



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ANÁLISE DO PADRÃO DE EXATIDÃO CARTOGRÁFICO EM PRODUTO GERADO A PARTIR DE LEVANTAMENTO COM VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO

Lucas Krein Rademann ^(a), Romário Trentin ^(b) Ricardo Vieira da Silva ^(c)

^(a) Mestando do Programa de Pós-graduação em Geografia, UFSM, lucasrademann@yahoo.com

^(b) Professor Doutor do Departamento de Geociências, UFSM, romario.trentin@gmail.com

^(c) Mestando do Programa de Pós-graduação em Geografia, UFSM, ric.svveira

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo:

A obtenção de dados por sensoriamento remoto tem apresentado grandes avanços, principalmente com a introdução da tecnologia dos Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) que podem gerar dados de alta resolução. Tendo em vista a melhoria na obtenção de dados, surge a necessidade de aferir a qualidade do produto cartográfico. Assim, o trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade de um produto cartográfico gerado através de levantamento com VANT, de acordo com o Padrão de Exatidão Cartográfico brasileiro. Para o levantamento foi utilizado um VANT Phantom 4 Pro, que realizou um voo cobrindo uma área de 67 Ha. Foram coletados 3 pontos de controle através de GPS geodésico, e processados no software Agisoft PhotoScan. No produto final foram encontrados erros médios de 72,72cm, que se caracterizou um produto cartográfico classe A, de acordo com as normas brasileiras, evidenciando que os produtos gerados através de levantamentos com VANTs são de alta qualidade.

Palavras chave: VANTs, Sensoriamento Remoto, Cartografia, Padrão de Exatidão Cartográfico.



GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

1. Introdução

Com o avanço das geotecnologias das últimas décadas tem sido discutido com maior ênfase a qualidade e a precisão dos produtos cartográficos. A obtenção de dados por sensoriamento remoto tem apresentado grandes avanços, principalmente com a introdução da tecnologia dos Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) que podem gerar dados de alta resolução.

As novas geotecnologias associadas aos veículos aéreos não tripulados têm permitido análises mais rápidas e precisas tendo diversas aplicações, principalmente na agricultura (MEDEIROS, 2007; BERNARDI et al. 2014; FERNANDES 2016; IERSEL et al. 2018) permitindo uma análise de cultivo e de vegetação detalhada, com possibilidade de séries temporais dentro do ciclo de produção e na análise ambiental (RITCHIE et al. 1993; NIETHAMMER et al. 2012; ANWEILER E PIWOWARSKI, 2016) através da obtenção de modelos digitais do terreno de alta resolução e tornando possível análises em nível de detalhe.

Associado à melhora da obtenção dos dados e a realização de mapas em nível de detalhe, surge a importância da aferição do dado, e a qualidade do produto cartográfico. Quanto a isso Celestino et al. (2007) destaca que para utilizarmos uma imagem orbital, se faz necessário a adaptação de critérios de qualidade no tratamento da mesma, para que o produto final gerado apresente um resultado satisfatório.

Devido a demanda de classificar os produtos cartográficos quanto a sua qualidade e precisão é estabelecido através do decreto nº 89.817, publicado em junho de 1984, o Padrão de Exatidão Cartográfica. Este decreto define normas técnicas para a cartografia e classifica os produtos cartográficos de acordo com o Padrão de Exatidão Cartográfica que é um indicador estatístico de dispersão, relativo a 90% de probabilidade, que define a exatidão de trabalhos cartográficos. A probabilidade de 90% corresponde a 1,6449 vezes o Erro Padrão - PEC. O Erro-Padrão isolado num trabalho cartográfico, não ultrapassará 60,8% do Padrão de Exatidão



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Cartográfico. Desta forma são classificados os produtos cartográficos de acordo com a tabela 1:

Tabela 1 – Classificação dos Produtos Cartográficos de acordo com decreto n° 89.817 de 1984.

