

## **Análise de Acurácia de Georreferenciamento de Mosaicos de Imagens Obtidas por RPA**

**Gustavo Perin<sup>1</sup>, Tiago Gerke<sup>1</sup>, Victor Schnepfer Lacerda<sup>1</sup>, Joel Zubek da Rosa<sup>1</sup>,  
Eduardo Fávero Caires<sup>2</sup>, Elaine Margarete Guimarães<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Informática/PPG em Computação Aplicada  
Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) – Ponta Grossa, PR – Brasil

<sup>2</sup>Departamento de Ciências do Solo e Engenharia Agrícola  
Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) – Ponta Grossa, PR – Brasil

perin96@hotmail.com, tiago.gerke@ifpr.edu.br,  
victorschnepper@gmail.com, joel14zubek@gmail.com, efcaires@uepg.br,  
alainemg@uepg.br

**Abstract.** *This paper presents a comparative analysis of the accuracy of georeferencing mosaics generated through images collected by a UAV Ebee-SenseFly. Five different methods of georeferencing were used to determine the error and if there is a significant difference between each method using Pix4D and QuantumGIS softwares. The georeferencing after the Mosaic generation, using the QuantumGIS tool with 10 control points, was more accurate, presenting a RMSE of 0.403 and a significant difference by Tukey test compared to other methods.*

**Resumo.** *Este artigo apresenta uma análise comparativa da acurácia do georreferenciamento de mosaicos gerados através de imagens coletadas por um RPA modelo Ebee-SenseFly. Cinco diferentes métodos de georreferenciamento foram utilizados para determinar o erro e para verificar se existe diferença significativa entre cada método, utilizando os softwares Pix4D e QuantumGIS. O georreferenciamento após a geração do mosaico, utilizando a ferramenta QuantumGIS com 10 pontos de controle, se mostrou mais preciso, apresentando um RMSE de 0,403 e diferença significativa pelo teste de Tukey em relação aos demais métodos utilizados.*

### **1. Introdução**

A Tecnologia de Informação (TI) utiliza dados de Sensoriamento Remoto (SR) para apoio a tomada de decisão. Os critérios para um sistema com SR de sucesso devem incluir rapidez na obtenção dos dados, confiabilidade e baixo custo. Uma alternativa de tecnologia de SR que cumpre esses critérios e é bastante utilizada são as Aeronaves Remotamente Tripuladas (RPAs - do inglês *Remotely Piloted Aircraft*), também conhecidas como Veículos Aéreos Não-Tripulados (VANTs) ou ainda como Drones (termo em inglês que significa zangão). Imagens adquiridas a partir de RPAs contém diversas informações que são úteis por possuírem alta resolução espacial e temporal [Xiang e Tian 2011].

Segundo [Cândido et al. 2015], imagens aéreas com alta resolução espacial e temporal contribuem para obtenção de informações em campo, gerando dados que podem ser utilizados para apoio a tomada de decisão. Suas vantagens e facilidades propiciam o emprego dessas aeronaves nas mais variadas aplicações, como por

exemplo, na realização de monitoramentos sistemáticos de áreas susceptíveis a desastres naturais, no planejamento urbano e na agricultura de precisão [Júnior et al. 2015].

Imagens de alta resolução espacial coletadas por RPAs têm demonstrado potencial para monitoramento de variáveis agrônomicas e ambientais. No entanto, é necessário a captura de um grande número de imagens sobrepostas que devem ser consolidadas para produzir uma única ortomagem (também denominada ortomosaico) que representa toda a área de trabalho [Gómez-candón et al. 2014].

De uma forma geral, o produto final é um mosaico gerado a partir de imagens da área coberta pelo voo (planejado com antecedência), variando em quantidade conforme a especificação da resolução espacial escolhida e do tamanho total da área. Tais imagens são unidas sistematicamente por um ajuste e sobreposição das margens vizinhas, de forma que obtém-se uma representação contínua da superfície sobrevoada [Braz et al. 2015]. Uma das principais dificuldades nesse processo é a qualidade dessas informações em termos de precisão planimétrica e altimétrica em relação aos produtos de mapeamento obtidos [Da Silva et al. 2014].

