



CONSTRUÇÃO DE UM MODELO DIGITAL DE SUPERFÍCIE DE UMA VOÇOROCA A PARTIR DO USO DE DRONE

Arthur da Fontoura Tschiedel¹; Benício Emanuel Omena Monte²; Matheus Sampaio Medeiros³;
Luciana da Silva Mieres⁴; Fernando Mainardi Fan⁵

ABSTRACT – In this research we built a detailed Digital Surface Model (DSM) of one of the biggest gully erosion founded in Rio Grande do Sul, located in the South of Brazil. The model was built using a DJI Phantom II UAV with a Go-Pro Hero 3+ on board. In order to estimate the coordinates of the groundpoints control (settled down with big white paperboards) we've used a cellphone GPS to get the latitude and longitude and pieces of wooden fence to get the approximate difference in z axis between the groundpoints. It was taken and processed something about 1.089 pictures in the software Photoscan. As results, we reveal that our unusual practices of field data management, which have used a very poor input data to build a very good Digital Surface Model, can be used to estimate environmental and important parameters in gully erosion studies when there are no available topography data to be used.

Palavras-Chave: – Veículos Aéreos Não Tripulados; Modelo Digital de Superfície; Voçoroca

1 - INTRODUÇÃO

A topografia de um terreno é resultado de diversas forças atuantes durante muito tempo, modelando as paisagens do presente (Julien, 1998), podendo ser destacada, entre outros, a perda de solos devido aos processos de erosão, transporte e deposição de partículas. Desse modo, dentre as diversas áreas cujo conhecimento está subsidiado na hidrologia, é aqui destacada a hidrossedimentologia, que segundo Zanandrea *et al.*, 2017, se resume como uma ciência que busca a compreensão dos processos existentes entre a hidrologia e a sedimentologia em escalas temporais e espaciais.

O transporte de partículas sólidas a partir do carreamento pela velocidade das águas pressupõe, inicialmente, o desprendimento das mesmas do solo, processo esse que é chamado de Erosão (Amorin *et al.*, 2001). O processo de erosão pode ser classificado quanto ao mecanismo de ocorrência, destacando-se no âmbito dessa pesquisa a erosão por ravinas e voçorocas. Ainda podem ser observados processos de erosão laminar, erosão entressulcos, erosão em sulcos, erosão por processos de movimento de massa, erosão interna do solo ou erosão de canal.

¹ UFRGS; Avenida Bento Gonçalves, 9500. Bairro Agronomia, Porto Alegre; arthurtidel@hotmail.com

² UFRGS; Avenida Bento Gonçalves, 9500. Bairro Agronomia, Porto Alegre; benicio_monte@hotmail.com

³ UFRGS; Avenida Bento Gonçalves, 9500. Bairro Agronomia, Porto Alegre; matheussampaiomedeiros@gmail.com

⁴ SPGG; Av. Borges de Medeiros, 1501 - Centro, Porto Alegre – RS; luciana.mgeo@gmail.com

⁵ UFRGS; Avenida Bento Gonçalves, 9500. Bairro Agronomia, Porto Alegre; fernando.fan@bol.com.br



A erosão está muito atrelada ao uso do solo da bacia, e pode ser observado que sua intensificação pode gerar voçorocas e ravinas, que na prática é produto da ação integrada de dois processos diferentes: o efeito mecânico do impacto dos pingos de chuva e o escoamento laminar superficial (Stevaux; Latrubesse, 2017). Ainda, destaca-se que os principais indutores na formação de voçorocas são o intenso desmatamento, falta de práticas conservacionistas do uso do solo, pisoteio de gado, susceptibilidade dos solos tropicais, manto de intemperismo tropical, irregularidades topográficas e até mesmo obstáculos naturais. Dessa forma, o monitoramento destes processos é importante para que procedimentos de recuperação da área sejam estudados e implantados, destacando-se, por exemplo, o método do estaqueamento, no qual se mede o avanço das bordas da voçoroca a partir da variação da distância entre a borda e pinos espacialmente alocados ao longo da área monitorada (Guerra, 1996).

