

A INFLUÊNCIA DA QUANTIDADE DE PONTOS DE CONTROLE NO PROCESSAMENTO DE IMAGENS AÉREAS OBTIDAS POR RPAS

Guilherme Braghirolli¹, Francisco Henrique de Oliveira², Carla Luciane Lima³, Adolfo Lino de Araújo⁴

¹Instituto Federal de Santa Catarina, gbraghirolli@gmail.com; ²Universidade do Estado de Santa Catarina, chico.udesc@gmail.com; ³Universidade do Estado de Santa Catarina, carla_engflorestal@yahoo.com.br; ⁴Instituto Federal de Santa Catarina, lino.adolfo@gmail.com.

RESUMO

O setor de imageamento aéreo vem sofrendo uma grande revolução com o advento das aeronaves não tripuladas. Elas proporcionam baixos custos de aquisição e operação, interface inteligível e geração de diversos tipos de resultados de formas cada vez mais acessíveis. Geralmente, um dos produtos mais utilizados nesse âmbito é a ortofoto, que consiste em uma fotografia aérea onde as feições são projetadas de forma ortogonal em toda a imagem. A partir deste produto é possível realizar vetorizações de feições existentes, acompanhamento temporal de obras, exploração de áreas inacessíveis, entre outras aplicações. A utilização deste método de levantamento, sem que exista a devida informação técnica, aliada à fácil obtenção de resultados, pode induzir a equívocos nos produtos gerados. Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo abordar a questão da utilização de pontos de controle em levantamentos aéreos executados com RPAS (*Remotely Piloted Aircraft Systems*). A quantidade de pontos de controle necessária é uma questão que ainda pode levantar muitas dúvidas, pois, até o momento, não existe uma normatização específica para RPAS/Drones nesse sentido. Tendo isso em vista, a presente pesquisa buscou analisar os resultados posicionais de um levantamento processado com diferentes quantidades de pontos de controle através da aplicação das normas existentes no Brasil atualmente. Por fim concluiu-se que existe a necessidade de um estreitamento na atual norma ET-CQDG para que os produtos gerados por RPA possam ser classificados de maneira mais ampla e confiável.

Palavras-chave — RPAS, Pontos de Controle, Qualidade Posicional.

ABSTRACT

The aerial imaging sector has undergone a major revolution with the advent of unmanned aircraft. They provide low acquisition and operation costs, intelligible interface and the generation of several different results in increasingly accessible ways. Generally, one of the most used products in this scope is the orthophoto, which consists of an aerial image where the features are orthogonally projected throughout the image. From this product, it is possible to carry out vectorizations of existing features, temporal

monitoring, exploration of inaccessible areas, among other applications. The use of this survey method, without adequate technical information, combined with easy results, can lead to misunderstandings in the generated products. In this sense, this work aims to address the issue of the use of control points in aerial surveys performed with RPAS (Remotely Piloted Aircraft Systems). The number of control points required is a question that may still raise many doubts, because, so far, there is no specific regulation for RPAS/Drones. With this in view, the present research sought to analyze the positional results of a survey processed with different amounts of control points through the application of existing standards in Brazil. Finally, the conclusion was that there is a need for a narrowing in the current ET-CQDG standard so that the products generated by RPA can be classified more widely and reliably.

Key words — RPAS, Control Points, Positional Quality

1. INTRODUÇÃO

A obtenção de imagens dos objetos na superfície não se limita apenas aos sensores de satélites orbitais. Atualmente a utilização de RPAS (*Remotely Piloted Aircraft Systems*) equipados com sensores remotos tem se firmado como uma opção de menor custo e melhor operação em relação as plataformas convencionais [1-2]. Geralmente, um dos produtos mais utilizados nesse âmbito é a ortofoto, que consiste em uma fotografia aérea onde as feições são projetadas de forma ortogonal em toda a imagem. A partir deste produto é possível realizar vetorizações de feições existentes, acompanhamento temporal de obras, exploração de áreas inacessíveis, entre outras aplicações.

Porém, para se obter uma melhor precisão do produto gerado, é conveniente utilizar pontos de controle e pontos de checagem para controle de qualidade durante o processamento fotogramétrico [4-3]. No Brasil, não há uma sistematização do processo e da verificação da qualidade dos produtos gerados por meio de RPAS. O que é usado como referência consiste no Decreto-Lei n. 89.817/84, complementado pela Especificação Técnica dos Produtos dos Conjuntos de Dados Geoespaciais (ET-PCDG) e pelo Padrão de Exatidão Cartográfica para Produtos Cartográficos Digitais (PEC-PCD).