O processamento fotogramétrico de imagens obtidas por RPA pode ser realizado com as posições dadas pelo sistema GNSS (coordenada geográfica do centro de cada fotografia), mas para se garantir a precisão do processo de mosaicagem é conveniente o uso de pontos de apoio e pontos de controle no terreno (GCPs - do inglês *Groud Control Points*) [Da Silva et al. 2014; Gómez-candón et al. 2014]. Para a correção geométrica das imagens coletadas por RPAs, coordenadas mais precisas de objetos fixos ao nível do solo são necessárias, porém tais objetos devem ser reconhecíveis nas imagens.

Existem diversas ferramentas para a realização do processo de correção geométrica em um mosaico, como por exemplo, sistemas de informação geográfica (GIS – do inglês *Geografic Information Systems*), que podem ser utilizadas em diferentes momentos, dependendo da metodologia utilizada.

Uma metodologia comum é a utilização de GCPs como apoio na geração do mosaico, onde o produto final será uma imagem geograficamente ajustada. [Liba e Berg-Jurgens 2015] usam esta metodologia com imagens de resolução espacial de 5cm/pixel obtidas por meio de um VANT utilizando a ferramenta Pix4d para geração dos mosaicos, onde a acurácia utilizando GCPs foi 0,132m e 1,417m sem o uso de GCPs.

Outra metodologia é a utilização de GCPs para correção de georreferenciamento após a geração do mosaico, utilizando o próprio sistema de obtenção das imagens, sendo que a distorção é corrigida informando as coordenadas dos GCPs visualizados nas imagens para ajuste do mosaico.

Nesta pesquisa foi analisada a precisão dos ortomosaicos criados automaticamente, com e sem a utilização de GCPs para correção geométrica, utilizando imagens coletadas com um VANT modelo eBee da Sensefly em conjunto com as ferramentas computacionais eMotion, Pix4D e Quantum GIS.

## 2. Material e Métodos

O experimento foi realizado em uma área experimental da região dos Campos Gerais do Paraná, na Fazenda Santa Cruz, localizada na cidade de Ponta Grossa.

O equipamento utilizado foi um VANT eBee (Figura 1), fabricado pela Sensefly. É possível encontrar as especificações do VANT no endereço:

<https://www.sensefly.com/drones/ebee.html>. A plataforma aérea foi equipada com uma câmera Sony Cyber-shot RGB com 18.2 megapixels, permitindo a coleta de imagens com resolução de 3,4 cm/pixel. O voo foi conduzido em uma altitude de 120 metros no dia 11 de agosto de 2016 entre 12 e 14h. As imagens foram georreferenciadas no software eMotion e processadas no software Pix4D.



**Figura 1. Vant Ebee**

Com a finalidade de visualizar os GCPs nas imagens a partir da resolução escolhida, foram confeccionados marcadores com fundo branco medindo 60cm x 60cm. Tais marcadores ficam posicionados com auxílio de estacas a uma altura de 50cm do solo, tendo em vista o acompanhamento no crescimento das culturas em diferentes experimentos. A Figura 2 mostra um dos marcadores. O marcador possui um X feito com fita de marcação, para auxiliar na identificação do ponto central, onde é feita a amarração com a coordenada geográfica.



**Figura 2. Marcador GCP utilizado em campo**

Para a coleta da posição dos GCPs foi utilizado um receptor geodésico Trimble R4 (Figura 3a) com coordenadas pós processadas com base nas estações da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS (RBMC) de Curitiba-PR e Guarapuava-PR. Para isso, foram definidos 10 pontos de controle ao longo da área de estudo, como ilustrado na Figura 3b.



**Figura 3. a) GPS Trimble R4. b) Disposição dos GCPs na área experimental**

A ferramenta utilizada para a geração dos mosaicos foi o Pix4Dmapper que é um aplicativo da empresa Pix4D que pode ser adquirido a partir de uma licença para uso particular ou por contrato de serviço online. O software Pix4D calcula as posições e orientações das imagens originais de forma automática através da Triangulação Aérea (AAT) e Ajustamento de feixes em Bloco (BBA– do inglês *Bundle Block Adjustment*). Com base em nuvem de pontos 3D obtidos durante a AAT e BBA, é gerado um Modelo Digital de Superfície (MDS) por ligação destes pontos. O ortomosaico é então criado a partir da projeção e combinação das imagens originais com o MDS [PIX4D 2013a].