Carta	PEC Planimétrico	Erro Padrão	PEC Altimétrico	Erro Padrão
Classe A	0,5 mm x Escala	0,3 mm x Escala	1/2 equidistância	1/3 da equidistância
Classe B	0,8 mm x Escala	0,5 mm x Escala	3/5 equidistância	2/5 da equidistância
Classe C	1,0 mm x Escala	0,6 mm x Escala	3/4 equidistância	1/2 da equidistância

Diante do exposto, o trabalho tem como objetivo realizar um levantamento planialtimétrico com o auxílio de VANT na Voçoroca do Areal no município de Cacequi/RS (Figura 1) e avaliar a qualidade do dado gerado, de acordo com o PEC brasileiro. Desta forma, analisar a contribuição das novas geotecnologias para mapeamentos em nível de detalhe.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

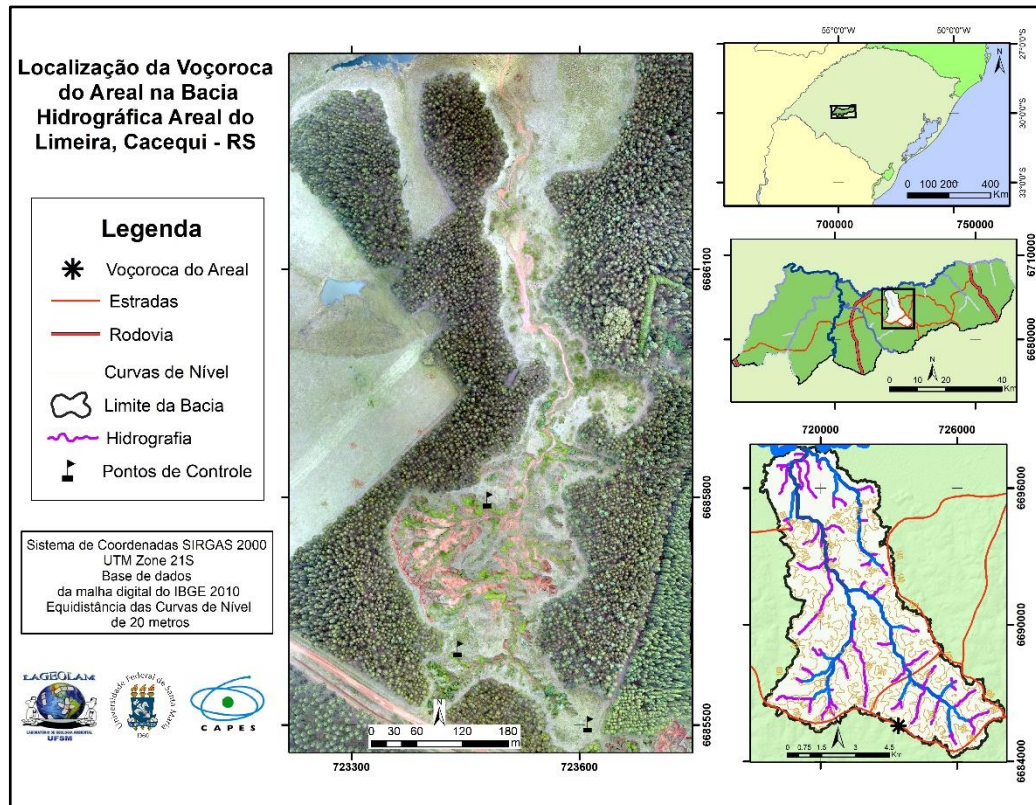


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo.

2. Metodologia

Para a realização do levantamento planialtimétrico foi utilizado um VANT modelo Phantom 4 Pro, desenvolvido pela empresa DJI. Acoplado ao VANT foi utilizado um sensor de uma câmera digital, modelo FC330, desenvolvido pela mesma empresa, com distância focal de 3.61mm e resolução aproximada de 10MP e um receptor GPS código C/A, com precisão aproximada de 5m.

O voo realizado recobriu uma área de 67ha, a uma altura de voo de 100m, sendo realizadas 306 imagens com sobreposição longitudinal e latitudinal de 85%. Desta forma foram obtidos mais de 185 mil pontos homólogos no terreno, gerando um modelo digital com uma



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

resolução de 6.28cm/pixel. O recobrimento da área de interesse foi em quase toda a sua extensão de mais de 9 fotografias como observado na Figura 2.