Considerando as técnicas de monitoramento baseadas em levantamentos topográficos, ressalta-se que o atual grau de tecnologia existente nos permite utilizar produtos de diversas resoluções espaciais e também das mais variadas formas de obtenção, que estão atreladas um custo financeiro. De modo geral, podem ser destacadas quatro formas de obtenção de dados topográficos: (i) Levantamento no local; (ii) Uso de LiDAR (*Light Detection And Ranging*); (iii) Uso de Aerofotogrametria e; (iv) Uso de Satélites.

Técnicas de aerofotogrametria podem ser empregadas para obtenção de dados topográficos a partir de imagens aéreas, as quais são possíveis de ser obtidas através das mais diversas plataformas. Tradicionalmente, são utilizados aviões, nos quais são embarcadas câmeras fotográficas devidamente calibradas e assim, adquirem-se as fotografias aéreas. (Jensen, 2009). Entretanto, com o advento dos Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), no começo dos anos 2000, estes equipamentos passaram a ser utilizados como plataformas para embarcar câmeras fotográficas e assim obter produtos aerofotogramétricos. Com isso, este seguimento de mercado desenvolveu-se progressivamente, criando um cenário favorável ao surgimento de equipamentos com menor custo, incrementando tanto as opções de grande porte, quanto as de pequeno, destacando-se, com relação a este último, que sua expansão pôde ser observada principalmente a partir de 2010.

Por fim, a utilização do algoritmo SIFT - *Scale Invariant Feature Transform* - que identifica mesmas feições para diferentes ângulos de visada de fotografias aéreas (Lowe, 2004) - neste segmento, permitiu que produtos aerofotogramétricos fossem passíveis de geração a partir da conexão entre VANTs de pequeno porte e câmeras fotográficas compactas, conhecidas como *Action Cams*. Desde então, o processamento de produtos aerofotogramétricos (e consequente geração de Modelos Digitais de Elevação - MDE) não está necessariamente relacionado a grandes empresas do mercado.



Neste sentido, pode-se citar Reberte et al. (2016), que utilizaram um VANT (marca DJI) com uma câmera (marca Go-Pro) embarcada para obter fotografias aéreas de determinada área. Os referidos autores processaram as fotografias no *software Agisoft Photoscan*, e demonstraram ser possível obter produtos aerofotogramétricos de qualidade a partir da utilização de câmeras da linha Go-Pro. Testes similares foram realizados por Bolognesi et al. (2015) que provaram a possibilidade de, a partir desta tecnologia, obter erros médios inferiores a 2cm na determinação da topografia de um terreno.

Neste estudo, por outro lado, apresentamos um método não usual para monitoramento de voçorocas que se resume no uso de uma câmera Go Pro Hero 3+, acoplada em um VANT modelo Phantom II (DJI). Para a calibração a partir de pontos de controle utilizou-se o GPS do celular e, para demarcação dos pontos, colocou-se pequenos pedaços de madeira encontrados na área de estudo.

2 - ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo se encontra na região metropolitana de Porto Alegre, próxima à Rodovia RS-040, no distrito de Águas Claras, município de Viamão – Rio Grande do Sul, onde está localizado o Parque de preservação: Refúgio de Vida Silvestre Banhado dos Pachecos, com área aproximada de 23.543,46 hectares, inserido na Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande. A Figura 1 ilustra a localização da área de estudo.

