

XX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
IX Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
IX Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
VI Conferência Sul Americana de Engenheiros Geotécnicos Jovens
XI Congresso Luso Brasileiro de Geotecnia
23 a 26 de Agosto de 2022 – Campinas – SP



COBRAMSEG 2022
23 A 26 DE AGOSTO | CAMPINAS | SP | BRASIL
COBRAMSEG | SBMR | GEOJOVEM | CLBG

Análise da Geomorfologia de Processo Erosivo com Base em Imagens Aéreas Obtidas Através de RPAs

Raíssa Rodrigues

Universidade Estadual Paulista, Bauru, Brasil, raissa.rodrigues@unesp.br

Anna Silvia Palcheco Peixoto

Universidade Estadual Paulista, Bauru, Brasil, anna.peixoto@unesp.br

RESUMO: Este trabalho estudou um processo erosivo laminar, em um sítio da cidade de Pratânia-SP, para o desenvolvimento de uma metodologia de avaliação de áreas suscetíveis a esse tipo de fenômeno. Com o auxílio de RPAs, comumente chamados de Drones, foi realizada uma comparação entre os métodos de planejamento de voo (normal e cruzado) e a influência da utilização ou não de pontos de apoio georreferenciados no processamento das imagens capturadas, e obtenção dos Modelos Digitais do Terreno (MDT). Além disso, foi realizado um levantamento topográfico tradicional através de uma Estação Total Leica, e seu Modelo Digital do Terreno foi obtido através do software Autocad Civil 3D. As comparações dos modelos através do erro relativo indicaram um percentual de diferença entre eles muito baixo, o que mostra que os três modelos estão bem georreferenciados e garantem boa precisão no levantamento, e a não utilização de pontos de apoio não influencia negativamente os produtos gerados.

PALAVRAS-CHAVE: Erosão, Drone, RPAs, Aerofotogrametria.

ABSTRACT: This paper studied a laminar erosive process in a farm of the Pratânia (SP) City, in order to develop a methodology for evaluating susceptible areas to this type of phenomenon. With the aid of RPAs, commonly called Drones, a comparison was made between the flight planning methods (normal and crossed) and the influence of the use, or not, of georeferenced support points in the processing of captured images, and obtaining the Digital Models of Terrain (DMT). In addition, a traditional topographic survey was carried out using a Leica Total Station, and its Digital Terrain Model was obtained using Autocad Civil 3D software. Model comparisons through relative error indicated a very low percentage difference between them, which shows that the three models are well georeferenced and ensure good accuracy in the survey, and the non-use of support points does not negatively influence the generated products.

KEYWORDS: Erosion, Drone, RPAs, Aerophotogrammetry.

1 Introdução

O solo é de extrema importância ao desenvolvimento de diversas atividades humanas que são necessárias à sua sobrevivência e bem-estar, como a realização de plantações, a construção de edificações, a extração de matérias-primas etc. Porém o uso sem consciência do solo pode levar à sua degradação, sendo este um dos grandes problemas ambientais atualmente no planeta. (OLIVEIRA; SANTOS; ARAÚJO, 2017).

Com a degradação constante do solo, este acaba ficando sem a sua cobertura vegetal original e de suas camadas superficiais que antes forneciam proteção aos agentes externos. Desse modo, o terreno torna-se vulnerável à ação das chuvas e do escoamento superficial das águas pluviais, ocasionando a instalação dos fenômenos da erosão acelerada (SANTORO, 2009) em especial o surgimento de ravinas e voçorocas. (MENDES, 2014).

Nesse sentido, mostrasse importante o estudo de áreas suscetíveis a este fenômeno e o monitoramento do desenvolvimento dessas feições erosivas como forma de prevenir maiores problemas causados pelas erosões, e o emprego de tecnologias que facilitem esse trabalho tornando-o mais rápido, acessível e confiável são grandes aliados desses estudos.



O emprego de Drones, segundo Garritano e Guerra (2019), nos estudos sobre a erosão dos solos dentro das pesquisas geomorfológicas para aquisições de imagens aéreas ainda é pequeno. Sendo assim, o objetivo deste trabalho, é realizar o estudo de um processo erosivo para o desenvolvimento de uma metodologia para avaliação de áreas suscetíveis a erosões, utilizando como ferramenta para a aquisição de dados terrestres, uma RPAs, popularmente chamado por Drone. Utilizando dois métodos de planejamentos de voo (normal e cruzado), empregando os princípios da aerofotogrametria, será obtida uma modelagem digital do terreno (MDT), que será confrontada com um MDT obtido através levantamento planialtimétrico tradicional, para a análise da qualidade dos resultados obtidos através dos dois métodos.