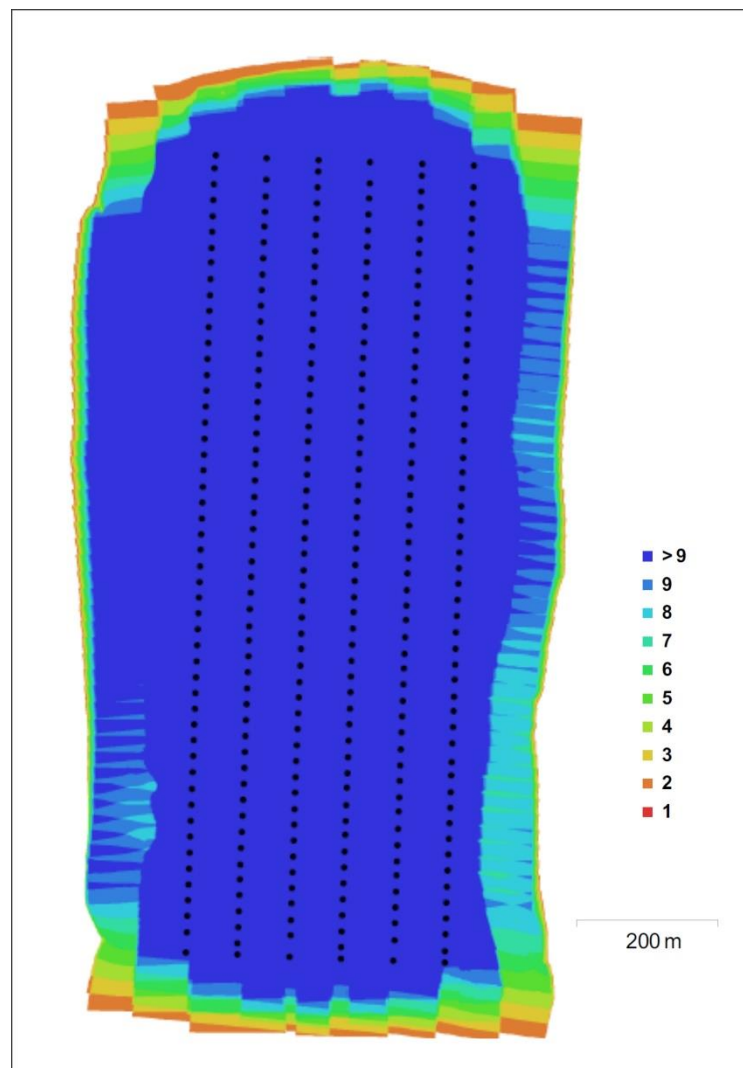


Figura 2 – Localização da câmera e sobreposição de imagens

Após a realização do voo, as imagens foram processadas no software Agisoft Photoscan, de acordo com seu fluxo de trabalho, onde as imagens foram alinhadas, através dos pontos homólogos das imagens. Após esta etapa foi gerada a nuvem de pontos, o Modelo Digital de



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Elevação, foi realizada a correção do Modelo Digital de Elevação, com a retirada da vegetação, e por fim gerado as curvas de nível e o ortomosaico.

Para a correção do modelo, foram coletados três pontos de controle através do uso de GPS geodésico, modelo Ruide 90, com receptor L1/L2. Após a coleta dos pontos, os mesmos foram pós processados no software Topcon Tools, e ajustados com o apoio das estações de Alegrete e Santa Maria da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC), devido às suas distâncias da área de estudo, de aproximadamente 50km.

