ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>

Avaliação da acurácia posicional de feições obtidas por imagens de sensores orbitais e aerotransportadas para fins de georreferenciamento de imóveis rurais

Amanda Aparecida de Paiva¹; Silas Constantini Burim²; Paulo Augusto Ferreira Borges³; Camila Souza Anjos Lacerda⁴

¹Engenheira Agrimensora e Cartógrafa, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais Campus Inconfidentes, Praça Tiradentes, 416, Centro, CEP 37576-000, Inconfidentes, Minas Gerais. paiva.eac@gmail.com. ²Engenheiro Agrimensor e Cartógrafo, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais Campus Inconfidentes, Praça Tiradentes, 416, Centro, CEP 37576-000, Inconfidentes, Minas Gerais. silasburim@hotmail.com. ³Professor M.e titular, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais Campus Inconfidentes, Praça Tiradentes, 416, Centro, CEP 37576-000, Inconfidentes, Minas Gerais. paulo.borges@ifsuldeminas.edu.br. ⁴Professora Dra. titular, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais Campus Inconfidentes, Praça Tiradentes, 416, Centro, CEP 37576-000, Inconfidentes, Minas Gerais. camila.lacerda@ifsuldeminas.edu.br.

Artigo recebido em 14/05/2020 e aceito em 16/07/2021

RESUMO

No que tange os métodos de posicionamento referentes a Georreferenciamento de Imóveis Rurais, destaca-se, como de maior uso, os levantamentos Topográficos e Geodésicos. Porém, é possível realizá-lo por meio de Sensoriamento Remoto (Sensores orbitais e Aerofotogrametria). A utilização de imagens orbitais ou aerotransportadas pode reduzir o tempo de trabalho de campo e auxiliar em limites inacessíveis e naturais. A maior dificuldade do georreferenciamento utilizando imagens está em atender às precisões exigidas pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), mas no mercado existem imagens de satélite de alta resolução espacial e também existe a possibilidade de obtenção de imagens coletadas por aeronaves remotamente pilotadas (ARP) com altíssima resolução espacial que podem atender as exigências. Deste modo este trabalho tem como objetivo avaliar as feições que correspondem aos limites de um imóvel rural obtidas por três imagens, uma WorldView-3, uma PlanetScope e por uma ortofoto oriunda de ARP, sendo estas três comparadas e avaliadas a partir do LG e posteriormente classificadas de acordo com o Padrão de Exatidão Cartográfica e com o INCRA. Entre os conjuntos de dados utilizados o melhor resultado de acordo com a classificação normativa do INCRA foi a ortofoto gerada pelo levantamento aerofotogramétrico, pois atendeu à precisão para os vértices artificiais, naturais e vértices inacessíveis. No entanto, a imagem WorldView-3 apresentou o pior resultado na classificação, pois não atendeu nenhum dos tipos de vértices. Entre os conjuntos de dados utilizados o que melhor atendeu as especificações do georreferenciamento de imóveis rurais foi o levantamento aerofotogramétrico.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto, Normas do INCRA, Levantamento Aerofotogramétrico, Padrão de Exatidão Cartográfica.

Evaluation of the positional accuracy of features obtained by images of orbital sensors and airborne for georeferencing of rural properties

ABSTRACT

Concerning methods of positioning the georeferencing of rural properties, it stands out the topographical and geodetic surveys. However, it is possible to make through remote sensing (images of orbital sensors and airborne). The use of orbital or air-borne images can reduce service time and help in inaccessible areas, such as unreachable and natural limits. The most significant difficulty of the georeferencing using images is to meet the required accuracy by the National Institute of Colonization and Agrarian Reform (INCRA). However, there are high spatial resolution satellite images are now available. There is the possibility of getting the images collected by remotely piloted aircraft (RPA) with a very high spatial resolution that meets the requirements. This work aims to assess the features obtained by three images, a WorldView-3, a Planet Scope, and an RPA orthophoto. These three are being compared and evaluated from a geodetic survey and subsequently classified according to the cartographic precision standard of INCRA. The best dataset for the normative of INCRA was the orthophoto generated by RPA because it met the precision for artificial, natural vertices and inaccessible vertices. However, the WV-3 image had the worst result in the classification because it did not meet

consistent accuracy to any of the vertices' types. Between the three data sets used, the one that best suits the specifications of georeferencing of rural properties were the images airborne.

