
Comparação entre modelos digitais de terreno gerados por quatro fontes de dados diferentes

Comparison between digital terrain models generated by four different data sources

José Otávio de Almeida Bueno^{1*}, Silvio Crestana², José Ricardo Macedo Pezzopane³, Vandoir Bourscheidt⁴, Alberto Carlos de Campos Bernardi³

RESUMO

A superfície topográfica de uma determinada região do planeta pode ser representada por um modelo digital de terreno (MDT) o qual é uma importante fonte de dados cuja utilização se dá para diversos fins, tais como análises de características hidrológicas de bacias hidrográficas. A geração do MDT depende de uma fonte de dados que tenha na sua base valores de elevação da superfície terrestre. Os métodos clássicos para aquisição de dados de superfície e subsuperfície demandam muito tempo, custo ou ainda conhecimentos específicos de processamento para geração do MDT devido ao levantamento topográfico. Assim, o estudo comparou as variações entre as altitudes desses modelos obtidas por quatro fontes de dados, a saber: por meio de imagens capturadas por aeronave remotamente pilotada - drone; imagens capturadas utilizando veículo aéreo tripulado; imagem de satélite; e altitudes obtidas com GPS (Sistema de Posicionamento Global) geodésico, sendo que os resultados para essa análise mostraram que há variação entre os valores dos intervalos de altitude, todavia mesmo com as diferenças observadas nos números, as variações de ambos os MDTs se acompanham ao longo de toda área de estudo.

Palavras-chave: Análise de terreno; Drone; Sensoriamento remoto; Imagem de satélite

ABSTRACT

The topographic surface of a given planet region can be represented by a digital terrain model (DTM), which is an essential source of data whose use is given for various purposes, such as analysis of hydrological characteristics of watersheds. The generation of the DTM depends on a data source based on earth's surface elevation values. However, the classical methods for surface and subsurface data acquisition demand much time, cost, or even specific processing knowledge to generate the DTM due to the topographic survey. Thus, the study compared the variations between the altitudes of these models obtained by four data sources, namely: through images captured by remotely piloted aircraft - drones; images captured using a aerial vehicle; satellite images; and altitudes obtained with geodesic GPS (Global Positioning System), and the results for this analysis showed that there is variation between the values of the altitude intervals, however, even with the differences observed in the numbers, the variations of both DTMs are accompanied by the across the entire study area.

Keywords: Terrain analysis; Drone; Remote sensing; Satellite image

¹ Universidade de São Paulo.
*tvnalmeida@gmail.com

² Embrapa Instrumentação.

³ Embrapa Pecuária Sudeste.

⁴ Universidade Federal de São Carlos

INTRODUÇÃO

Os modelos digitais de terreno (MDT) representam a superfície topográfica de uma determinada região do planeta, consistem em importantes fontes de dados, cuja utilização é eficiente quando se pretende realizar mapeamentos e análises de características hidrológicas de bacias hidrográficas, tais como declividade do terreno e redes de drenagem (MACÊDO; SURYA, 2018; GARCÍA-ALÉN, 2022). Além disso também podem ser utilizados como base de entrada para calcular altura de objetos que estão acima do nível do terreno (HUNG et al., 2018) e em modelos hidrológicos (MARSH et al., 2018).

A geração de um MDT depende de uma fonte de dados que tenha na sua base valores de elevação da superfície terrestre, onde para cada coordenada no plano xy de um determinado ponto haverá uma elevação z, sendo que esses dados podem divergir em alguns fatores como por exemplo distribuição espacial e resolução da área que terá sua representação num pixel (MACÊDO; SURYA, 2018). Os métodos clássicos para aquisição de dados de superfície e subsuperfície demandam muito tempo, custo ou ainda conhecimentos específicos de processamento para geração do MDT devido ao levantamento topográfico. Em contrapartida a fotogrametria digital com os algoritmos do fluxo de trabalho, vem se mostrando um instrumento bastante útil, eficaz e de baixo custo, para produção de informações de qualquer superfície ou objeto desejado (UYSAL; TOPRAK; POLAT, 2015; CAWOOD et al., 2017; AKTURK; ALTUNEL, 2019).

Segundo Micheletti; Chandler; Lane (2015), a capacidade do uso de métodos baseados em fluxo de trabalho para extrair dados espaciais de alta resolução e acurácia, utilizando câmeras digitais comuns, é realmente notável e pode atender a uma série de novas investigações no campo da pesquisa científica. A reconstrução dos objetos e superfícies é feita gerando um modelo 3D georreferenciado, denominado MDS (Modelo Digital de Superfície), isto é, um modelo topográfico composto por todas as estruturas presentes na área como vegetação e construções, enquanto que o MDT, representa apenas os dados do relevo, desconsiderando os objetos acima do nível do solo (VITTI, 2017). O mesmo procedimento é realizado quando da aquisição de imagens capturadas por câmeras acopladas a veículos aéreos tripulados. Porém para este último destaca-se que o custo para aquisição desses dados é mais elevado do que o obtido por meio de levantamento aéreo feito com Aeronave Remotamente Pilotada (RPA).