Os pontos de controle obtidos por GPS foram adicionados ao MDE no software Agisoft Photoscan para o ajuste das coordenadas X, Y e Z do modelo. Por fim, foram calculados no mesmo software a diferença da coordenada do modelo e da coordenada real, estipulando o erro para cada coordenada planimétrica e altimétrica. Com o erro de cada ponto calculado foi utilizada a função do erro médio quadrático para as coordenadas planimétricas (X, Y) e para as coordenadas altimétricas (Z), e calculado o erro total através da expressão:

$$\sqrt{(\sum_{i=1}^n [(X_{i, est} - X_{i, in})^2 + (Y_{i, est} - Y_{i, in})^2 + (Z_{i, est} - Z_{i, in})^2]) / n}$$

Onde: $X_{i, in}$ = Valor de entrada para a coordenada X;

$X_{i, est}$ = Valor estimado para a coordenada X;

$Y_{i, in}$ = Valor de entrada para a coordenada Y;

$Y_{i, est}$ = Valor estimado para a coordenada Y;

$Z_{i, in}$ = Valor de entrada para a coordenada Z;

$Z_{i, est}$ = Valor estimado para a coordenada Z;

N = Número de pontos de coordenadas.

Ainda no Agisoft Photoscan o MDE gerado e corrigido foi submetido a um filtro de classificação em que houve a tentativa de eliminar a vegetação do modelo, para assim obter o



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Modelo Digital do Terreno (MDT). Após todas as operações acima descritas, os dados foram exportados para o software ArcGIS 10.5 e elaborado o layout dos mapas.

3. Resultados e Discussões

Os três pontos de controle obtidos através do rastreamento com GPS geodésico apresentaram uma grande precisão visto que quando comparadas as suas coordenadas reais com as coordenadas calculadas apresentam diferença inferior a 1 metro, como representado na tabela 2.

Tabela 2 – Erros encontrados nas coordenadas planialtimétricas.

	Erro X (cm)	Erro Y (cm)	Erro Z (cm)	Total (cm)
Ponto 1	-49.5111	39.2611	8.7394	63.79
Ponto 2	26.6284	-89.083	3.79444	93.0551
Ponto 3	18.6314	52.7183	-3.43637	56.0192
Total	34.1933	63.9178	5.84761	72.7245

Como exposto na tabela, os erros encontrados nos pontos de controle variam de 89.08 cm a 18.63 cm nas coordenadas planimétricas com um erro aproximado de 34 cm na coordenada X e 64 cm na coordenada Y. Já na coordenada Z, que corresponde a elevação os erros variam de 3 a 8 cm. Considerando que a área mapeada é de 67Ha, o erro encontrado é bastante satisfatório para os pontos de controle.

Quando aplicada a fórmula do erro médio quadrático, considerando as coordenadas obtidas por rastreamento GPS e as coordenadas calculadas do modelo, o erro planimétrico é de 72.489 cm, e o erro altimétrico de 5.84 cm, tendo um erro padrão total calculado de 72.7245 cm.

Com o levantamento realizado através do uso de VANT e com os pontos de controle estabelecidos, foi possível obter um Modelo Digital de Elevação com um tamanho de pixel de 12.6 cm e uma densidade de pontos de 63 pontos por metro quadrado. Com este modelo, foi



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

realizado um filtro para remover a vegetação e transforma-lo em um Modelo Digital do Terreno (MDT), onde foi possível extrair curvas de nível com equidistância de 1 m, como é possível observar no mapa da Figura 3.