Key words: Remote Sensing, INCRA Rules, Aerophotogrammetric Survey, Cartographic Accuracy Standard.

Introdução

O georreferenciamento de imóveis rurais passou a ser exigido a partir da criação da lei 10.267 em 28 de agosto de 2001 visando regularizar a situação dos imóveis rurais no país, sendo esta lei regulamentada pelo Decreto nº 4.449/2002. Com o passar dos anos o Art. 10 que estipula os prazos para certificação do imóvel rural estipulados pelo decreto de 2002 foram alterados pelo Decreto nº 5.570/2005 e pelo Decreto nº 7.620/2011. Além dos decretos, o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) dispõe de manuais e normas para a realização do georreferenciamento.

Um dos manuais estabelecidos pelo INCRA é o manual técnico de posicionamento que estabelece os métodos de aplicação que podem ser utilizados para realizar o georreferenciamento de imóveis rurais, incluindo-se a possibilidade de se utilizar imagens de aerofotogrametria e de sensores orbitais (INCRA, 2013a).

Além do manual técnico de posicionamento há também o manual técnico de limites e confrontações e a norma técnica para georreferenciamento de imóveis rurais, que juntos formam um conjunto de normas para realizar o georreferenciamento de imóveis rurais, é importante ressaltar que a norma técnica estabelece os tipos e precisões de limites, sendo 0,5 m para limites artificiais, 3,0 m para naturais e 7,5 para limites inacessíveis (INCRA, 2013b). Além dos manuais mencionados é necessário seguir a norma de execução do INCRA/DF/ nº 02 de 19 de fevereiro de 2018, que estabelece critérios específicos para utilizar aerofotogrametria nesta modalidade.

Também deve ser levado em consideração que para utilizar aerofotogrametria através de uma Aeronave Remotamente Pilotada (ARP), esta deve estar devidamente registrada na Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) e além disso, deve seguir as regras da Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) e as normas de utilização do espaço aéreo regidas pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), conforme especificado nas orientações para usuários de drones (ANAC, 2017).

O uso de sensoriamento remoto usando ARP mostrou-se eficiente para realizar o georreferenciamento de imóveis rurais em estudos realizados utilizando ortofotos, pois atendeu as

normas exigidas pelo INCRA para limites artificiais, naturais e inacessíveis (Ramos et al.; Neto et al., 2017; Chicati et al.; Marques e Souza, 2019).

Em Gouveia (2018), foi realizado a comparação entre ARP e o LG e os dados da imagem provenientes de ARP obtiveram resultados satisfatórios, atendendo as precisões exigidas pelo INCRA, sendo recomendado para utilização no georreferenciamento de imóveis Rurais.

De acordo com Crispin et al (2018), o uso de ARP tem se tornado cada vez mais favorável, porque apresenta menor custo e é possível resolver os trabalhos de regularização fundiária em menos tempo. Além de ser possível elaborar plantas e memoriais a partir dos dados de imagens de alta resolução.

Em Menezes e Cruz (2018), também atendeu-se as especificações exigidas pelo INCRA, além disso, foi realizado um estudo de custos identificando que o valor do serviço por ARP é inferior ao valor estimado para o levantamento geodésico.

Além da aerofotogrametria os sensores orbitais também são uma alternativa. Em Barbosa e Bias (2019) foi classificada uma imagem WorldView-2 e o resultado atendeu a escala de 1:5000, sendo possível utilizar essa imagem para limites naturais e inacessíveis.

Em outro estudo, porém realizado utilizando imagem do Google Earth para fins de georreferenciamento de imóveis rurais não foi possível percorrer o perímetro com precisão, deste modo recomendou-se utilizar este método apenas como auxílio e não como o principal método para realizar o levantamento (SILVA et al., 2019).