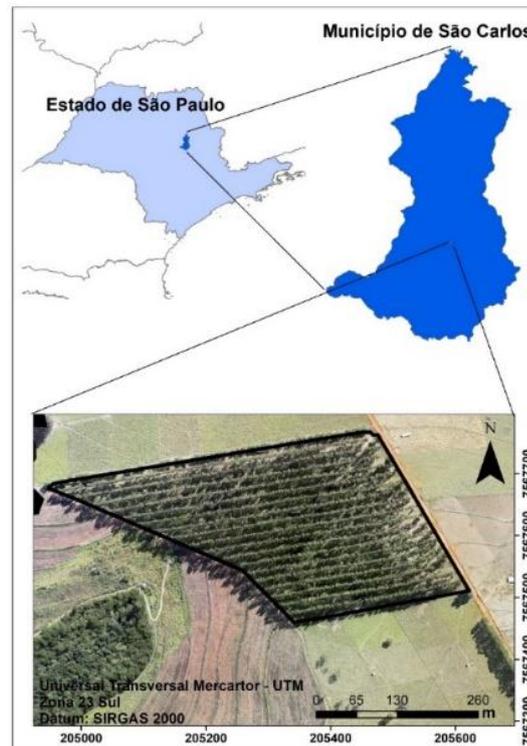
Outra maneira de se obter esses dados, é por meio de imagens de satélite como a do sensor PALSAR do satélite ALOS, o qual foi lançado em 2006 pela Agência de Exploração Aeroespacial do Japão (JAXA) e de acordo com Sena et al., (2020) estava equipado com dois instrumentos, sendo um deles o radar polarimétrico de abertura sintética de banda larga (PALSAR) que opera na banda L e é capaz de fazer captura de imagens diurnas ou noturnas em quaisquer condições

climáticas. Ainda segundo os autores, os produtos MDE que foram criados com PALSAR tiveram sua geometria e radiometria corrigidas gerando MDE com resolução de 12,5 metros.

Como visto, há diversas possibilidades de se obter dados para gerar um MDT. A este propósito nota-se a necessidade de se verificar as diferenças que podem estar atreladas a esses produtos gerados por meio de diversas fontes. Assim, o objetivo desse trabalho foi verificar se há variação entre os intervalos de altitudes obtidas nos MDT gerados a partir de quatro diferentes fontes de dados, a saber: por meio de imagens capturadas por RPA (drone); imagens capturadas com veículo aéreo tripulado; imagem de satélite; e com dados de altitudes provenientes de GPS (Sistema de Posicionamento Global) geodésico.

ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado em área 12 ha de sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) implantado em 2011 e localizado na Embrapa Pecuária Sudeste, em São Carlos-SP (Figura 1). O clima local é tropical (classificação de Köppen: Cwa), com duas estações bem definidas, sendo de abril a setembro (seca) com temperatura média de 19,9 °C e precipitação de 250mm, e de outubro a março (úmida) com temperatura média de 23,0 °C e 1100 mm de precipitação (PEZZOPANE et al., 2021). O sistema ILPF é composto de pastagens de capim Piatã (*Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã) arborizada com *Eucalyptus urograndis* clone GG110 com espaçamento de 15X4m. Os detalhes da implantação de manejo do sistema estão descritos em Bernardi et al. (2017), e Pezzopnae et al. (2017 e 2020).

Figura 1 - Localização geográfica da área de estudo

MATERIAL E MÉTODOS

Na sequência estão descritos os procedimentos para realização dos Modelos Digitais de Terreno obtidos após o processamento das imagens capturadas pela RPA - Drone; MDT obtido após processamento das imagens aéreas capturadas por veículo aéreo tripulado pela Airscout®; MDT obtido com base em imagem de satélite; MDT obtido com base em dados de altitude do GPS Geodésico.

O voo aéreo com o drone foi realizado a uma altura de 90 metros acima do nível do solo, com câmera de 20 megapixels e sem pontos de controle no solo - para avaliar o produto gerado tão somente com base nas imagens capturadas e processadas. Já as imagens obtidas com o veículo aéreo tripulado foram adquiridas a uma altura de 600 metros com câmera de 20 megapixels. Para as imagens capturadas com drone e com veículo aéreo tripulado, foi realizado o processamento no software Open Drone Map (ODM).

Durante os procedimentos no software, como no caso do ODM, Hung et al., (2018) elencam que primeiro é gerada a nuvem de pontos, sendo que estes representam o relevo e as feições que estão acima dele, posteriormente são realizadas as separações entre os pontos do relevo e dos demais objetos e por fim com os pontos apenas do relevo faz-se uma interpolação para gerar o MDT.

O MDT obtido pelo processamento das imagens capturadas pelo drone foi gerado no software ODM e em seguida exportado em formato raster para o QGIS, onde foram realizados os procedimentos para verificar se havia espaços vazios, devido a falhas de preenchimento dos pixels, ocorridas no processamento das imagens. Após a verificação, o MDT foi recortado apenas para o limite da localização da área de estudo e posteriormente classificado em classes para melhor visualização. O mesmo procedimento foi utilizado para gerar o MDT com base nas imagens capturadas pelo veículo aéreo tripulado.