A quantidade de pontos de controle necessária e a espacialização dos mesmos são questões que ainda levantam muitas dúvidas, neste sentido, a presente pesquisa teve como objetivo principal abordar a questão da utilização de pontos de controle em levantamentos aéreos executados com RPAS, buscando analisar os resultados posicionais de um levantamento processado com diferentes quantidades de pontos de controle com o intuito de analisar qual cenário apresenta o resultado mais satisfatório.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma área de aproximadamente 19 hectares no campus da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, localizado em Florianópolis, no Bairro Itacorubi (Figura 1).

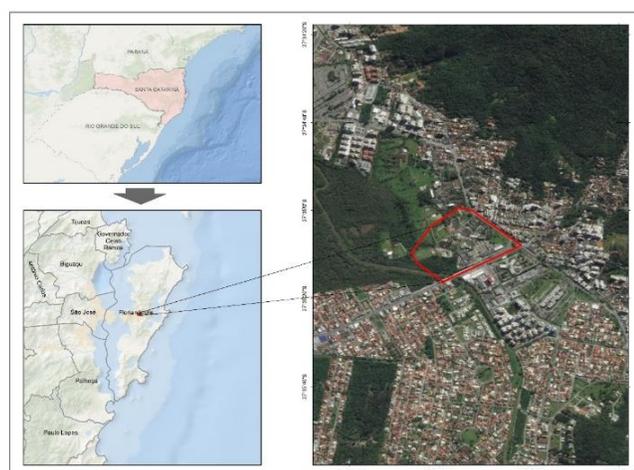


Figura 1. Localização da área de estudo no campus da Universidade do Estado de Santa Catarina.

Considerando que os pontos de controle utilizados foram feições já existentes no local (vértices de meio-fio, calçadas, pinturas existentes, postes etc.), os mesmos foram planejados de forma mais equidistante e bem distribuída possível em toda a área. Em uma situação de área urbanizada, como é o caso, geralmente utiliza-se deste método para que se diminua o tempo de execução, pois, devido à grande dinâmica existente nas cidades, os pontos artificiais tendem a ser movidos ou retirados por transeuntes, sendo que estes devem, obrigatoriamente, ficar estáticos desde o processo de levantamento geodésico até a execução do imageamento aéreo. Para a escolha correta dos pontos de controle que seriam utilizados foi realizado um voo preliminar, com o objetivo de verificar quais locais seriam de mais fácil localização durante o processamento das imagens. Comumente utilizam-se imagens de satélite gratuitas para este fim, porém estas imagens geralmente são de datas defasadas ou com resolução muito menor do que a adquirida através de um RPAS. A partir das imagens obtidas, foram definidos 30 locais para serem utilizados como pontos de

controle. Com esta definição foram executados os croquis para a melhor localização dos pontos em campo.

Após o planejamento dos pontos de controle foi realizado o planejamento da missão aérea por meio do software *Drone Deploy*. Considerando que os parâmetros configuráveis que influenciam diretamente na qualidade do produto final são altitude e sobreposição, a sobreposição lateral e linear das imagens ficou em 75% e a altura de voo em 70 metros. A área recoberta pelo voo foi maior do que a área de interesse, esse é um procedimento importante para que se evitem vazios na bordas da ortofoto resultante.

A aeronave utilizada foi o Matrice 100, da fabricante DJI e o levantamento resultou em 290 imagens com qualidade máxima (12MP). Para o levantamento dos pontos de controle foi utilizado um receptor GNSS Topcon Hiper Lite+, com a aplicação do método RTK (*Real-Time Kinematic*). O ponto base, utilizado para o levantamento dos 30 pontos de controle, está localizado no telhado do prédio do Centro de Ciências Humanas e da Educação (FAED), na UDESC.

Para o processamento das imagens foram montados quatro cenários de processamento: com 5, 10, 15 e 20 pontos de controle e definidos os pontos que seriam usados para processamento de cada cenário e também os pontos que seriam usados para checagem do resultado final, sendo que em todos os cenários foram utilizados os mesmos 9 pontos de checagem (Figura 2).