No estudo de Oliveira, Silva e Soares (2020) é mencionado que as imagens de satélite vem destacando a sua potencialidade para o Cadastro Ambiental Rural (CAR), quando analisada com o levantamento geodésico.

Segundo Zerbielli et al (2015), os valores planimétricos resultantes do Google Earth e do levantamento por sistema geográfico "*in loco*" apresentaram resultados semelhantes, mas recomendam utilizar as imagens de sensores orbitais apenas para análise na pré-visualização de feições geográficas para fins de cadastro rural.

Além do CAR, as imagens de satélites têm se mostrado de grande importância inclusive para o INCRA, pois a partir de imagens de satélites pode se obter mapas temáticos apresentando informações como meio físico, uso do solo e estrutura fundiária que podem auxiliar na tomada

de decisão sobre a regularização fundiária (PINTO, 2020)

Além de seguir as normas e decretos que explicam como deve ser realizado o georreferenciamento de imóveis rurais, este trabalho também classificou os produtos digitais de acordo com o Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC). Segundo Santos (2016) o PEC foi estabelecido pelo Decreto Lei nº 89.817 de 20 de junho de 1984. Este Decreto estabeleceu que 90% dos pontos bem definidos numa carta, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao PEC e que o erro-padrão isolado num trabalho cartográfico não poderá ultrapassar 60,8% do PEC (Decreto 89.817, 1984).

Como o decreto foi promulgado em 1984, fez-se necessário um PEC para produtos cartográficos digitais, deste modo o exército passou a recomendar a Especificação Técnica dos Produtos de Conjuntos de Dados Geoespaciais (ET-PCDG), que visa a classificação de produtos cartográficos digitais (BARBOSA, 2018).

Umas das formas de classificar os produtos cartográficos no PEC é por meio do *software* GEOPEC, sejam ortofotos geradas por voos com ARP ou por imagens de satélite. Segundo Ramos et al (2017, p.677) “O algoritmo do GeoPEC foi desenvolvido seguindo os procedimentos descritos nas normas e na metodologia proposta por Santos et al. (2016).”

Material e métodos

Localização

A área de estudo do presente trabalho (Figura 2) corresponde a Fazenda Escola do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Inconfidentes, localizada no município de Inconfidentes, no estado de Minas Gerais e com as seguintes coordenadas centrais: 22°18'33" S e 46°19'52" W.

Materiais

Para a realização deste trabalho foi utilizada uma imagem do sensor WorldView-3 (WV-3) ortorretificada, constituída de uma banda pancromática, oito bandas multiespectrais, oito bandas no infravermelho de ondas curtas e doze bandas no CAVIS, sendo as resoluções espaciais de 0,31 m, 1,24 m, 3,70 m e 30,00 m respectivamente. Além disso, a imagem WV-3 possui resolução radiométrica de 11 bits/pixel nas bandas pancromática e multiespectral e 14 bits/pixel

no infravermelho de ondas curtas. A data da imagem utilizada é de 20/12/2019.

Também foi utilizada uma imagem do sensor PlanetScope ortorretificada, com três bandas multiespectrais, com resolução espacial de 3,00 m e resolução radiométrica de 12 bits/pixel, referente a data de 14/07/2019.

Além das imagens de sensores orbitais, foi utilizada uma ortofoto georreferenciada com GSD de 6 cm proveniente de um levantamento aerofotogramétrico realizado com altura de 120 m com a ARP Phantom 4 Standard que possui um sensor na faixa do visível com resolução de 12 MPixel, a data do voo é referente ao dia 16/05/2019.

Também foram utilizados receptores GNSS da marca Unistrong e da marca Emild Reach RS+ e os *softwares* AutoCAD 2017, ENVI versão 5.3, QGIS versão 3.10.0, GeoPEC versão 3.5.1. e o *software* Excel 2013.

Além desses materiais, também foram utilizados os dados de campo do levantamento geodésico realizado por meio de receptores GNSS da fazenda, referente ao ano de 2016, em que foram utilizados os métodos relativo rápido-estático com pós-processamento e levantamento por meio do código CA com pós-processamento, sendo este levantamento fornecido pelo setor de Agrimensura e Cartografia, para serem utilizados nas análises das feições.