2 Metodologia

2.1 Escolha do Local

A feição erosiva em estudo está localizada na área rural de Pratânia, cidade do interior de São Paulo no sítio São José (22°50'04,05" S; 48°42'01,99" W), e foi escolhida por se tratar de uma erosão laminar em desenvolvimento e que se agravou após fortes chuvas atingirem a região em janeiro de 2021. O local foi estudado primeiramente no software *Google Earth*® (Figura 1) para a observação da grandeza da feição erosiva e também para a definição de parâmetros importantes para a realização do planejamento de voo com o drone, como o tamanho da área a ser sobrevoada e a verificação de possíveis obstáculos que poderiam interferir no voo, como por exemplo, grandes árvores, linhas de transmissão de energia, e também a verificação de que não havia aeródromos próximos ao local de estudo.



Figura 1. Feição erosiva observada através do software Google Earth.
 Fonte: Adaptado do Google Earth (2021).

2.2 Plano de Voo

O planejamento de voo foi realizado pelo aplicativo para celular Pix4DCapture. No aplicativo foram planejados dois tipos de voo: cruzado (Figura 2), onde as linhas de voo são perpendiculares entre si, e normal (Figura 3), onde as linhas de voo são paralelas entre si. A altura de voo foi estabelecida em 40 metros seguindo as recomendações de voo estabelecidas pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) e pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (DECEA), e as informações obtidas através da observação da feição pelo software Google Earth.

A partir da altura estabelecida, tem-se o valor do GSD, que é a representação de uma porção do terreno em um pixel da imagem, sendo de 1,42 cm/px para o voo cruzado e 1,32 cm/px para o voo normal. Os recobrimentos longitudinal e lateral foram estabelecidos em 80% e 72% respectivamente, a fim de se evitar falhas no mosaico gerados pelas fotos após processadas.



Figura 2. Linhas de voo para o voo cruzado.



Figura 3. Linhas de voo para o voo normal.

2.3 Pontos de Apoio

Para os pontos de apoio georreferenciados, foram confeccionados seis alvos artificiais quadrados de 25x25cm (Figura 4), que foram dispostos pelo terreno nas áreas mais acidentadas e presos com piquete para garantir que sua posição não se altere durante todo o voo. Além dos alvos artificiais, foram utilizados quatro alvos naturais presentes no terreno, sendo eles: os cantos das cercas de uma edificação presente no local, e postes de energia elétrica. A locação dos dez pontos de apoio no local de estudo está mostrada na Figura 5.

Os pontos 01, 04, 06, 07, 08, foram utilizados como pontos de controle, que irão ajudar a georreferenciar o modelo, e os pontos 02, 03, 05, 09 e 10 de verificação, que irão ajudar na acurácia do modelo.



Figura 4. Ponto de Apoio fixado em campo.

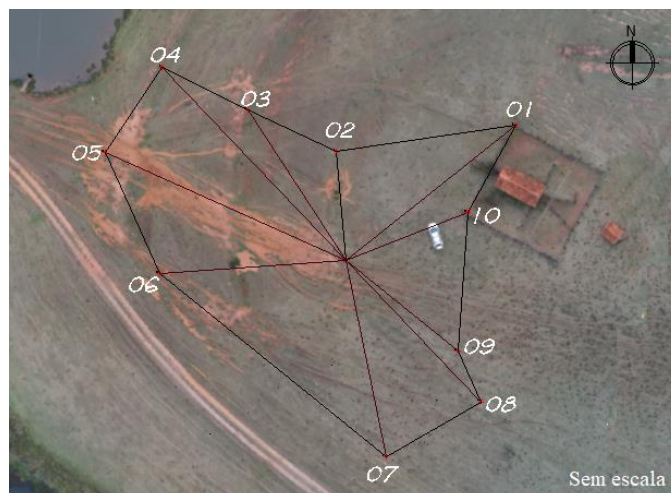


Figura 5. Localização dos pontos de apoio no local de estudo.

2.4 Levantamento Planialtimétrico

As coordenadas dos pontos de apoio foram coletadas através do levantamento planialtimétrico tradicional, utilizando uma estação total Leica. As informações foram descarregadas no software TopoEVN, e as coordenadas de seus vértices obtidas.

A partir de uma coordenada previamente obtida no software google Earth (Ponto 10: $-22,834549^\circ$ - $48,700172^\circ$), utilizando o princípio do transporte de coordenadas, o levantamento planialtimétrico, foi transportado para sua localização correta.

