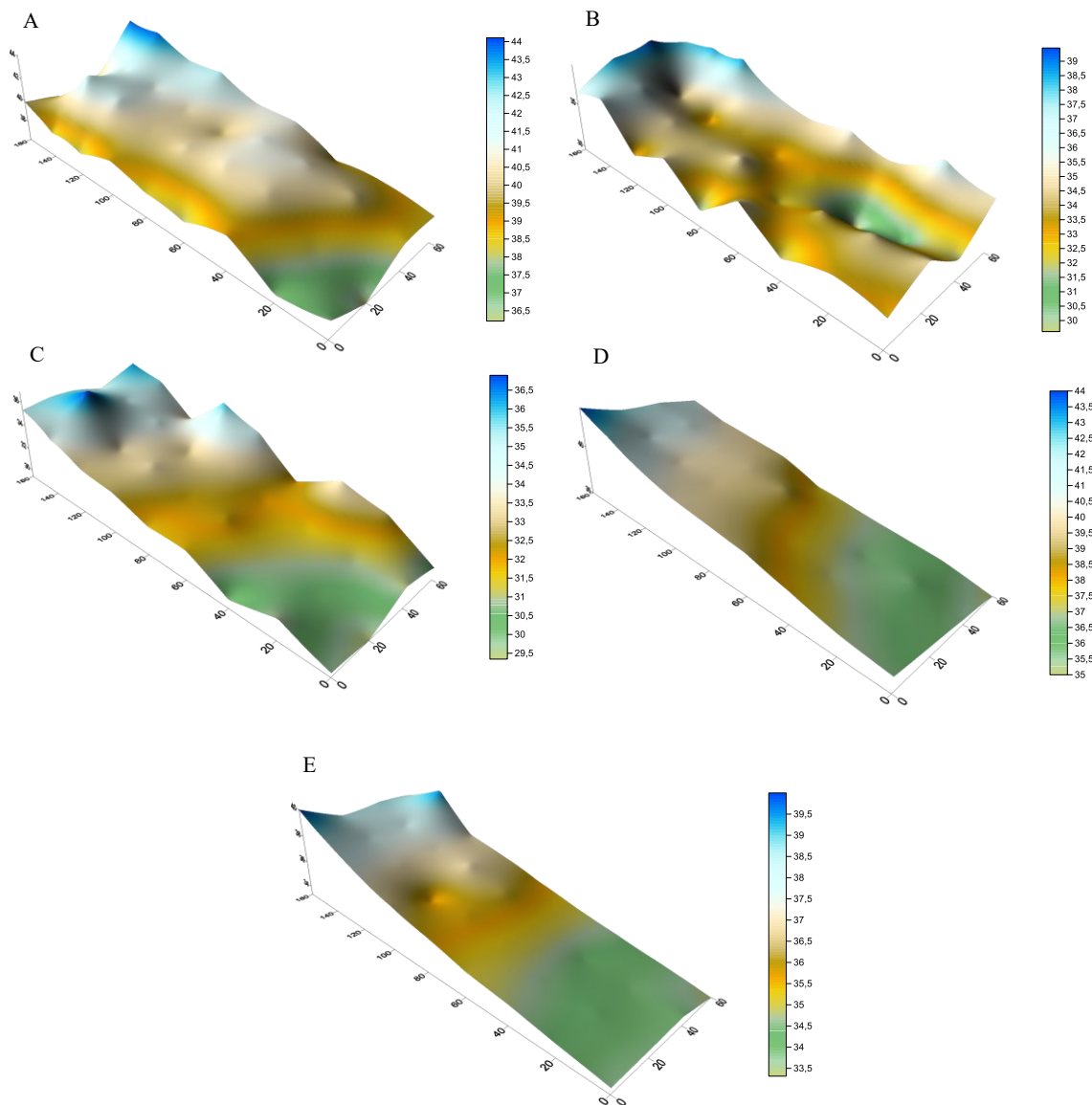


Figura 5. Modelo digital elaborado a partir de dados obtidos utilizando GPS Garmin (A), Aplicativo Status do GPS (B), e Aplicativo GPS Data (C), Drone (D), e Teodolito (E) (Gamin, Status do GPS, GPS Data, considerando a média das três leituras)

Em relação ao volume de terra, verificou-se que a maior variação média foi obtida nos dados do aplicativo Status GPS (73,33%) enquanto a menor variação ocorreu com o uso do drone (41,89%). Observa-se ainda uma grande variação entre as leituras realizadas para o GPS Garmin, Status do GPS e GPS data, evidenciando que o uso destes equipamentos em levantamentos altimétricos deve ser evitado (Tabela 1).

Resultados semelhantes foram apresentados por Batista (2013) [15], onde simulando o dimensionamento de uma barragem de terra, usando topografia tradicional e GPS de navegação, constatou uma variação de 126% no volume necessário para a construção do maciço, inviabilizando o uso desses aparelhos para trabalhos de engenharia que requerem elevada precisão.

De acordo com [14], essas grandes variações nos resultados do receptor GNSS de navegação são decorrentes da instabilidade das mensagens de navegação no método de posicionamento absoluto, uma vez que essas informações dependem da quantidade de satélites disponíveis e das disposições geométricas no espaço.

Portanto, o método de nivelamento GPS por posicionamento absoluto com o código C/A não descreveu o traçado das curvas de nível como a realidade física do terreno devido à sua menor acurácia e alguns erros decorrentes do posicionamento GPS (PA CA) (REIS et al., 2011) [16].