Métodos

Para melhor compreensão do leitor, a Figura 1 apresenta o fluxograma da metodologia utilizada para classificar os produtos cartográficos e comparar as feições provenientes deles.

Em sua primeira etapa, o trabalho consistiu na identificação das feições a partir dos dados de campo do levantamento geodésico (LG) no *software* AutoCAD. Vale ressaltar que os dados já estavam processados e que o levantamento foi realizado conforme o manual técnico de posicionamento do INCRA (INCRA, 2013a).

A segunda etapa deste trabalho consistiu em realizar a fusão de bandas na imagem do sensor WV-3 através do método *Gram-Schmidt* no *software* ENVI, pois mesmo a resolução espacial da banda pancromática sendo melhor, foi essencial utilizar as bandas multiespectrais para melhor fotointerpretação dos elementos na imagem. De acordo com Pinho, Rennó e Kux (2005) o método de fusão *Gram-Schmidt* foi considerado o melhor em transferência de detalhes.

Figura 1: Fluxograma.

Após a fusão das imagens, deu-se início a terceira etapa que consistiu na identificação de pontos de checagem para a classificação no *software* GeoPEC. A seleção de 32 pontos levou em consideração beirais de construções, quinas de campo de futebol e de um terreiro pavimentado que estavam visíveis na imagem. Para a identificação dos pontos de checagem na imagem do sensor WV-3 e do sensor PlanetScope foi utilizado o *software* ENVI e para a ortofoto foi utilizado o *software* QGIS.

Em seguida, na quarta etapa, foi necessário ir a campo fazer a coleta dos pontos de checagem que foram utilizados para classificar a imagem do sensor WV-3, do sensor PlanetScope e da ortofoto, sendo utilizados 20 pontos de checagem para cada imagem. Para a coleta desses pontos foram utilizados os receptores GNSS Unistrong e Reach RS+ e o método utilizado foi o levantamento por *Real Time Kinematic* (RTK).

A quinta etapa consistiu em definir as escalas para posterior classificação no PEC. As escalas foram calculadas com base na menor unidade cartográfica (0,0002 m) e nos valores da precisão correspondente para os limites artificiais, naturais e inacessíveis, conforme Equação 01. Com isso as escalas adotadas foram 1:2500 referente aos limites artificiais, 1:15000 para os limites naturais e 1:37500 para os limites inacessíveis.

$$E = \frac{d}{D} \quad (1)$$

E: escala;

d: precisão do INCRA (m);

D: menor unidade cartográfica (m).

A sexta etapa consistiu em classificar a imagem do sensor WV-3, do sensor PlanetScope e da ortofoto de acordo com as normas do PEC e com a normativa do INCRA. Para a classificação foi utilizado o *software* GEOPEC, muito empregado para a classificação de produtos cartográficos digitais, como utilizado em Arcanjo e Anjos (2019).

A sétima etapa consistiu em exportar a imagem do sensor WV-3, para o *software* QGIS, no qual foi possível delimitar as feições, sendo elas: Feição 1 (limite esquerdo da área de estudo), Feição 2 (rodovia), Feição 3 (limite direito da área de estudo) e Feição 4 (rio), conforme representadas na Figura 3. Em seguida, o mesmo procedimento foi feito para o sensor PlanetScope e para a ortofoto.

Em seguida, a oitava etapa consistiu em realizar a análise das feições, para isso as feições foram exportadas para o *software* AutoCAD. Nele foi realizada a análise entre as feições da imagem do sensor WV-3 com as correspondentes do levantamento geodésico. Para a análise foi criada uma linha perpendicular às feições e aplicadas linhas paralelas para cada perpendicular a cada dois metros até cobrir toda a extensão de cada feição. Em seguida, o mesmo procedimento foi feito para o sensor PlanetScope e para a ortofoto. Sendo que na ortofoto só foi realizada a análise para a Feição 04, pois a ortofoto não compreendia toda a área de estudo.