A ferramenta utilizada para a correção dos mosaicos foi o QuantumGis (software de uso livre) com o plugin de georreferenciamento, para corrigir um mosaico já gerado utilizando pontos de controle selecionados manualmente [GIS 2009].

Para este trabalho foram gerados três mosaicos pelo Pix4D e dois pelo QGis, o primeiro sem a utilização de GCPs (Pix0), o segundo utilizando cinco GCPs (Pix5) e o terceiro utilizando dez GCPs (Pix10). O quarto (Qgis5) e quinto (Qgis10) mosaicos foram gerados utilizando o QGis com base no primeiro mosaico, porém fazendo a correção com 5 e 10 GCPs, respectivamente.

A escolha da quantidade de GCPs se deu devido a recomendação do Pix4D, em que um número mínimo de 5 pontos de controle é recomendado, e de 5 a 10 pontos de controle são geralmente suficientes, mesmo para grandes projetos. Mais pontos de controle não contribuem de forma significativa para aumentar a precisão [PIX4D 2013b].

Com base nas coordenadas dos GCPs medidas com o receptor geodésico, foi calculada a distância das coordenadas dos GCPs para cada um dos mosaicos gerados. Foi calculado também o RMSE (do inglês – *Root Mean Square Error*) como indicativo

de diferença entre as distâncias. Além disso, para saber se as distâncias medidas possuem uma diferença significativa entre os mosaicos, foi utilizado o teste de Tukey.

O teste de Tukey é um método estatístico de comparação múltipla. O teste pode ser utilizado juntamente com a análise de variância (ANOVA) para identificar a diferença entre grupos de dados significativamente diferentes uns dos outros. Seu funcionamento é baseado na distribuição da amplitude estudentizada e na execução da diferença significativa honesta como explicado em [Navidi 2015].

Neste trabalho não foi considerado o Modelo Digital de Terreno uma vez que a área estudada é pequena e não possui níveis significativos de declividade.

### 3. Resultados e Discussão

Os pontos em vermelho na Figura 4 representam as coordenadas exatas dos GCPs, e como pode ser observado, há um erro entre tal coordenada e seu respectivo marcador na imagem. Sendo assim, para todos os tratamentos foi medido o erro para cada um dos GCPs (Tabela 1). O mosaico que obteve o menor RMSE(0,403) foi o QGIS10. O mosaico que apresentou maior RMSE (2,122) em relação a distância dos pontos GCP foi o mosaico PIX0.

[Liba e Berg-Jurgens 2015] utilizaram imagens de RPA e 9 GCPs para a geração de um mosaico com a ferramenta Pix4D e compararam com um mosaico gerado sem o uso de GCPs. Quando medida a acurácia dos mosaicos encontraram o RMSE de 0,132 e 1,417 com e sem os GCPs, respectivamente. Neste trabalho, os mosaicos gerados pelo Pix4D sem a utilização de GCPs demonstraram um RMSE de 2,122 e os mosaicos gerados pelo mesmo método com 5 e 10 GCPs obtiveram um RMSE de 0,789 e 0,732, respectivamente.



Figura 4. Demonstração do erro de georreferenciamento (tratamento PIX0)

O resultado final pode sofrer grande influência de diversas variáveis, como a resolução espacial das imagens, equipamentos utilizados para coleta de imagens e de coordenadas dos GCPs, variáveis climáticas no momento das coletas, além do próprio software utilizado. Isso pode explicar a diferença de valores RMSE obtidos nesse trabalho em relação ao de [Liba e Berg-Jurgens 2015], apesar de a proporção da diferença do RMSE entre os tratamentos (sem GCP e com GCP) ser relativamente próxima nos dois trabalhos.

**Tabela 1. Distâncias entre GCPs em metros (m) e RMSE para cada mosaico**

Ponto	PIX0	PIX5	PIX10	QGIS5	QGIS10
P01	2,039	1,027	0,67	0,239	0,335
P02	1,959	1,042	0,661	0,104	0,196
P03	2,2	1,226	0,946	0,524	0,471
P04	2,57	0,973	0,71	0,971	0,91
P05	1,539	0,395	0,43	0,266	0,301
P06	1,373	0,377	0,614	0,519	0,393
P07	1,74	0,622	0,808	0,457	0,219
P08	2,261	0,589	0,778	0,241	0,216
P09	2,41	0,542	0,744	0,291	0,217
P10	2,717	0,56	0,842	0,21	0,199
RMSE	2,122	0,789	0,732	0,449	0,403

O teste de Tukey foi conduzido num delineamento inteiramente casualizado, ao nível 5% de significância, com cinco tratamentos e dez repetições (Tabela 2).