Tabela 1. Valores máximos, mínimos e volume de terra calculados a partir de cotas obtidas por diferentes tecnologias.

Tecnologias	Máximo (m)	Mínimo (m)	Volume (m ³)	Δ em relação ao teodolito (%)
Garmin				
Leitura 1	45,308	31,849	72164,77	185,24
Leitura 2	42,183	35,454	35162,71	38,98
Leitura 3	46,990	36,656	52085,57	105,87
Média	44,106	36,214	38151,52	50,80
Desvio padrão	2,02	2,19	16878,74	
Desvio padrão médio		2,38		
Status do GPS				
Leitura 1	41,918	28,529	40928,78	61,77
Leitura 2	40,344	29,479	40877,26	61,57
Leitura 3	44,639	27,605	80835,39	219,51
Média	39,458	29,617	43852,21	73,33
Desvio padrão	2,27	0,94	19524,23	
Desvio padrão médio		2,72		
GPS Data				
Leitura 1	35,005	28,019	40340,13	59,45
Leitura 2	36,965	29,999	26947,94	6,51
Leitura 3	41,641	29,999	35066,14	38,60
Média	36,894	29,345	37222,47	47,12
Desvio padrão	2,89	0,94	7350,48	
Desvio padrão médio		1,15		
Drone	44,00	34,999	35897,48	41,89
Teodolito	40,00	33,316	25300,04	

3. CONCLUSÕES

Ao comparar a aplicação de diferentes equipamentos no levantamento topográfico planialtimétrico, observou-se que o teodolito e o drone foram os únicos que conseguiram alcançar um resultado satisfatório.

O avanço da tecnologia proporcionou uma maior variedade de equipamentos e métodos de execução de trabalhos topográficos, porém alguns destes devem ser utilizados com cautela, como é o caso do GPS de navegação e os aplicativos de celular, os quais apresentam alta imprecisão.

Dentre as tecnologias testadas, o drone destacou-se por possibilitar mapas com curvas de nível de (MDT) mais próximos daqueles obtidos com o teodolito, em um menor espaço de tempo.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] SIRTOLI, A. E., et al. Atributos topográficos secundários no mapeamento de pedoformas. **Geociências**, v. 27, n. 1, p. 63-77, 2008.
- [2] DIAS, L. M. **Avaliação de diferentes metodologias em levantamentos planialtimétricos**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semi Árido, Caraúbas, 2019.
- [3] COELHO JUNIOR, J. M., et al. **Topografia Geral**. Recife: UFRPE, 2014. 22p.
- [4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 13133: Execução de levantamento topográfico. Rio de Janeiro, 1994, 35p.
- [5] LETHAM, L. **GPS Made easy: using global positioning systems in the outdoors**. Seattle: Published by The Mountaineers, 1996. p 112.
- [6] FREITAS, M. B. G. **A aplicação das geotecnologias como apoio à logística**. 2012. Trabalho de Monografia de especialização (Curso de Especialização do Programa de Pós Graduação em Geomática, Área de Concentração em Tecnologia da Geoinformação) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.
- [7] SOUSA, T. P.; MAIA NETO, F. E.; SILVEIRA, L. R. S.; SOUSA NETO, E. P.; MELO, R. T. Análise comparativa de precisão entre equipamentos topográficos na determinação de medidas de distância. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 8, n. 1, p. 40-43, jan./dez. 2014.

-
- [8] MEDINA, A.S. Métodos de posicionamento GPS. Apostila de aula (Curso de Pós-graduação em Georreferenciamento de Imóveis Rurais) – Universidade Tuiuti. 2010.
- [9] FAGUNDES, M. A. R. IESCHECK, A. L. Uso de VANT na cartografia: geração de base cartográfica tridimensional. IN: G. Prudkin; F. Breunig(Orgs.). *Drones e Ciência: teoria e aplicações metodológicas*. Ebook (v.1). Santa Maria, RS: FACOS-UFSM. 2019.
- [10] RODRIGUES, D.A.; GALLARDO, A.L.C.F. Vantagens da aerofotogrametria por drone na obtenção de dados topográficos em estudos de lixões e aterros sanitários. In: VII Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade. Anais. São Paulo, 2018.
- [11] TOMMASELLI, A. M. G., et al. Fotogrametria: aplicações a curta distância. In: FCT. 1999. p. 147-59.
- [12] FORTUNATO, J. C. **Artigo: comparação entre topografia com Drones x topografia tradicional**, Mundogeo, 26/08/2018. Disponível em: < <https://mundogeo.com/2018/06/26/artigo-comparacao-entre-topografia-com-drones-x-topografia-tradicional/>>. Acesso em 23 novembro 2022.
- [13] SANTOS, R. S. et al. Utilização de receptor de sinal de gps de navegação como ferramenta de apoio à atividade agropecuária. **Energia na agricultura**, v. 31, n. 1, p. 97-101, 2016.
- [14] FRANCA, T. M., et al. Avaliação dos dados altimétricos de diferentes equipamentos da topografia e geodésia para utilização agrícola. **Agrarian Academy**. Goiânia, v. 4, n. 7. p. 80-91, 2017.
- [15] BATISTA, P. I. F. **Dimensionamento de pequenas barragens de terra a partir de levantamentos topográficos realizados por diferentes metodologias**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semi Árido, Mossoró, 2013.
- [16] REIS, T.T.; CAMARGO, P.O.; TOMMASELLI, A.M.G. Sincronismo de Dispositivos para o Georreferenciamento de Imagens Digitais. *Bol. Ciênc. Geod. (Online)*, Curitiba, v.17, n.3, p.317-339, 2011.