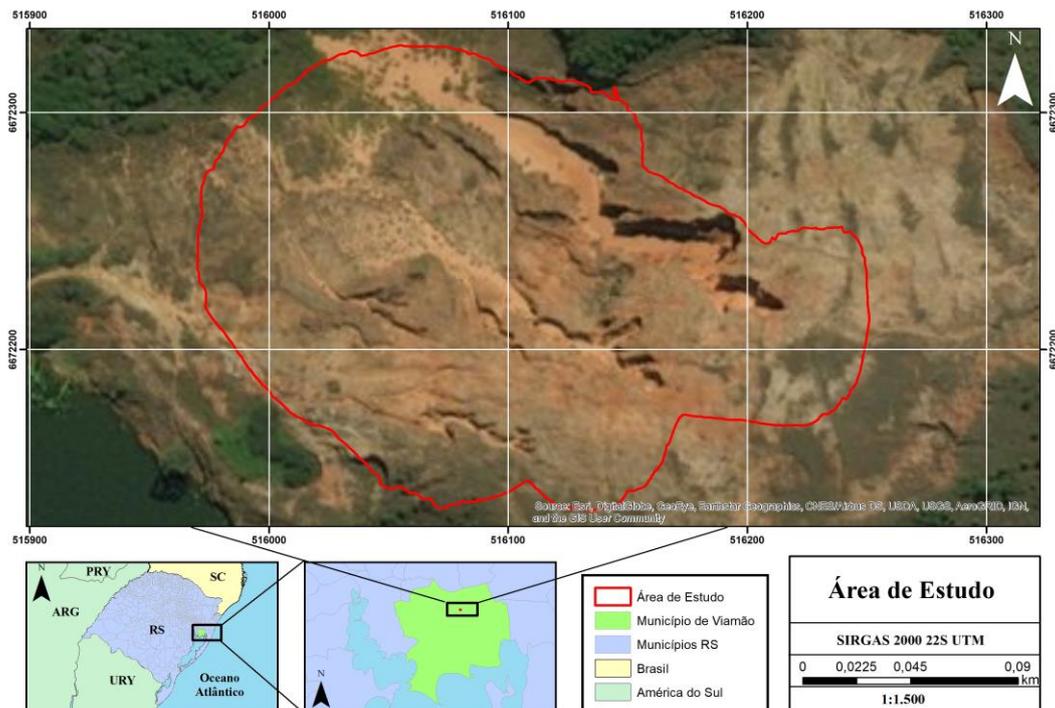


Figura 1 – Local de Estudo



O Refúgio de Vida Silvestre apresenta um ecossistema de banhado e a principal característica é servir de abrigo para aves migratórias. O objetivo maior é manter a biodiversidade protegida da ação antrópica e, por isso, não é aberto à visita, sendo permitidas apenas a pesquisa científica e a educação ambiental, submetido às proibições estabelecidas no Artigo 259 da Constituição do Estado e a Legislação pertinente de proteção ambiental. (Decreto nº 41.559, de 24 de abril de 2002).

Historicamente a região apresenta uma área erodida por consequência dos tipos de solos predominantes. O solo que apresenta maior predominância no local é o Argissolo, muito susceptível a erosão quando seu gradiente textural é acentuado, principalmente quando há presença de cascalhos e relevo com fortes declives.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

O atual estado da arte de obtenção de fotografias aéreas a partir de VANTs, independentemente de qual seja o modelo do equipamento, ou a câmera fotográfica, passa necessariamente pelo processamento das imagens em *softwares* específicos. O *software* utilizado no âmbito desse trabalho foi o *Agisoft Photoscan* que utiliza o algoritmo SIFT para processar e ortorretificar as imagens aéreas (AGISOFT, 2016). Neste projeto utilizou-se um total de 1.089 fotografias aéreas obtidas com a câmera Go-Pro Hero3+ acoplada em um VANT da marca DJI, modelo Phantom II. Essas imagens foram georreferenciadas a partir da obtenção das coordenadas em 6 pontos de controle que foram espalhados na área estudada.

As coordenadas desses pontos de controle (Tabela 1) foram obtidas a partir da utilização de GPS de celular para mensuração das coordenadas x e y do local. Para se obter a coordenada z relativa à cota dos pontos de controle, utilizou-se um método não usual: arbitrou-se uma cota média da região (obtida a partir do uso do MDE SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*)) para o primeiro ponto de controle (chamado de ponto zero) e, a partir de uma estaca de madeira disponível no local, de comprimento de 1,43 metros, alocava-se o próximo ponto de controle em uma cota com diferença aproximada de uma estaca de madeira (estimada visualmente). Essa metodologia, simples e trivial, é ilustrada na Figura 2.