A imagem de satélite adquirida com os dados do Modelo Digital de Elevação (MDE), para ser trabalhada como MDT foi obtida de modo gratuito do Alasca Satellite Facility do satélite ALOS (Advanced Land Observing Satellite). Após adquirir a imagem, foram realizadas as verificações de possíveis erros, onde verificou-se inicialmente a existência de valores negativos de altitude. Posteriormente verificou-se a ocorrência de pixels com anomalias de altitude, sejam eles abaixo ou acima dos valores padrões dos vizinhos mais próximos (BENEDITTI, 2010).

Realizadas as correções o MDE da imagem de satélite foi recortado para o limite da localização da área de estudo e em seguida classificado em classes com intervalos iguais para melhor visualização. Destaca-se que o MDE representa a altitude acima do nível do mar contando os objetos. Para esse estudo a sua base é tida como um MDT na localização do ILPF, ao passo que na data de aquisição da imagem pelo satélite, havia apenas pastagem na área em que hoje se encontra o sistema integrado.

Para produzir o MDT com base nas altitudes obtidas com GPS Geodésico, os valores foram transferidos de uma planilha digital para um ambiente de sistema de informações geográficas no software QGIS, visto que os dados também continham as coordenadas geográficas de cada ponto de altitude. O GPS Geodésico foi configurado para capturar dados com distâncias a cada um metro. Em seguida, os dados foram convertidos para shapefile. Com o dado shapefile para gerar o MDT utilizou-se o interpolador por IDW (LI; HEAP, 2011), em que se cria polígonos baseados nos pontos amostrais, sendo que cada um desses pontos apresenta um polígono de influência (MIRANDA et al., 2018).

Posteriormente, realizadas as correções, o MDT foi recortado para o limite da localização da área de estudo. Com todos os MDT prontos, deu-se início ao processo de extrair os valores de altitude dos modelos para tabelas. Para tanto, criou-se uma malha de pontos padronizada para realizar a amostragem das altitudes (LIMA et al., 2019; LAURENTTI et al., 2019). A mesma malha foi utilizada em todos os modelos digitais, com o intuito de extrair informações da mesma localidade em cada MDT.

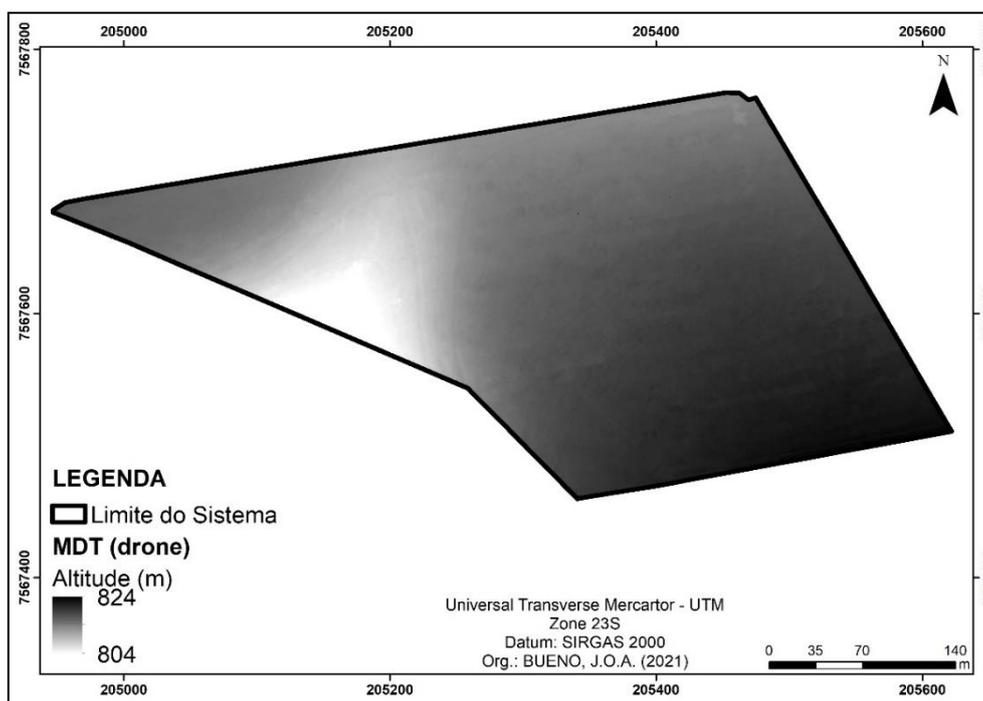
Para analisar os resultados as estatísticas descritivas dos MDT foram tabuladas. Foi gerado um gráfico de caixa contendo as informações de altitude de cada MDT para análise exploratória dos dados, com o intuito de verificar as variações de altitude entre cada modelo

digital. Também foi gerado um gráfico de linhas com as altitudes de cada MDT para verificar se os valores se acompanham nas mesmas localizações geográficas da área de estudo