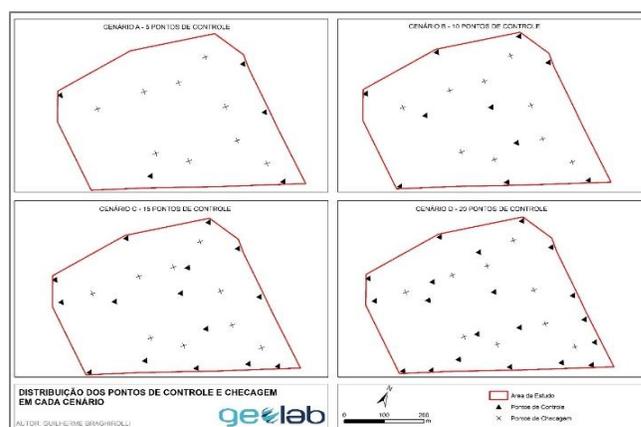


Figura 2. Distribuição dos pontos de controle e checagem em cada cenário.

Para o processamento das imagens foi utilizado o software *Agisoft Photoscan* e para que a única variável deste estudo fosse a quantidade de pontos de controle existente em cada ortofoto, todos os parâmetros de processamento foram fixados para os quatro cenários.

Ao final do processamento foram geradas as ortofotos resultantes de cada um dos cenários. Para que fosse possível localizar os pontos de checagem e determinar os desvios entre coordenadas levantadas e as coordenadas existentes nas ortofotos foi utilizado o software *ArcGIS*. Nele foram adicionadas as ortofotos de cada cenário e a partir disso foi

feita a localização visual dos 9 pontos de checagem em cada uma das ortofotos.

A etapa final da execução da pesquisa foi a comparação entre as coordenadas planimétricas levantadas a campo e as coordenadas localizadas nas ortofotos, para isso foram extraídas as coordenadas UTM dos vértices de todos os cenários. As coordenadas levantadas a campo são considerados os referenciais, com esses dados foi possível extrair o desvio encontrado nos eixos X e Y para cada vértice de cada cenário e determinar, a partir de análises estatísticas, o nível de importância dos pontos de controle em um levantamento aéreo não tripulado.

3. RESULTADOS

De posse de todas as coordenadas levantadas em campo, a partir do método RTK, e das coordenadas obtidas a partir da localização dos pontos de checagem nas ortofotos geradas, foi realizada a análise das diferenças encontradas entre essas duas situações em cada um dos cenários.

O PEC-PCD (Padrão de Exatidão Cartográfica para Produtos Cartográficos Digitais) foi aprimorado para que fosse possível realizar a classificação e a comprovação de qualidade final de qualquer produto cartográfico digital gerado no país. Esse padrão possui 4 classes (A, B, C e D) que devem ser analisadas de acordo com a escala de obtenção de determinado produto digital.

De acordo com a ET-ADGV (Norma da Especificação Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais) (2016) [5], para que um produto digital possa ser aceito como produto de Referência do SCN (Sistema Cartográfico Nacional), e conseqüentemente para a INDE (Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais), 90% dos erros dos pontos coletados no produto cartográfico, quando comparados com as suas coordenadas levantadas em campo por método de alta precisão, devem apresentar os valores iguais ou inferiores aos previstos no PEC-PCD. A referida especificação técnica apresenta ainda os valores de referência para que possa ser feito o enquadramento do produto cartográfico em determinada escala e classe.

Considerando que o produto cartográfico que está sendo analisado no presente trabalho é de natureza planimétrica, ou seja, não está sendo considerado o valor altimétrico das feições, os valores de maior precisão classificados pela ET-ADGV (2016), se encaixam na escala 1:1000 classe A, sendo que, para enquadramento neste nível, o valor de PEC, ou seja, o Erro Máximo (EM) aceitável em cada ponto de checagem, deve ser abaixo de 0,28m e o valor de EP (Erro Padrão, ou desvio padrão) deve ser abaixo de 0,17m, sendo que para a escala 1:1000 Classe B esses valores são respectivamente 0,50m e 0,30m.

Para avaliar a qualidade de um produto cartográfico é necessária a utilização da ET-CQDG (Norma de Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais), de 2016 [6]. Para isso deve-se calcular a componente horizontal do erro encontrado e também o desvio

padrão, ou erro padrão, das diferenças encontradas em cada um dos pontos de checagem utilizados. Na tabela 1 encontram-se todos desvios e também os valores de PEC dos 4 cenários analisados neste trabalho.