A adoção dessa metodologia pode levar, obviamente, à existência de uma grande margem de erro vertical no Modelo Digital de Superfície (MDS) construído, uma vez que pequenas inclinações na linha de visada do observador podem resultar em grandes diferenças altimétricas na alocação dos pontos de controle. A mensuração do erro total do modelo construído, por outro lado, não é possível devido à falta de informações topográficas precisas na área de estudo.

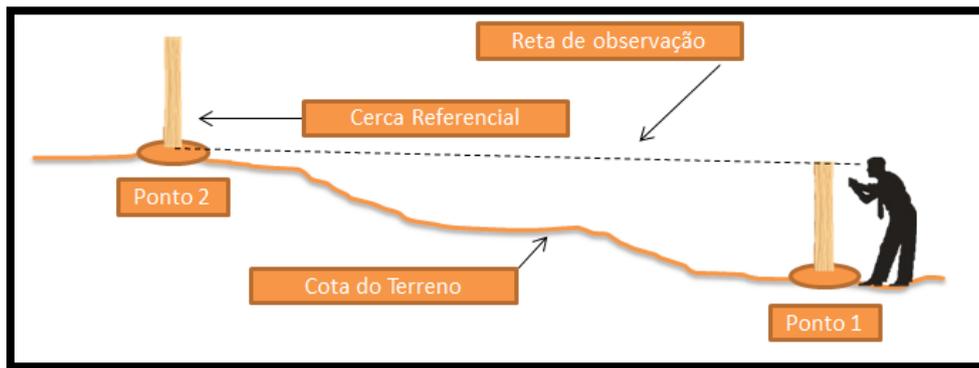


Figura 2 – Ilustração da metodologia adotada

Tabela 1 – Coordenadas dos Pontos de Controle Utilizados

Ponto	Longitude	Latitude	Altitude (m)
0	-50.83374	-30.08097	33.25
1	-50.83331	-30.08101	37.54
2	-50.83287	-30.08073	34.68
3	-50.83267	-30.08060	31.53
4	-50.83270	-30.08074	36.83
5	-50.83220	-30.08105	42.55

Mesmo que a mensuração precisa do erro gerado pela metodologia aplicada seja de difícil obtenção, salienta-se que o ponto 4 da Tabela 1 foi obtido em um platô que não apresenta alterações significativas em termos de cobertura vegetal desde o começo dos anos 2000 (característica observada a partir de uma análise preliminar de imagens de satélites históricas), o que permite inferir que a cota deste ponto, na atualidade, é a mesma ou muito próxima da estimada a partir dos dados do SRTM, obtidos no ano de 2002. A cota do SRTM neste ponto, (desconsiderando o erro do modelo, apontado para a América do Sul como sendo no máximo de 5,5 metros, segundo Rodriguez *et al.*, 2006) é de 44 metros, que comparada com o valor obtido no modelo construído (42,55 metros), gera uma diferença de 1,45 metros, o que permite inferir conservadoramente que o MDS construído apresentaria uma faixa de erro vertical de 2 metros para mais ou para menos.

Após a obtenção do MDS contemplando a voçoroca, estimou-se qual seria o perfil original do terreno a partir da interpolação de pontos cotados no modelo, sem considerar as voçorocas. Após essa etapa, de posse do que seria o perfil topográfico original, pode-se estimar a quantidade de volume de solo perdido com esse processo de erosão, a partir da aplicação de ferramentas de geoprocessamento.

Na Figura 3 é possível observar de diferentes ângulos de visada o modelo tridimensional construído a partir das técnicas aqui expostas.