**Tabela 2. Resultados do Teste de Tukey 5% para os diferentes tratamentos**

Tratamentos	Médias*
PIX0	2,08 <sup>A</sup>
PIX5	0,74 <sup>B</sup>
PIX10	0,72 <sup>B</sup>
QGIS5	0,38 <sup>BC</sup>
QGIS10	0,35 <sup>C</sup>

**\*Letras iguais indicam médias iguais pelo teste de Tukey (p<0.05)**

Houve diferença significativa entre os mosaicos PIX0 em relação aos demais. Os mosaicos PIX5 e PIX10 não apresentaram diferença significativa entre eles. Não é possível estabelecer diferença significativa do tratamento QGIS5 dos demais tratamentos, além do PIX0.

Além de possuir menor erro, o processo de correção do mosaico pelo QGIS (tratamento QGIS5 e QGIS10) é menos trabalhoso quando comparado com a geração dos mosaicos corrigidos pelo Pix4D (tratamentos PIX5 e PIX10), tendo em vista a necessidade de demarcação dos GPCs em todas as imagens antes da geração do mosaico.

#### 4. Conclusão

Neste estudo, o ortomosaico corrigido sem a utilização de pontos de apoio apresentou maiores discrepâncias planimétricas em relação aos que utilizaram GCPs.

A quantidade de cinco e dez GCPs interferiu na qualidade do resultado, porém não significativamente de acordo com o teste de Tukey.

Com base nos resultados apresentados, é evidente a necessidade de se utilizar pontos de apoio para a geração de mosaicos de maior qualidade a partir de fotografias aéreas obtidas com RPA.

Como trabalho futuro, pretende-se verificar a diferença na correção das imagens através da utilização de um número maior de GCPs e considerar o modelo digital de terreno a fim de verificar a sua influência na precisão dos resultados.

#### Referências

- Braz, A. M. et al. (2015) Análise da aplicação de VANT na atualização de cadastro florestal com uso de pontos de controle. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, p. 2751-2758, João Pessoa-PB, Brasil.
- Cândido, A. K. A. A.; Da Silva, N. M.; Filho, A. C. P. (2015) Imagens de Alta Resolução Espacial de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) no Planejamento do Uso e Ocupação do Solo. Anuário Do Instituto De Geociências, 38(1), 147-156.
- Da Silva, D. C. et al. (2014) QUALIDADE DE ORTOMOSAICOS DE IMAGENS DE VANT PROCESSADOS COM OS SOFTWARES APS, PIX4D E PHOTOSCAN. V Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Recife - PE.
- GIS Development Team (2009). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Found. Download URL <http://qgis.osgeo.org>
- Gómez-Candón, D., De Castro, A., & López-Granados, F. (2014) Assessing the accuracy of mosaics from unmanned aerial vehicle (UAV) imagery for precision agriculture purposes in wheat. Precision Agriculture, 15(1), 44-56.
- Júnior, L. R. A. et al.(2015)Validação de Ortomosaicos e Modelos Digitais de Superfície utilizando fotografias obtidas com câmera digital não métrica acoplada a um VANT. Revista Brasileira de Cartografia, Rio de Janeiro, Nº 67/7, p. 1453-1466.
- Liba, N., & Berg-Jürgens, J. (2015) Accuracy of Orthomosaic Generated by Different Methods in Example of UAV Platform MUST Q. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 96(1), 8.
- Navidi, W. (2012). Probabilidade e estatística para ciências exatas. AMGH Editora. ed. 1 p. 433.
- Pix4d. (2013a). Pix4d Training. Apresentação PPT. Disponível em: <https://s3.amazonaws.com/uav.pix4d.com/examples/training/Pix4D+training.pdf>
- Pix4d. (2013b).Pix4dmapper Software Manual Pix4D Support. Lausanne, Suíça: Pix4D SA. Disponível em: <https://support.pix4d.com/forums/22655307-Manual>
- Xiang, H.; TIAN, L. (2011) Method for automatic georeferencing aerial remote sensing (RS) images from an unmanned aerial vehicle (UAV) platform. Biosystems Engineering, v. 108, n. 2, p. 104-113.