Para a inserção dos dados no software de processamento digital das imagens obtidas pelo Drone, Pix4DMapper, as coordenadas no formato graus decimais foram transformados para coordenadas UTM. Para o modelo digital do terreno do levantamento planialtimétrico, foi utilizado o software Civil 3D.

3 Resultados

Foram obtidas 131 imagens para o voo cruzado, e 65 imagens para o voo normal. As imagens foram inseridas no software de processamento de imagens Pix4dMapper, e processadas primeiramente sem os pontos de apoio, e após, com pontos de apoio para os dois tipos de voo. Os seguintes resultados foram obtidos:

3.1 Coordenadas

As coordenadas obtidas no levantamento planialtimétrico tradicional (Tabela 1), e para os voos normal e cruzado, com e sem pontos de apoio (Tabelas 2 e 3), estão mostrados a seguir.

Tabela 1. Coordenadas obtidas com o levantamento planialtimétrico tradicional.

Levantamento Planialtimétrico Tradicional			
Ponto	X (m)	Y (m)	Z (m)
01	736031,00	7472965,02	717,04
02	735995,70	7472959,85	716,17
03	735978,21	7472967,94	713,95
04	735961,32	7472976,39	711,60
05	735950,06	7472959,57	710,96
06	735960,85	7472935,73	711,72
07	736005,44	7472899,58	712,84
08	736024,20	7472910,48	715,47
09	736019,72	7472920,51	716,34
10	736021,60	7472947,77	717,13



Tabela 2. Coordenadas obtidas para o Voo Cruzado e Normal sem pontos de Apoio

Voo Cruzado sem Pontos de Apoio				Voo Normal sem Pontos de Apoio			
Ponto	X (m)	Y (m)	Z (m)	Ponto	X (m)	Y (m)	Z (m)
01	736037,26	7472971,12	714,40	01	736036,67	7472971,00	716,60
02	736002,00	7472977,93	713,25	02	736002,35	7472978,54	715,52
03	735988,13	7472991,42	710,97	03	735988,60	7472991,00	713,42
04	735961,33	7472976,41	711,56	04	735975,83	7473005,72	711,26
05	735958,60	7472993,24	708,53	05	735959,48	7472993,00	710,49
06	735960,70	7472966,94	708,61	06	735961,42	7472967,68	710,59
07	735990,17	7472917,29	709,78	07	735990,49	7472918,45	711,16
08	736011,69	7472921,00	712,57	08	736011,86	7472922,05	713,98
09	736011,12	7472932,00	713,60	09	736011,31	7472932,00	715,98
10	736022,19	7472957,00	714,72	10	736022,33	7472957,55	716,25

Tabela 3. Coordenadas obtidas para o Voo Cruzado e Normal com pontos de apoio

Voo Cruzado com Pontos de Apoio				Voo Normal com Pontos de Apoio			
Ponto	X (m)	Y (m)	Z (m)	Ponto	X (m)	Y (m)	Z (m)
01	736031,16	7472964,84	717,53	01	736031,19	7472964,97	716,99
02	735995,70	7472960,11	715,52	02	735995,73	7472960,12	715,67
03	735978,21	7472967,92	713,52	03	735978,24	7472967,92	713,61
04	735961,34	7472976,43	711,59	04	735961,32	7472976,41	711,58
05	735949,95	7472959,33	711,35	05	735949,84	7472959,66	710,67
06	735960,92	7472935,74	711,70	06	735960,89	7472935,70	711,71
07	736005,37	7472899,54	712,89	07	736005,36	7472899,55	712,89
08	736024,18	7472910,44	715,39	08	736024,16	7472910,52	715,51
09	736019,75	7472920,36	717,09	09	736019,72	7472920,48	716,08
10	736021,90	7472947,55	718,51	10	736021,73	7472947,66	716,84

3.3 Modelos Digitais do Terreno Obtidos

Com o processamento das imagens para os dois tipos de voo, com e sem pontos de apoio, obteve-se os modelos digitais do terreno mostrados nas figuras 6 e 7. Com o auxílio do software Autocad Civil 3D, obteve-se o modelo digital de terreno para o levantamento planialtimétrico tradicional. (Figura 8).