RESULTADOS E DISCUSSÃO

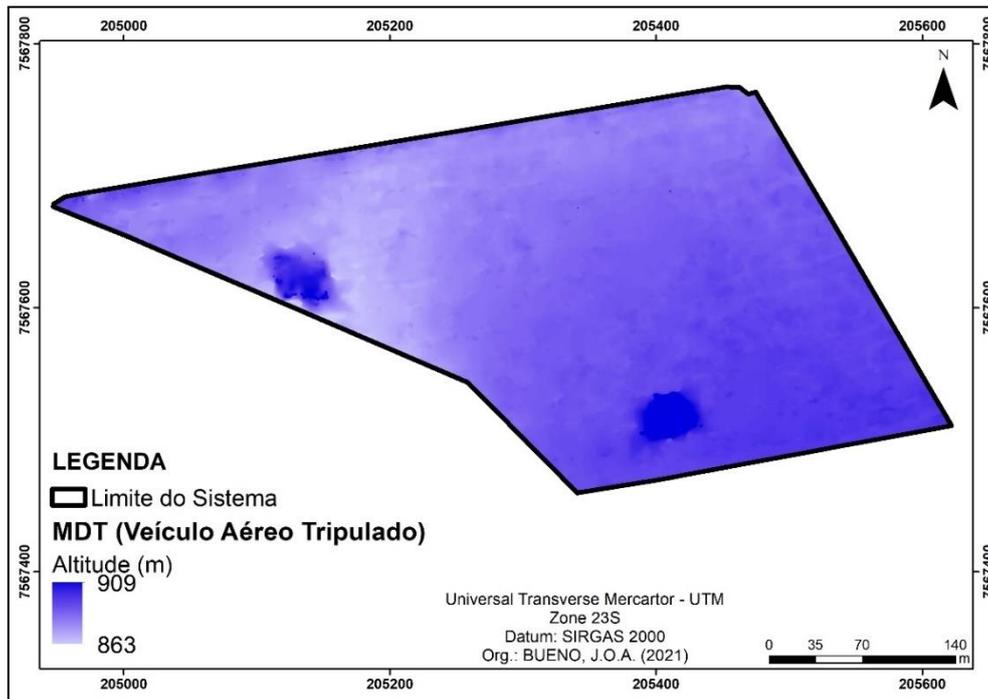
Os mapas dos Modelos Digitais de Terreno elaborados com base nas imagens e nos pontos cotados com GPS geodésico apresentaram valores de intervalos de altitudes diferentes entre si, sendo que o MDT elaborado com base nas imagens aéreas capturadas com o voo realizado pelo drone apresentou valores que variam de 804m a 824m de altitude (Figura 2).

Figura 21 - Modelo Digital de Terreno (drone)



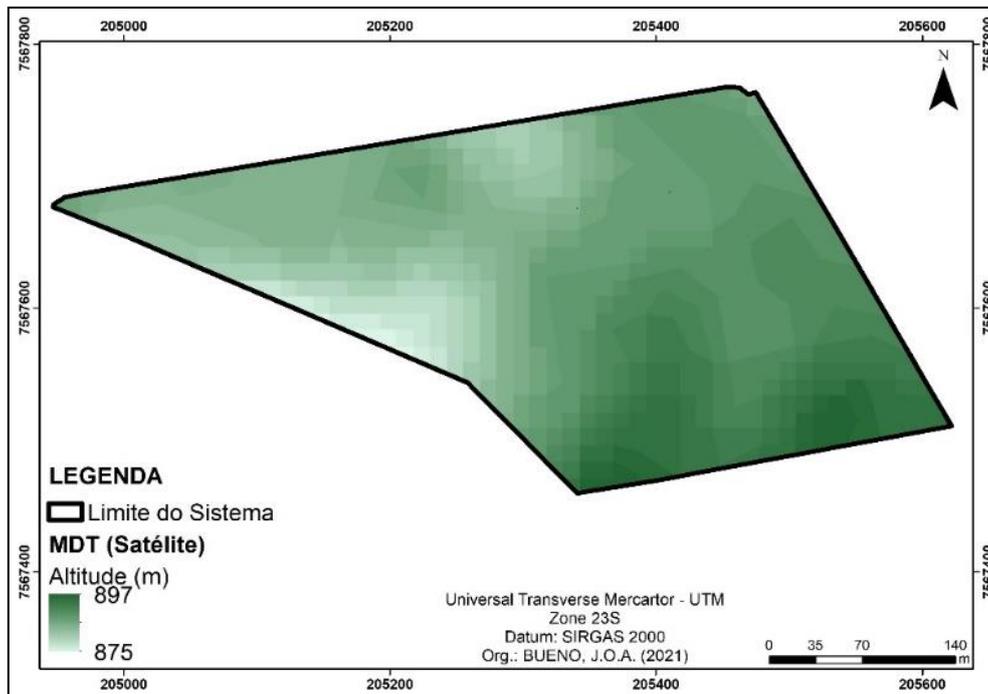
O mapa do MDT produzido com base nas imagens aéreas capturadas pelo veículo aéreo tripulado (Figura 3) apresentou valores que variam de 863m a 909m de altitude. Observa-se que na região mais a oeste do mapa, houve uma leve distorção dos dados, bem como locais na região sul, apresentando valores discrepantes com relação a mesma área nos demais MDT, fato que contribuiu para ser o modelo digital que apresentou o maior intervalo de variação, o que pode ter sido resultado da baixa sobreposição de imagens nessa região durante o processamento.