Conforme consta na tabela apresentada, o primeiro produto (Cenário A) se encaixa na escala 1:1000 Classe B enquanto que os outros 3 (B, C e D) se encaixam na escala 1:1000 Classe A, que é a faixa mais restritiva existente na referida norma.

A figura 3 mostra um gráfico formado pela média dos resultados encontrados em cada um dos cenários estudados. Em uma análise preliminar é possível verificar que o comportamento dos desvios encontrados se apresentou conforme o esperado, com desvios maiores no “Cenário A”, com uma diminuição gradativa do desvio até o “Cenário C” e relativa estabilização do desvio entre os cenários C e D.

Tabela 1 – Resultante dos desvios encontrados e classificação dos diferentes cenários

| Ponto de Checagem | CENÁRIO A) ORTOFOTO COM 5 PCs | CENÁRIO B) ORTOFOTO COM 10 PCs | CENÁRIO C) ORTOFOTO COM 15 PCs | CENÁRIO D) ORTOFOTO COM 20 PCs |
|------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| PC-03 | 0,305 | 0,061 | 0,032 | 0,030 |
| PC-04 | 0,368 | 0,047 | 0,061 | 0,075 |
| PC-06 | 0,191 | 0,012 | 0,022 | 0,042 |
| PC-10 | 0,054 | 0,045 | 0,094 | 0,024 |
| PC-14 | 0,053 | 0,028 | 0,046 | 0,091 |
| PC-18 | 0,039 | 0,081 | 0,043 | 0,070 |
| PC-19 | 0,059 | 0,141 | 0,048 | 0,047 |
| PC-25 | 0,294 | 0,009 | 0,041 | 0,042 |
| PC-26 | 0,031 | 0,116 | 0,051 | 0,049 |
| EM _{QH} | 0,136 | 0,045 | 0,020 | 0,022 |
| Classe PEC-PCD | 1:1000 Classe B | 1:1000 Classe A | 1:1000 Classe A | 1:1000 Classe A |
| Média | 0,155 | 0,060 | 0,049 | 0,052 |
| Desvio Padrão da Média | ±0,045 | ±0,015 | ±0,006 | ±0,007 |

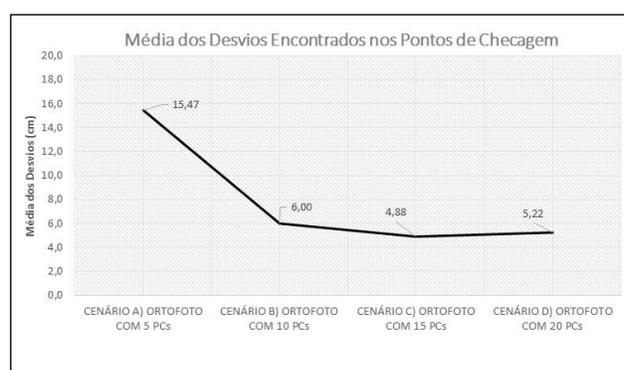


Figura 3 – Gráfico formado pela média dos desvios encontrados em cada um dos cenários.

Ressalta-se que o objetivo da presente pesquisa foi verificar a variação de qualidade final de acordo com a quantidade de pontos de controle utilizados frente a classificação proposta pelo Exército Brasileiro através das Normas ET-ADGV e ET-CQDG e não ao posicionamento e distribuição dos pontos de

controle. A escolha dos pontos utilizados foi definida de forma a distribuir a quantidade pré-definida de pontos da melhor forma possível.

4. DISCUSSÃO

A partir dos resultados obtidos foram avaliados outros fatores referentes aos erros encontrados com o objetivo de classificar com mais restrição os produtos gerados.

Considerando que de acordo com a classificação proposta pela ET-ADGV, a maioria dos cenários propostos foram aceitos como a melhor qualidade possível, entende-se que, com a crescente utilização dos RPAs como ferramenta de trabalho e de geração de dados geoespaciais, existe a necessidade de definição de normas ainda mais restritivas do que as propostas atualmente.