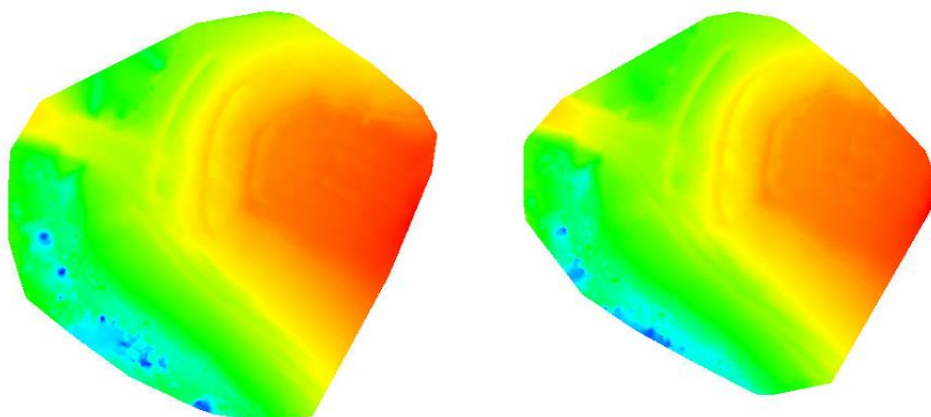


Figura 6. Modelo Digital do Terreno para Voo Cruzado e Voo Normal com Pontos de Apoio.

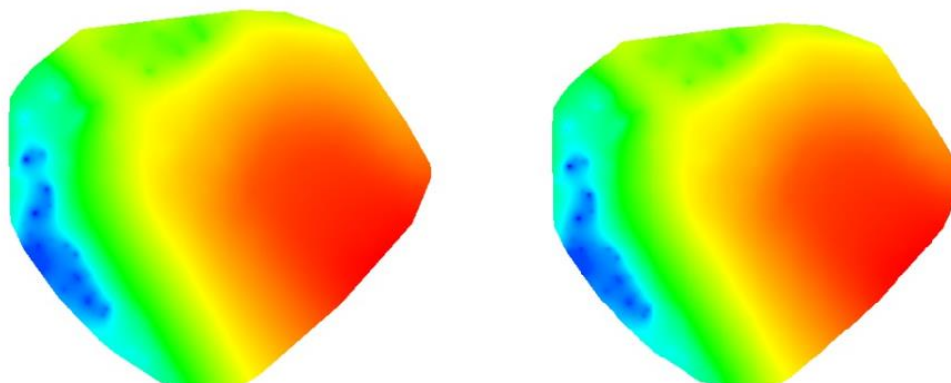


Figura 7. Modelo Digital do Terreno para Voo Cruzado e Voo Normal sem Pontos de Apoio.

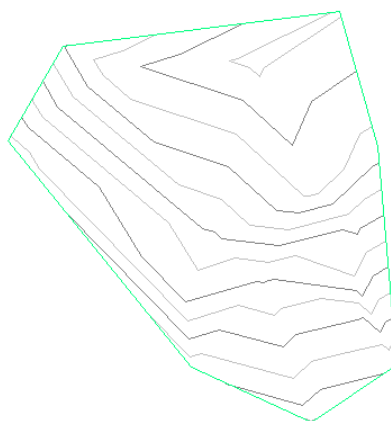


Figura 8. Modelo Digital do Terreno para o Levantamento Topográfico Tradicional.

Com os resultados das coordenadas obtidos pelas Tabelas, 1, 2 e 3, foi possível calcular o erro relativo entre os modelos através da fórmula abaixo:

$$E_r(\%) = 100 * \frac{(CoordPix4D - CoordLevantamento)}{CoordLevantamento} \quad (1)$$

Os resultados obtidos estão dispostos nas Tabelas 4, 5, 6 e 7 a seguir:

Tabela 4. Erro relativo entre voo normal com pontos de apoio e levantamento planialtimétrico.

Erro relativo entre coordenadas (%)			
Ponto	E_x (%)	E_y (%)	E_z (%)
01	2,57965E-05	5,28224E-07	0,0073914
02	2,87381E-06	3,65438E-06	0,0700946
03	2,92714E-06	4,96536E-07	0,0473420
04	2,93617E-07	3,51962E-07	0,0028105
05	2,92006E-05	1,18624E-06	0,0409304
06	5,61947E-06	4,23167E-07	0,0019670
07	9,65114E-06	3,39145E-07	0,0070141
08	4,74739E-06	6,57548E-07	0,0057304
09	1,50552E-07	3,67875E-07	0,0369932
10	1,71763E-05	1,29875E-06	0,0391839



Tabela 5. Erro relativo entre voo cruzado com pontos de apoio e levantamento planialtimétrico.