Figura 3 - Modelo Digital de Terreno (veículo aéreo tripulado)



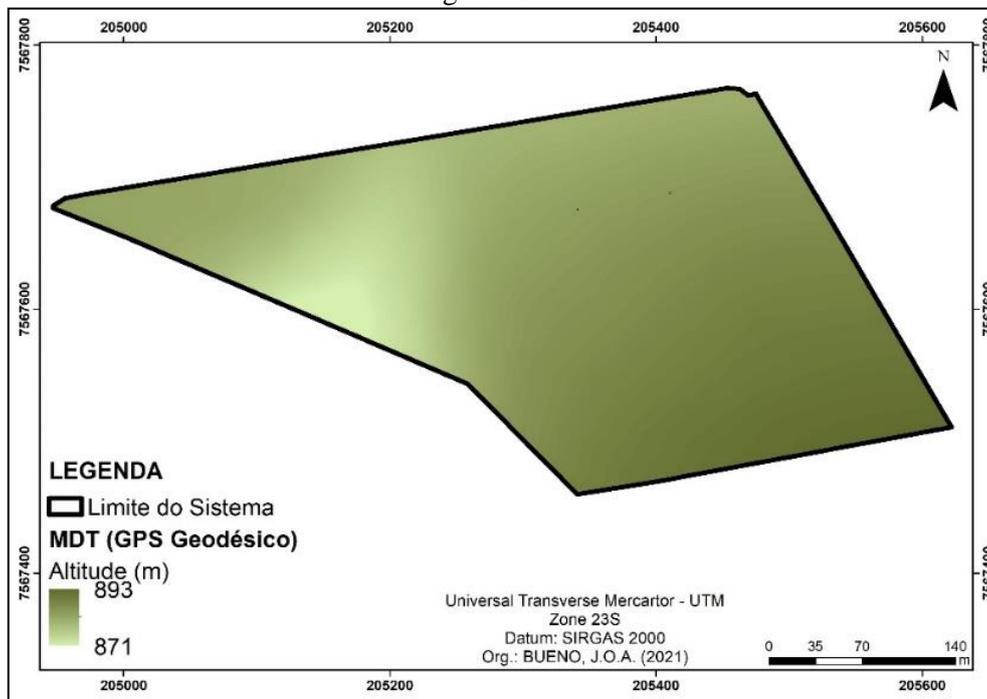
Com relação a análise visual dos mapas, o MDT elaborado com base na imagem obtida do Satélite ALOS (Figura 4) foi o que apresentou um detalhamento menos suave, ao passo que a sua resolução é mais baixa que as dos demais modelos digitais.

Figura 4 - Modelo Digital de Terreno elaborado com base na imagem do satélite ALOS



Já o MDT elaborado com base nos pontos cotados por GPS Geodésico apresentou uma visualização de classes mais suavizada (Figura 5). Os valores de altitude encontrados variaram de 871m a 893m.

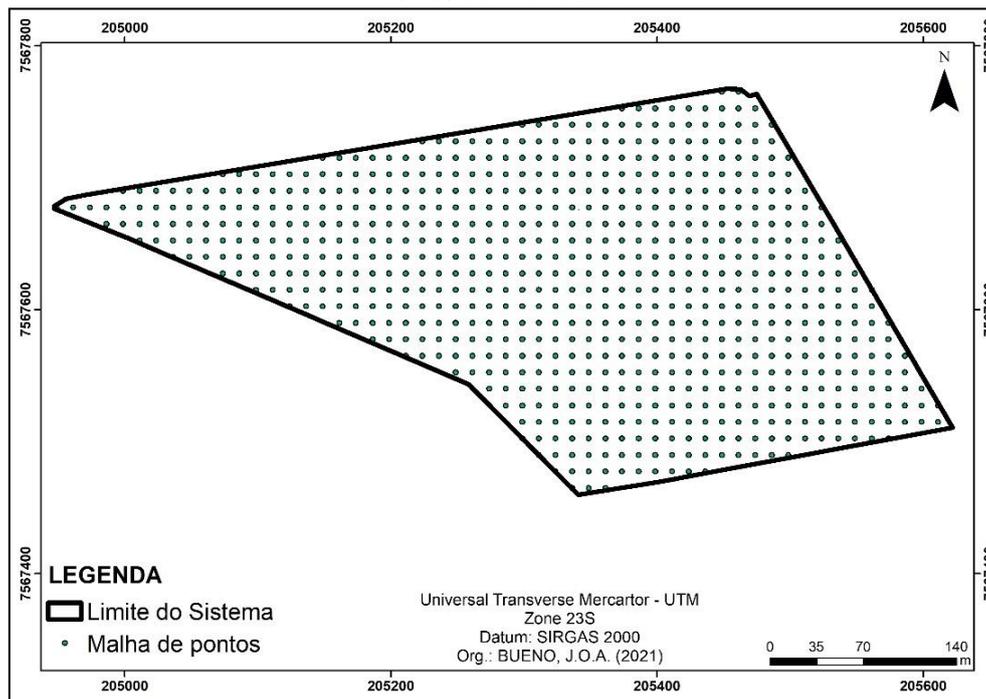
Figura 5 - Modelo Digital de Terreno elaborado com base nos pontos de altitude do GPS geodésico



Os mapas mostram que visualmente as classes de altitudes variam entre os mapas. No entanto, nota-se um aumento de altitude que segue o mesmo padrão para ambos, independente da fonte de dados utilizada para elaborar os MDT, sendo menores na região oeste e aumentando em direção a região sudeste e sul.