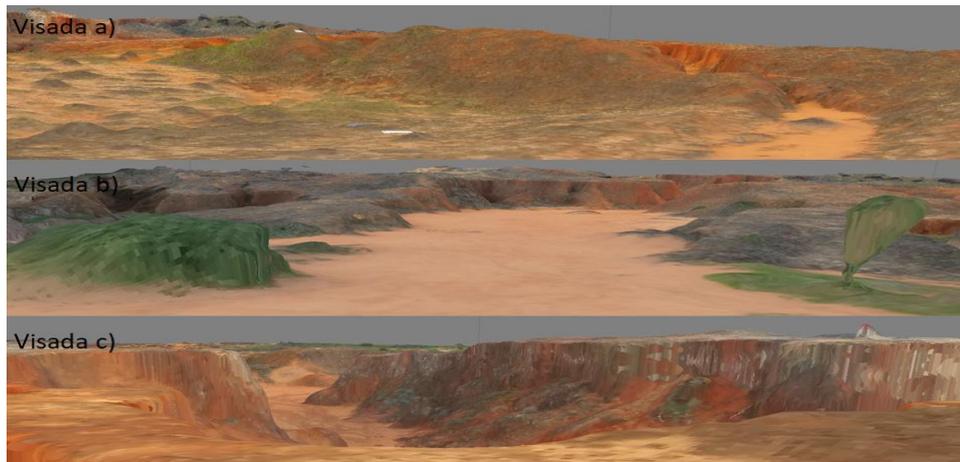


Figura 3 – Diferentes visadas da voçoroca

4 - RESULTADOS

Três são os principais resultados deste trabalho. O primeiro deles é a apresentação da imagem ortoretificada, que pode ser visualizada na Figura 4. O segundo produto é o Modelo Digital de Elevação construído a partir da metodologia apresentada, representado na Figura 5. Em conjunto com esse modelo é também apresentado o que seria o perfil original do solo, em curvas de nível. A partir da comparação entre esses dois terrenos, foi possível estimar que aproximadamente 30.000 m³ de solos foram perdidos nesse processo erosivo (considerando apenas a diferença de volume entre os dois terrenos).