Por fim, na nona etapa as distâncias entre as feições analisadas, contadas ao longo das linhas auxiliares foram exportados para o Excel, onde foram identificados os valores de máximo e mínimo e calculados a média, mediana, moda e desvio padrão, para cada feição de cada imagem.

Figura 2: Mapa de Localização.

Figura 3: Localização das feições

Resultados e discussão

Classificação Segundo o Decreto Lei 89.817 e com a Norma de Execução INCRA/DF/02, de 19 de fevereiro de 2018

Através da classificação planimétrica realizada no *software* GeoPEC, foi possível a partir dos resíduos obter os dados estatísticos das discrepâncias, tais como: média, desvio, variância, RMS, valor máximo e valor mínimo.

Também foi possível classificar os

Classificação do sensor WV-3

Tabela 1: Estatísticas das Discrepâncias da imagem do sensor WV-3 em metros.

Estatística	Este	Norte	Posicional
Média	15,42	3,22	15,82
Desvio	7,09	1,44	7,09
Variância	50,31	2,08	50,33
RMS	16,90	3,52	17,26
Máximo	23,42	5,39	23,97
Mínimo	0,09	0,32	1,17

A imagem WV-3 não apresentou resultados satisfatórios para uma imagem de alta resolução espacial. Como apresentado na Tabela 1, a máxima discrepância foi na coordenada este (discrepância predominante em relação a leste) com um valor de 23,42 m. Uma das explicações é a existência de um problema de deslocamento na imagem principalmente na direção oeste, porque a utilização de uma imagem ortorretificada com resolução espacial de 0,30 m não deveria apresentar um valor tão alto de discrepância.

Tabela 2: Classificação da imagem do sensor WV-3 de acordo com o Decreto Lei 89.817 para escala de 1:37500.

Classe	%di < PEC	RMS < EP	Resultado
A	55,00	Falhou	Reprovado
B	100,00	Passou	Aprovado
C	100,00	Passou	Aprovado

A imagem WV-3 foi classificada na classe B para a escala 1:37500, como apresentado na Tabela 2.

Para melhor compreensão das tabelas que se referem a classificação de acordo com o Decreto Lei 89.817 é importante destacar que “di” significa discrepância e “EP” significa erro padrão.

produtos cartográficos de acordo com o Decreto Lei 89.817 e de acordo com as normas do INCRA.

Ressaltando que a classificação no PEC é de suma importância para os produtos cartográficos, como também foi utilizado por Gouveia (2018), Silva (2019) e Xavier et al (2020).

É necessário lembrar que de acordo com o Decreto Lei 89.817/1984 a classificação no PEC tem um erro padrão aceitável para cada classe sendo 0,3 mm na escala da carta para a classe A, 0,5 mm na escala da carta para a classe B e 0,6 mm na escala da carta para a classe C.

Tabela 3: Classificação da imagem do sensor WV-3 de acordo com as normas do INCRA.

Tipo de Limite	%di < Tolerância	Resultado
Artificial	0,00	Reprovado
Natural	10,00	Reprovado
Inacessível	15,00	Reprovado

Considerando a escala de 1:37500 o erro padrão para classe A seria de até 11,25 m e para as normas do INCRA de até 7,50 m para limites inacessíveis. Deste modo, mesmo se fosse classificada na classe A seria necessário verificar se todas as diferenças dos pontos de checagem estão abaixo de 7,50 m.

Em relação as normas do INCRA a imagem WV-3 não foi classificada para nenhum dos tipos de limite utilizados no georreferenciamento de imóveis rurais, conforme apresentado na Tabela 3, deste modo esta imagem não poderia ser utilizada para esse fim.

Classificação do sensor PlanetScope

Tabela 4: Estatísticas das Discrepâncias da imagem do sensor PlanetScope em metros.