De acordo com Vitti et al (2017) [7] a acurácia de produtos cartográficos baseia-se na análise de erros randômicos e sistemáticos comparados a um padrão estabelecido sendo que a maioria dos padrões pressupõe a distribuição normal das discrepâncias observadas nos pontos de controle.

No caso das normas nacionais, o padrão estabelecido para comparação está voltado para a aquisição de dados espaciais a partir de plataformas embarcadas em aeronaves tripuladas, haja visto os valores de erro padrão e erro máximo apresentados, muito superiores aos que se podem obter com RPAs.

Numa análise simplificada, considerando um erro máximo aceitável para a ortoimagem em torno de três vezes a resolução obtida (3,5 cm/pixel em todos os cenários neste estudo), o valor a ser verificado seria de 10,5 cm. Aplicando aos desvios encontrados nos pontos de checagem conclui-se que o cenário B, que antes se encaixava na classe mais restritiva existente, agora possui 22% dos pontos fora do limite do erro máximo aceitável, enquanto que os dois últimos cenários (C e D), estão compreendidos dentro do limite mais restritivo.

A partir desta análise se conclui que, para a situação apresentada nesta pesquisa, a melhor qualidade posicional do produto gerado foi obtida com a implantação de 15 pontos de controle, não havendo ganhos nem perdas significativas no incremento de 5 pontos de controle entre os cenários C e D. Os resultados reforçam a real necessidade de atualização das normas, seja pela criação de mais classes ou mesmo pela elaboração de uma norma específica para aquisição de dados espaciais por RPAs.

5. CONCLUSÕES

Atualmente, com a disseminação estabelecida das aeronaves remotamente pilotadas no Brasil, vêm sendo gerados cada vez mais produtos cartográficos a partir da utilização desta técnica de levantamento. Desta forma, é necessário que as normas e regulamentações existentes se adaptem a fim de abarcar esta nova tecnologia.

Através da análise dos resultados obtidos na presente pesquisa conclui-se que, tomando como referência a norma

existente atualmente, é possível atingir com facilidade a maior qualidade possível na geração de produtos cartográficos, isso indica que existe a necessidade latente do estreitamento destas limitações para que a classificação de produtos cartográficos possua uma maior amplitude e confiabilidade.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Santa Catarina (FAPESC) pelas bolsas de estudo.

REFERÊNCIAS

- [1] Eisenbeiss, H. “**UAV Photogrammetry**”. Curych,. DISS. ETH NO. 18515. ETH Curych, 2009.
- [2] Everaerts, J. “**The use of unmanned aerial vehicles (UAVs) for remote sensing and mapping**”. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 37, pp.1187-1192, 2008.
- [3] Ferreira, A. M. R.; Roig, H. L.; Marotta, G. S.; Menezes, P. H. B. J. **Utilização de aeronaves remotamente pilotadas para extração de mosaico georreferenciado multiespectral e modelo digital de elevação de altíssima resolução espacial**. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Foz do Iguaçu, PR, Brasil. Anais, p. 9308-93015, 2013.
- [4] Kung, O., Strecha, C., Beyeler, A., Zufferey, J.C., Floreano, D., Fua, P., Gervais, F. **The accuracy of automatic photogrammetric techniques on ultra-light uav imagery**. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVIII-1/C22 UAV-g, Conference on Unmanned Aerial Vehicle in Geomatics, Zurich, Switzerland, 2011.
- [5] DSG. **Especificação Técnica para Produtos de Conjunto de Dados Geoespaciais – ET-ADGV 2ª Ed.** Diretoria de Serviço Geográfico (DSG). 85p. 2016. Disponível em: <<http://www.geoportal.eb.mil.br/portal/inde2?id=140>> Acesso em: 03/out/2018.
- [6] DSG. **Especificação Técnica para Produtos de Conjunto de Dados Geoespaciais – ET-CQDG 1ª Ed.** Diretoria de Serviço Geográfico (DSG). 94p. 2016. Disponível em: <http://www.geoportal.eb.mil.br/portal/images/PDF/ET_CQDG_1a_edicao_2016.pdf> Acesso em: 03/out/2018.
- [7] Vitti D.M.C., Mauad F.F., Marques Jr A., Inocêncio L.C., Veronez M.R. **Análise de Erros Sistemáticos em Ortofotogerada por Meio de Fotogrametria com RPAs**. In: Congresso Brasileiro de Cartografia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2017.