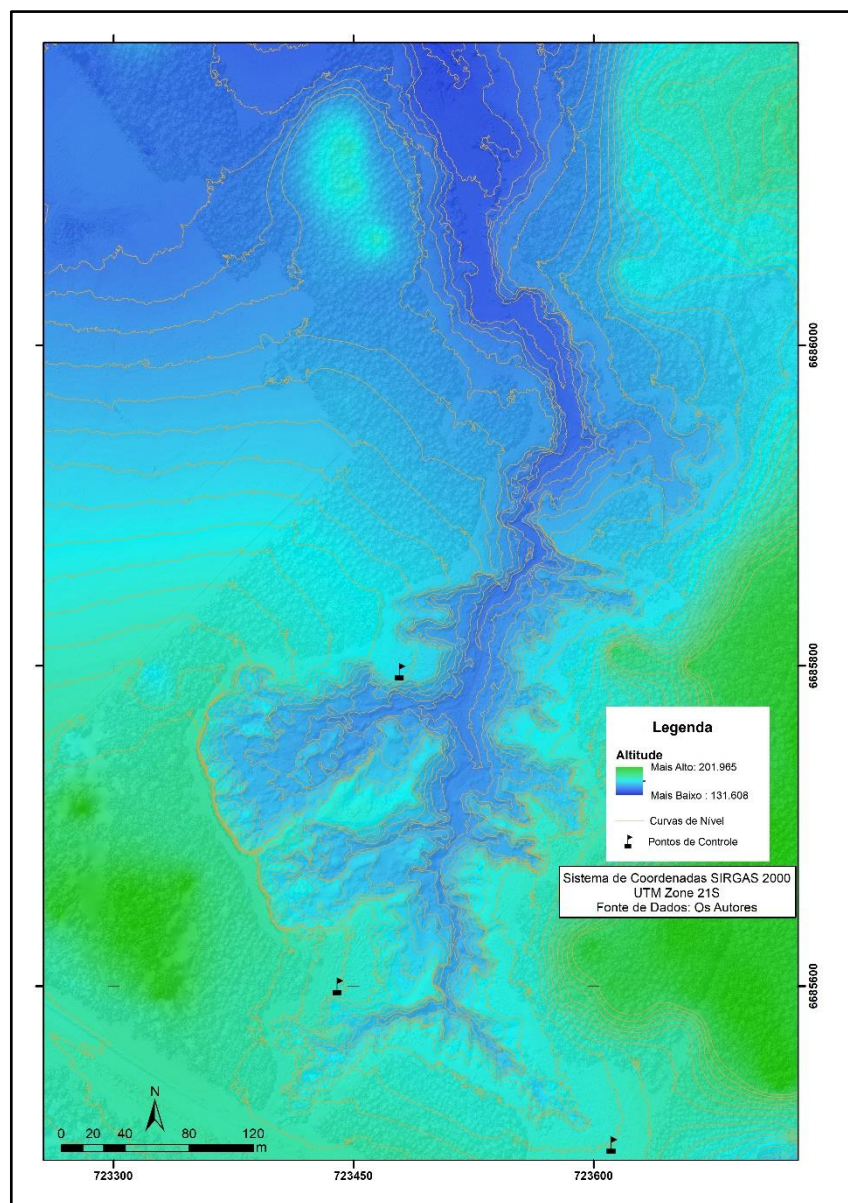


Figura 3 – Mapa do MDT gerado com dados obtidos por levantamento aéreo.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Tendo em vista o tamanho da área de estudo, a escala mais adequada encontrada é a de 1:2.500. De acordo com os parâmetros definidos pelo padrão de exatidão cartográfica (vide Tabela 1) para um produto cartográfico estar enquadrado na classe A, ele deve possuir um Erro-Padrão planimétrico máximo de 75cm, e um Padrão de Exatidão Cartográfica planimétrico de 125 cm. Já para a elevação é definido um Erro-Padrão de um terço da equidistância das curvas de nível, que equivale a 33cm, e a metade da equidistância das curvas para o Padrão de Exatidão Cartográfico, que equivale a 50cm.

Nos cálculos realizados para este mapeamento da Voçoroca do Areal, foi encontrado o Erro-Padrão planimétrico de 72.489 cm, de um Erro-Padrão tolerável para produtos cartográficos classe A de 75 cm. Para atender o Padrão de Exatidão Cartográfico de classe A, dentro do conjunto de dados de erros planimétricos, 90% deles devem possuir erro inferior a 125cm. No levantamento realizado o maior erro planimétrico encontrado é de 89cm, ou seja, 100% dos dados planimétricos atendem à PEC, portanto, do ponto de vista planimétrico o produto gerado é de Classe A.

Já para a altimetria em um MDT com equidistância das curvas de nível de 1m o Erro Padrão deve ser de no máximo 33cm e a dispersão dos erros deve estar 90% dentro do erro de 50cm para atender ao Padrão de Exatidão Cartográfico de classe A. No produto gerado foi encontrado um Erro-Padrão de 5.847 cm, atendendo ao exigido pela norma. O maior erro encontrado é de aproximadamente 8 cm, estando 100% dos dados dentro do Padrão de Exatidão Cartográfico exigido pela norma.