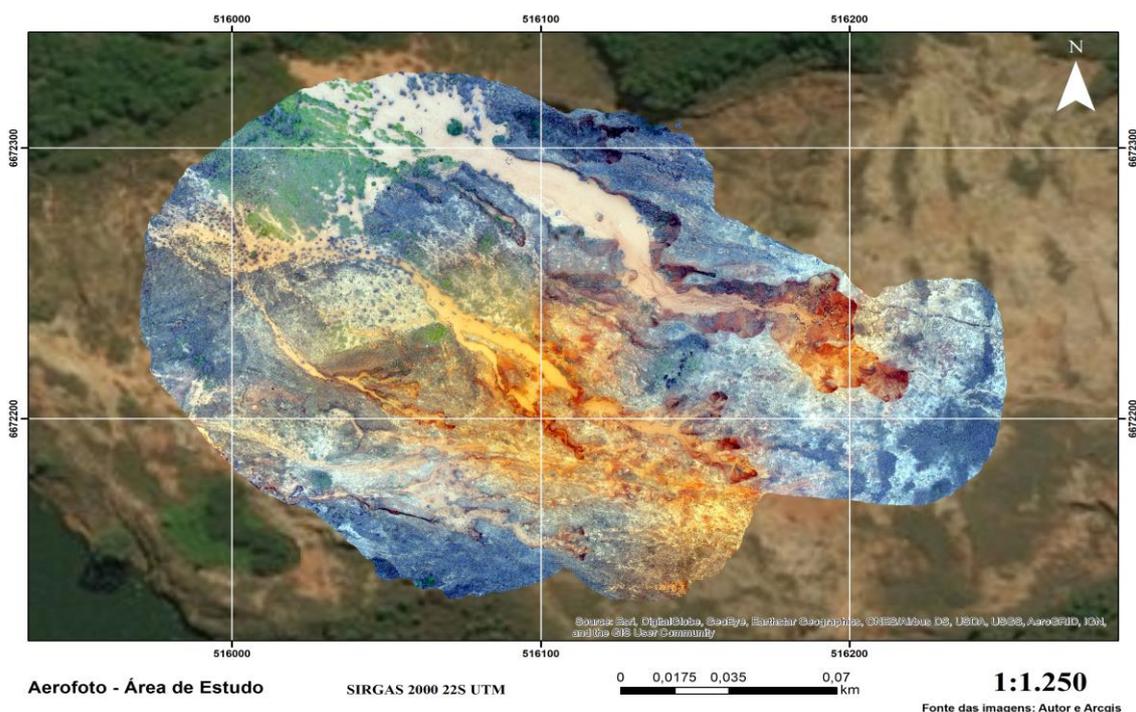


Figura 4 – Restituição Aerofotogramétrica

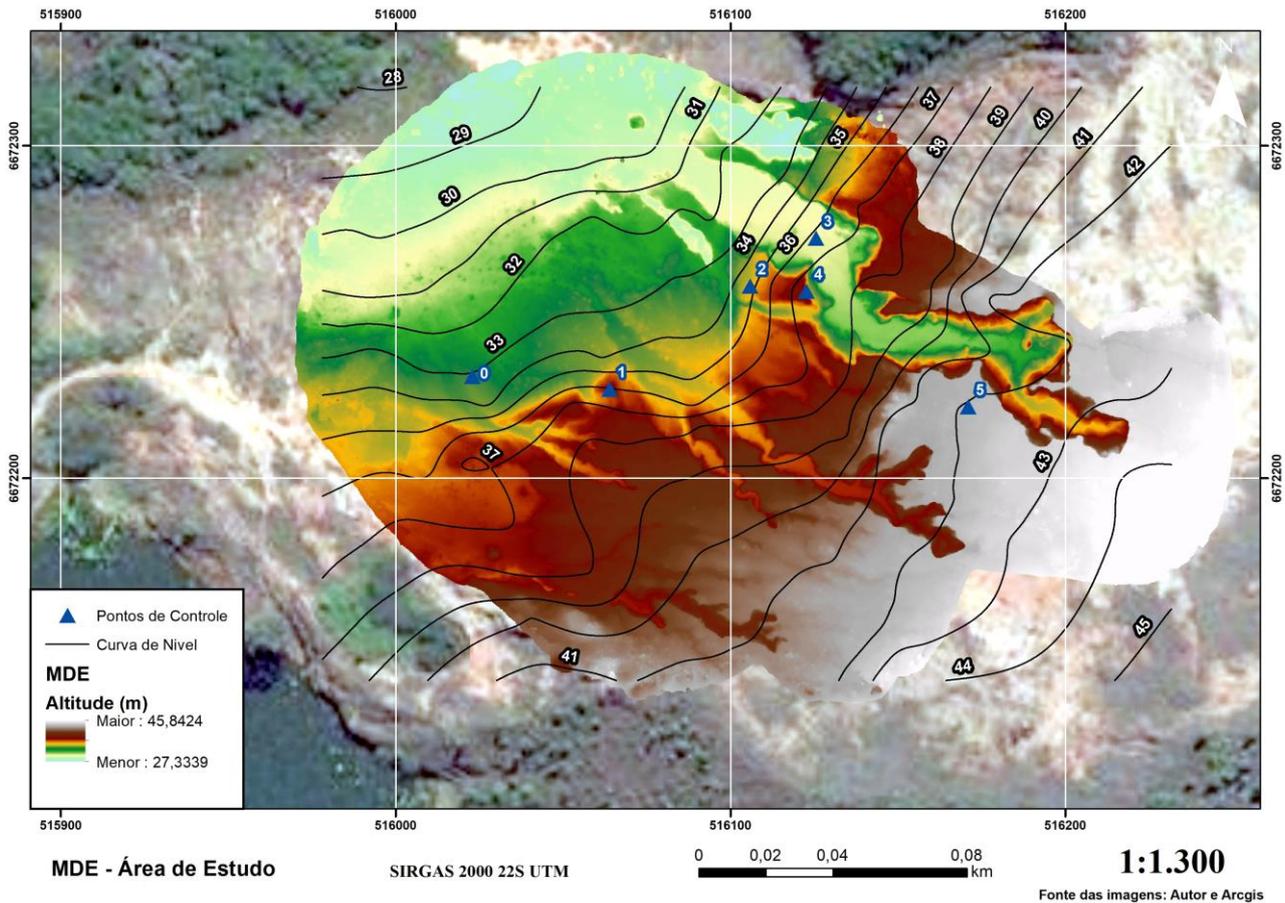


Figura 5 – Modelo Digital de Superfície

5 - CONCLUSÕES

Este estudo mostrou que é possível realizar estimativas de perdas de solo em grandes voçorocas (bem como seu monitoramento quanto à evolução do processo) utilizando tecnologias e métodos não usuais baseados na utilização de VANTs, *action cams* e pontos de controle com coordenadas obtidas a partir do GPS de celular e referências altimétricas encontradas em campo.

Dentre os equipamentos utilizados, salienta-se que a aquisição de um VANT e de uma *action cam* ainda representa um alto custo para a maior parte da sociedade. Entretanto, espera-se que no futuro ocorra uma popularização (e conseqüente barateamento) na aquisição desses produtos, que poderia possibilitar o uso mais corriqueiro de metodologias como as aqui expressas, não apenas para realizar o levantamento de voçorocas em si, mas para possibilitar a aquisição de informações a respeito da topografia de qualquer região.



6 - REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- AGISOFT. *Photoscan User Manual. Professional Edition, Version 1.2*. Agisoft LLC. 2016.
- AMORIM, R. S. S.; SILVA, D.; PRUSKI, F. F.; MATOS, A. T. (2001). “*Influência da declividade do solo e da energia cinética de chuvas simuladas no processo de erosão entre sulcos*”. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.
- GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, Decreto nº 41.559, de 24 de abril de 2002. Cria o Refúgio de Vida Silvestre Banhado dos Pachecos e dá outras providências. Porto Alegre. 2002.