Erro relativo entre coordenadas (%)			
Ponto	E_x (%)	E_y (%)	E_z (%)
01	2,15847E-05	2,29459E-06	0,0686150
02	5,22953E-07	3,4938E-06	0,0913185
03	7,37916E-08	1,75379E-07	0,0596677
04	1,88041E-06	5,92829E-07	0,0007026
05	1,39822E-05	3,26983E-06	0,0555584
06	9,42402E-06	1,25479E-07	0,0023885
07	9,51527E-06	5,39871E-07	0,0075753
08	2,57354E-06	4,12985E-07	0,0122994
09	3,27547E-06	2,0272E-06	0,1042792
10	4,04093E-05	2,81087E-06	0,1910392

Tabela 6. Erro relativo entre voo normal sem pontos de apoio e levantamento planialtimétrico.

Erro relativo entre coordenadas (%)			
Ponto	E_x (%)	E_y (%)	E_z (%)
01	0,000769923	8,0069E-05	0,0619208
02	0,000902336	0,000250076	0,0913185
03	0,001410577	0,000308618	0,0746547
04	0,001970734	0,000392512	0,0482010
05	0,001279856	0,000447288	0,0665294
06	7,68189E-05	0,000427508	0,1596119
07	0,002031239	0,000252508	0,2359569
08	0,001676975	0,000154841	0,2093705
09	0,001143705	0,000153708	0,0510926
10	9,80163E-05	0,000130925	0,1227113

Tabela 7. Erro relativo entre voo cruzado sem pontos de apoio e levantamento planialtimétrico.

Erro relativo entre coordenadas (%)			
Ponto	E_x (%)	E_y (%)	E_z (%)
01	0,0008500	8,16748E-05	0,3687360
02	0,000854	0,0002419	0,4082806
03	0,0013467	0,0003142	0,4178146
04	0,0019707	0,0003925	0,0482010
05	0,0011602	0,0004505	0,3422119
06	2,10124E-05	0,0004176	0,4378089
07	0,0020747	0,0002369	0,4295482
08	0,0017000	0,0001407	0,4064415
09	0,0011695	0,0001537	0,3833343
10	7,89951E-05	0,0001235	0,3360618

4 Conclusões

Os erros relativos das coordenadas obtidos com a comparação da modelagem do levantamento aéreo com a modelagem, do levantamento tradicional, foram de uma ordem de grandeza muito pequena, indicando que os dois processos de obtenção de dados terrestres são confiáveis e retornam resultados parecidos. É possível observar que o MDT obtido com a utilização de pontos de apoio apresenta maior nitidez nas mudanças de altitude (mudança de cor) o que indica que as curvas de nível para estes modelos serão mais bem detalhadas, do que os MDTs sem pontos de controle, sendo a altitude um dado importante para o estudo da feição, pois através dela é possível a mensuração da perda de solo pelo cálculo do volume de solo perdido no local. Porém,

XX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
 IX Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
 IX Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
 VI Conferência Sul Americana de Engenheiros Geotécnicos Jovens
 XI Congresso Luso Brasileiro de Geotecnia
 23 a 26 de Agosto de 2022 – Campinas – SP



COBRAMSEG 2022
 23 A 26 DE AGOSTO | CAMPINAS | SP | BRASIL
 COBRAMSEG | SBMR | GEOJOVEM | CLBG

a não utilização de pontos de apoio não influencia negativamente os produtos gerados. Portanto, mesmo os valores do erro relativo terem sido tão pequenos, o levantamento com Drone tem a vantagem de ser realizado com mais facilidade e em menos tempo, além de que os produtos obtidos no processamento são mais detalhados visualmente.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a bolsa PIBIC-Reitoria que deu suporte à realização deste artigo por meio do projeto de iniciação científica intitulado “Análise da Geomorfologia de Processo Erosivo em São Manuel com Base em Imagens Aéreas Obtidas Através de Drone”

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Garritano, F. D. N.; Guerra, A. J. T. (2019) *Uso de Veículo aéreo não tripulado na caracterização de uma voçoroca localizada em Rio Claro - RJ*. XVIII SGBFA Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, Fortaleza-CE
- Mendes, P.P.M. (2014) Processo Erosivo em Área Urbana: Condomínio Privê, Cidade Satélite Ceilândia-DF *VII Congresso Brasileiro de Geógrafos*, Vitória-ES, 10 a 16 Agosto 2014. 12.
- Oliveira, F., Santos, R.E.S.D., Araújo, D.C.D.R. (2018) Processos Erosivos: Dinâmica, Agentes Causadores e Fatores Condicionantes. *Revista Brasileira de Iniciação Científica (RBIC)*, Itapetininga, p.60-83.
- Santoro, J. (2009) *Desastres Naturais conhecer para prevenir*, 1ª ed., Imprensa Oficial do Estado De São Paulo, São Paulo, SP, BRA, 197 p.