Desta forma o MDT gerado através do levantamento realizado com VANT pode ser considerado de Classe A, de acordo com os parâmetros da PEC. O produto cartográfico gerado pode ser utilizado para diversos fins considerando os seus erros planialtimétricos.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

4. Considerações Finais

O produto cartográfico gerado através de dados obtidos em levantamento aéreo com uso de VANT, apresentou um erro médio de 72.72cm, com um erro planimétrico de aproximadamente 72 cm e altimétrico de pouco mais de 5 cm, caracterizando um produto de classe A, de acordo com a norma brasileira.

É importante destacar que é possível melhorar ainda mais o modelo, diminuindo os erros do mapa, utilizando mais pontos de controle. Ainda, a distância das bases da RBMC são relativamente grandes, cerca de 50 km, e poderiam ser instaladas novas bases com o método de rastreio de ponto preciso, podendo diminuir ainda mais os valores dos erros, mostrando um potencial enorme na obtenção de dados com veículos aéreos não tripulados.

Desta forma, o uso de VANTs para mapeamentos se mostra bastante eficiente, tendo em vista a qualidade do produto gerado. Também, o uso deste equipamento permite uma resolução temporal melhor, sendo possível realizar voos nas datas desejadas. Ainda, é importante destacar o nível de detalhe nos dados com este tipo de levantamento, permitindo diversos usos para mapeamentos em nível de detalhe, como análises de encostas, construção civil, agricultura, entre outros.

O principal desafio no tratamento dos dados de VANTs é a conversão do Modelo Digital de Elevação para o Modelo Digital do Terreno, fazendo a remoção da vegetação. Já existem diversas ferramentas para esta operação, porém ainda não apresentam um resultado totalmente satisfatório, principalmente em áreas com vertentes escarpadas, como no caso da voçoroca da área de estudo.

As novas geotecnologias têm apresentado grande melhora nos diversos tipos de mapeamentos, tornando possível mapeamentos mais precisos, em menor espaço de tempo. Esses avanços nas geotecnologias também permitem avanços na geografia física e



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

geomorfologia, permitindo a realização de trabalhos de morfometria e análise de encostas com maior nível de detalhe.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento da pesquisa e à Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) pelo apoio.

6. Bibliografia

ANWEILER S.; PIWOWARSKI. D.; Multicopter platform prototype for environmental monitoring. **Journal of Cleaner Production**, v. 155, p. 204-211, 2017.

BERNARDI, A. C. C.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. **Agricultura de Precisão, resultados de um novo olhar**. Brasília, DF: Embrapa, 2014.

BRASIL. **Decreto n. 89.817 de 20 de jun. de 1984**. Estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional. Brasília, p. 1-5, 1984.

CELESTINO, V. S.; SALDANHA, D. L.; ROCHA, R. S. Avaliação da qualidade de produtos gerados a partir de imagem Quickbird através do PEC – Brasileiro. **Anais... XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 507-514.

FERNANDES, P. **Estimativa da produtividade de milho (*zea mays l.*) através de imagens multiespectrais obtidas por veículo aéreo não tripulado**. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão, UFSM, 2016.

IERSEL, W.; STRAATSMA, M.; ADDINK, E.; MIDDELKOOP, H. Monitoring height and greenness of non-woody floodplain vegetation with UAV time series. **Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 141, 2018, p. 112–123.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

MEDEIROS, F. A. **Desenvolvimento de um veículo aéreo não tripulado para aplicação em agricultura de precisão**. Dissertação (Mestrado), Pós-graduação em Engenharia Agrônoma, UFSM, 2007.

NIETHAMMER, U. et al; UAV-based remote sensing of the Super-Sauze landslide: Evaluation and results. **Engineering Geology**, v. 128, p. 2 – 11, 2012.

E. C. RITCHIE; T. J. JACKSON; J. D. GARBRECHT; E. H. GRISSINGER; J. B. MURPHEY; J. H. EVERITT; D. E. ESCOBAR; M. R. DAVIS; M. A. WELTZ. Studies using an airborne laser altimeter to measure landscape properties. **Hydrological Sciences Journal**, 38:5, 403-416, 1993.