- GUERRA, A.J.T. (1996). *Processos Erosivos nas Encostas*. In: Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações. Org. por Cunha, S.B. e Guerra, A.J.T. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, RJ, 345p.
- JENSEN, J. R. (2009). *Sensoriamento Remoto do Ambiente – Uma Perspectiva em Recursos Terrestres*. Ed. Parêntese. São Paulo.
- JULIEN, P. Y. (2010). *Erosion and sedimentation*. Cambridge University Press.
- LOWE, D. “*Distinctive Image Features from Scale Invariant Key points*”. International Journal of Computer Vision. 2004.
- REBERTE, J. C.; MOREIRA, M. F.; PEREIRA, M. A.; BOTELHO, F.; SILVA, J. M.; MOLINA, P. C. (2016) “*Avaliação da influência da altura de voo de um Drone na geração de ortofoto utilizando o software Photoscan*”. In: V Simpósio de Pós Graduação do Instituto Federal Sul de Minas. Belo Horizonte.
- BOLOGNESI, M.; FURINI, A.; RUSSO, V.; PELLEGRINELLI, A.; RUSSO, P. (2015). “*Testing the low cost rps Potential in 3D cultural Heritage Reconstruction*”. The international archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences.
- ZANANDREA, FRANCIELE; KOBAYAMA, MASATO; MICHEL, GEAN PAULO. “*Conectividade hidrossedimentológica: uma abordagem conceitual*”. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos (22.: Florianópolis, 2017). Anais [recurso eletrônico]. [Porto Alegre: ABRH, 2017], 2017.
- SILVEIRA, L.R. DA.; MENDONÇA, R.M.G. (2009). “*Análise, monitoramento e caracterização da voçoroca Ribeirão da Cachorra em Paraíso do Tocantins – TO*”. Engenharia Ambiental, v. 6, n. 2, mai/ago, p. 231-250.
- STEVAUX, J.C.; LATRUBESSE, E.M. (2017). *Geomorfologia Fluvial*. São Paulo: Oficina de Textos, Coleção Geografia, v.3, 336 p.
- RODRIGUEZ, ERNESTO; MORRIS, CHARLES S.; BELZ, J. ERIC. “*A global assessment of the SRTM performance*”. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, v. 72, n. 3, p. 249-260, 2006.