Destaca-se que após a geração dos MDT foram observadas as seguintes resoluções para os tamanhos dos pixels de cada modelo digital: o do drone (5,4cm - centímetros); veículo aéreo tripulado (48 cm); Satélite ALOS (12,5m - metros) e GPS geodésico (1m), indicando um melhor detalhamento, em termos de resolução, para o MDT gerado com base nas imagens capturadas pelo drone. Na Figura 6 pode-se observar a disposição geográfica dos 700 pontos criados com o intuito de extrair as informações de altitude dos mesmos locais de cada MDT, a fim de gerar as estatísticas descritivas e os gráficos, de caixa e de linhas.

Figura 6 - Malha com 700 pontos, gerada para extrair as informações de altitude nos mesmos locais de cada MDT



Com a localização geográfica dos 700 pontos e os valores de altitude extraídos dos MDT foram elaboradas as estatísticas descritivas dos dados (Tabela 1). Por meio dos valores mínimo e máximo de altitude, pode-se observar que o intervalo que mais varia dos demais é o do MDT das imagens do veículo aéreo tripulado, apresentando uma variação de 46m enquanto os demais apresentam intervalos de altitude de 20 a 21m.

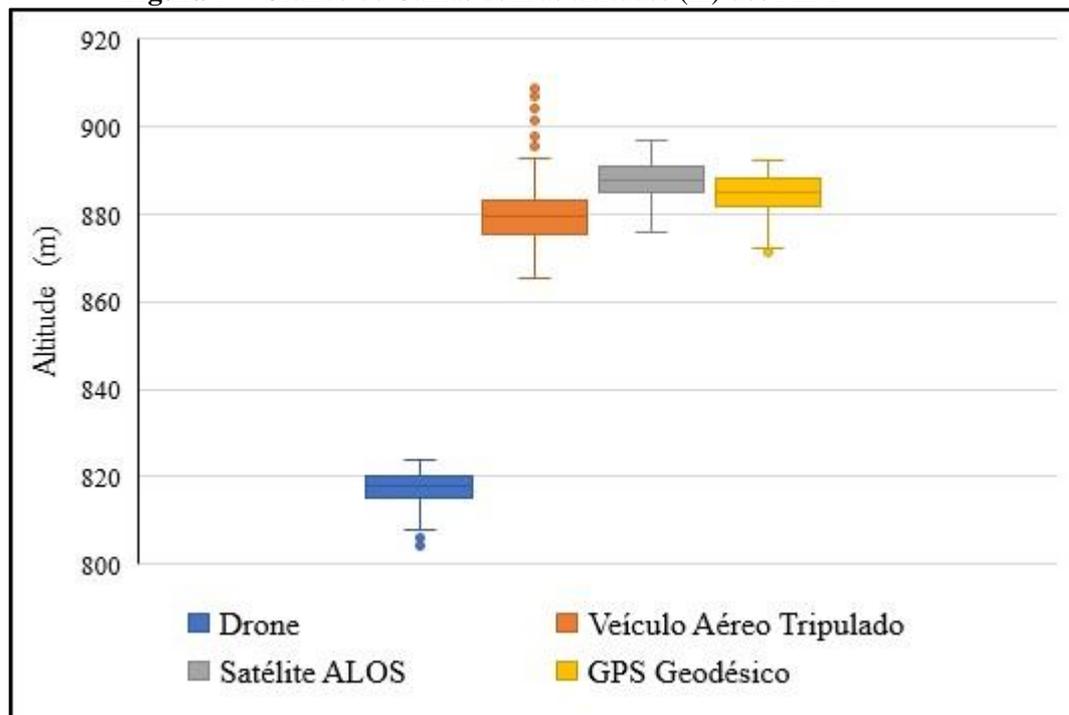
Tabela 1 - Estatística descritiva das altitudes referentes aos MDT

Altitude (m) Modelos Digitais de Terreno				
Parâmetros Estatísticos	Drone	Veículo	Satélite	GPS
		Aéreo Tripulado	ALOS	Geodésico
Média	817,26	879,24	887,97	884,66
Desvio Padrão	4,037	5,684	4,487	4,666
Mínimo	804	863	876	871
Máximo	824	909	897	892
CV (%)	0,49	0,64	0,50	0,52
Curtose	0,481	1,963	0,416	0,333
Assimetria	0,891	0,422	0,217	0,504
N	700	700	700	700

Em que: $CV (\%) = (\text{Desvio Padrão}/\text{Média}) \cdot 100$

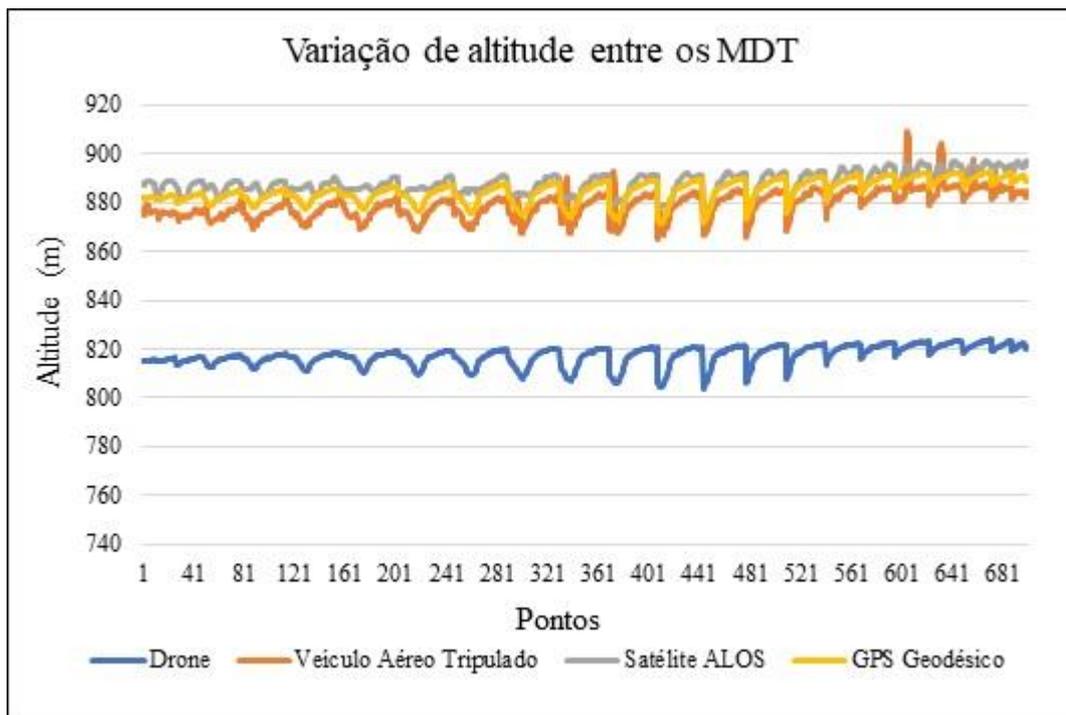
Os MDT apresentam valores de curtose e assimetria que se encaixam no intervalo de 0 a 3, o que segundo Carvalho; Silveira; Vieira (2002) para esses valores teóricos os conjuntos de dados são considerados normais. Na Figura 7, o gráfico de caixa mostra que os intervalos de altitude dos MDT, gerados pelas quatro diferentes fontes de dados, variam entre si, sendo os que mais se aproximam são os do satélite ALOS, veículo aéreo tripulado e o do GPS Geodésico.

Figura 7 -. Gráfico de Caixas com as altitudes (m) dos MDT



*Pontos acima e abaixo dos gráficos de caixa são considerados outliers

Para detalhar as variações de altitude ao longo de cada ponto extraído, com base na localização geográfica idêntica em cada MDT, gerou-se um gráfico de linhas que pode ser observado na Figura 8. Vale destacar novamente a variação de altitude, do MDT gerado pelo processamento das imagens capturadas pelo veículo aéreo tripulado, que mais varia das demais, na região dos pontos que vão de 601 a 641. Pontos estes que são considerados outliers, pois são valores atípicos que fogem da normalidade, conforme se observa na Figura 7.

Figura 8 - Gráfico de linhas representando as variações de altitudes dos MDT

Por meio desse gráfico, pode-se observar, analisando as linhas de variação de altitude de cada MDT, que todas as altitudes, mesmo sendo diferentes, se acompanham, ou seja, valores de altitudes mais altos são maiores em todos os MDT enquanto que os mais baixos também são menores entre eles. Essa maior variação que se deu para com os dados obtidos com voo aéreo realizado com o drone pode estar relacionada com o fato de o voo ter sido feito sem pontos de controle no solo, já que foi realizado com o intuito de avaliar o produto gerado tão somente pela aquisição das imagens.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, em relação aos Modelos Digitais de Terreno, foram encontrados dados que indicam que há variação entre os intervalos de altitude em metros, das quatro fontes, os quais foram gerados a partir das imagens capturadas com drone; por imagens capturadas com veículo aéreo tripulado; com base em imagem de satélite; e com base nos pontos de altitudes obtidos com GPS Geodésico. No entanto, apesar das diferenças de variações entre os valores de altitude dos MDT, verificou-se que as variações em relação ao relevo do terreno se acompanham ao longo da área de estudo, e este comportamento pode estar relacionado ao fato de que o voo aéreo realizado com o drone foi realizado sem utilizar pontos de controle no solo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Embrapa (Projetos Rede Pecus, Rede AP e Carne Carbono Neutro), à Fapesp (Processos 15/26627-5, 16/02959-1, 19/04528-6) pelo suporte financeiro necessário à condução dos trabalhos experimentais. Esta pesquisa foi desenvolvida no âmbito do Projeto Rural Sustentável - Cerrado, fruto da parceria entre o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), o Governo do Reino Unido, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento e Sustentabilidade (IABS) e a Rede ILPF e Embrapa.

REFERÊNCIAS

- AKTURK, E.; ALTUNEL, A. O. Accuracy assessment of a low-cost UAV derived digital elevation model (DEM) in a highly broken and vegetated terrain. **Measurement**, v. 136, p. 382-386, 2019.
- BENEDITTI, C. A. **Imagens multitemporais ALOS/PALSAR baseada em orientação a objeto na discriminação da cobertura da terra**. Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas - FCT/UNESP. Presidente Prudente – SP, 2010.
- BERNARDI, A. C. C.; BETTIOL, G. M.; MAZZUCO, G. G.; ESTEVES, S. N.; OLIVEIRA, P. P. A.; PEZZOPANE, J. R. M. Spatial variability of soil fertility in an integrated crop livestock forest system. **Advances in Animal Biosciences**, v. 8, n. 2, p. 590-593, 2017.
- CARVALHO, J. R. P.; SILVEIRA, P. M.; VIEIRA, S. R. Geoestatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 08, p. 1151-1159, 2002.
- CAWOOD, A. J.; BOND, C. E.; HOWELL, J. A.; BUTLER, R. W.; TOTAKE, Y. LiDAR, UAV or compass-clinometer? Accuracy, coverage, and the effects on structural models. **Journal of Structural Geology**, v. 98, p. 67-82, 2017.
- GARCÍA-ALÉN, G.; GONZÁLEZ-CAO, J.; FERNÁNDEZ-NÓVOA, D.; GÓMEZ-GESTEIRA, M.; CEA, L.; PUERTAS, J. Analysis of two sources of variability of basin outflow hydrographs computed with the 2d shallow water model iber: digital terrain model and unstructured mesh size. **Journal of Hydrology**, p. 128182, 2022.
- HUNG, M. N. W. B.; SAMPAIO, T. V. M.; SCHULTZ, G. B.; SIEFERT, C. A. C.; LANGE, D. R.; MARANGON, F. H. S.; SANTOS, I. Levantamento com Veículo Aéreo Não Tripulado para Geração de Modelo Digital do Terreno em Bacia Experimental com Vegetação Florestal Esparsa. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, 43, p. 215-231, 2018.
- LAURENTTI, N.; BUENO, O. A.; PEZZOPANE, J.; GARCIA, A.; BERNARDI, A. D. C. Termografia de superfície por sensoriamento remoto em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta. In: **Embrapa Pecuária Sudeste - Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA, 4., 2019, São Carlos, SP. Anais... São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação, 2019., 2019.

- LI, J.; HEAP, A. D. A review of comparative studies of spatial interpolation methods in environmental sciences: Performance and impact factors. **Ecological Informatics**, v. 6, n. 3-4, p. 228-241, 2011.
- LIMA, C.; LAURENTI, N.; NICODEMO, M.; PEZZOPANE, J.; GARCIA, A.; BERNARDI, A. D. C. Comparação de temperaturas de superfície de sistema de integração lavoura, pecuária e floresta (ILPF), pastagem e mata nativa por meio de imagens. In: **Embrapa Pecuária Sudeste- Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA, 4., 2019, São Carlos, SP. **Anais**. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação, 2019., 2019.
- MACÊDO, R. J. A.; SURYA, L. Comparação entre modelos digitais de elevação dos sensores SRTM e ALOS PALSAR para análise digital de terreno. **Revista Contexto Geográfico**, v. 3, n. 6, p. 47-55, 2018.
- MARSH, C. B.; SPITERI, R. J.; POMEROY, J. W.; WHEATER, H. S. Multi-objective unstructured triangular mesh generation for use in hydrological and land surface models. **Computers & Geosciences**, v. 119, p. 49-67, 2018.
- MICHELETTI, N.; CHANDLER, J. H.; LANE, S. N. Investigating the geomorphological potential of freely available and accessible structure-from motion photogrammetry using a smartphone. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 40, n. 4, p. 473-486, 2015.
- MIRANDA, G. H. B.; MEDEIROS, N. G.; SANTOS, A. P.; SANTOS, G. R. Análise de Qualidade de Amostragem e Interpolação na Geração de MDE. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 70, n. 1, p. 226-257, 2018.
- PEZZOPANE, J. R. M.; BOSI, C.; BERNARDI, A. C. C.; MULLER, M. D.; OLIVEIRA, P. P. A. Managing eucalyptus trees in agroforestry systems: Productivity parameters and PAR transmittance. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 312, p. 107350, 2021.
- PEZZOPANE, J. R. M., BERNARDI, A. C. C. BOSI, C. OLIVEIRA, P.P.A. MARCONATO, M.H. PEDROSO, A.F. ESTEVES, S.N. Forage productivity and nutritive value during pasture renovation in integrated systems. **Agroforestry System**, v.93, p.39-49, 2019.
- PEZZOPANE, J. R. M., BONANI, W., BOSI, C., ROCHA, E.F. BERNARDI, A.C.C. OLIVEIRA, P.P.A. PEDROSO, A.F. Reducing competition in a crop-livestock-forest integrated system by thinning eucalyptus trees. **Experimental Agriculture**, v.56, p. 574-586, 2020.
- SENA, N. C.; VELOSO, G. V.; FERNANDES-FILHO, E. I.; FRANCELINO, M. R.; SCHAEFER, C. E. G. Analysis of terrain attributes in different spatial resolutions for digital soil mapping application in southeastern Brazil. **Geoderma Regional**, v. 21, p. e00268, 2020.
- UYSAL, M.; TOPRAK, A. S.; POLAT, N. DEM generation with UAV Photogrammetry and accuracy analysis in Sahitler hill. **Measurement**, v. 73, p. 539-543, 2015.
- VITTI, D. M. C. **Exatidão posicional de produtos cartográficos digitais com RPAS (Remotely Piloted Aerial System) para mapeamento da área seca de reservatório**. 2017. 202 p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental). Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.

Aprovado em: 2022

Publicado em: 2022