Estatística	Este	Norte	Posicional
Média	2,69	2,77	4,22
Desvio	1,63	1,75	1,64
Variância	2,65	3,08	2,70
RMS	3,12	3,25	4,51
Máximo	5,58	5,35	7,13
Mínimo	0,02	0,01	1,38

A imagem do sensor PlanetScope atendeu o resultado esperado, obtendo um RMS de 4,51 m valor próximo a sua resolução que é de 3,0 m. Além disso em Pinheiro, Ramos e Júnior (2019), o RMS apresentado para uma imagem da Planet Scope foi de 4,65 m, próximo ao RMS da imagem utilizada para este trabalho.

Tabela 5: Classificação da imagem do sensor PlanetScope de acordo com o Decreto Lei 89.817 para escala de 1:15000.

Classe	%di < PEC	RMS < EP	Resultado
A	100,00	Passou	Aprovado
B	100,00	Passou	Aprovado
C	100,00	Passou	Aprovado

Tabela 6: Classificação da imagem do sensor PlanetScope de acordo com o Decreto Lei 89.817 para escala de 1:37500.

Classe	%di < PEC	RMS < EP	Resultado
A	100,00	Falhou	Reprovado
B	100,00	Passou	Aprovado
C	100,00	Passou	Aprovado

A imagem do sensor PlanetScope foi classificada na classe B para a escala de 1:15000, conforme Tabela 5, e como não foi aprovada na classe A a imagem não poderia ser utilizada para identificar vértices naturais. Para a escala de 1:37500 a imagem foi aprovada em todas as classes, conforme apresentado na Tabela 6. Deste modo a imagem do sensor PlanetScope poderia ser utilizada para determinar os vértices inacessíveis, mas antes seria necessário verificar se todas as diferenças dos pontos de checagem estão abaixo de 7,50 m. Pois mesmo com a imagem aprovada na classe A, isso não garante a precisão exigida pelo INCRA conforme explicado anteriormente.

Tabela 7: Classificação da imagem do sensor PlanetScope de acordo com as normas do INCRA.

Tipo de Limite	%di < Tolerância	Resultado
Artificial	0,00	Reprovado
Natural	25,00	Reprovado
Inacessível	100,00	Aprovado

A imagem do sensor PlanetScope foi classificada no INCRA apenas para o vértice do tipo inacessível, conforme apresentado na Tabela 7, o que já era esperado com base na sua resolução espacial, sendo assim ela poderá ser utilizada no georreferenciamento de imóveis rurais, mas somente para identificar limites inacessíveis.

Classificação da ortofoto

Tabela 8: Estatísticas das Discrepâncias da ortofoto em metros.

Estatística	Este	Norte	Posicional
Média	0,31	0,15	0,37
Desvio	0,14	0,13	0,12
Variância	0,02	0,02	0,01
RMS	0,34	0,20	0,39
Máximo	0,47	0,46	0,50
Mínimo	0,12	0,02	0,12

Os resultados estatísticos da ortofoto atenderam o resultado esperado, obtendo um RMS de 0,39 m, conforme apresentado na Tabela 8.

Tabela 9: Classificação da ortofoto de acordo com o Decreto Lei 89.817 para escala de 1:2500.

Classe	%di < PEC	RMS < EP	Resultado
A	100,00	Passou	Aprovado
B	100,00	Passou	Aprovado
C	100,00	Passou	Aprovado

Tabela 10: Classificação da ortofoto de acordo com o Decreto Lei 89.817 para escala de 1:15000.

Classe	%di < PEC	RMS < EP	Resultado
A	100,00	Passou	Aprovado
B	100,00	Passou	Aprovado
C	100,00	Passou	Aprovado

Tabela 11: Classificação da ortofoto de acordo com o Decreto Lei 89.817 para escala de 1:37500.

Classe	%di < PEC	RMS < EP	Resultado
A	100,00	Passou	Aprovado
B	100,00	Passou	Aprovado
C	100,00	Passou	Aprovado

A ortofoto foi classificada na classe A para a escala de 1:2500, 1:15000 e 1:37500, conforme apresentado nas Tabelas 9, 10 e 11. Deste modo a imagem da ortofoto pode ser utilizada para determinar os vértices artificiais, naturais e inacessíveis. Lembrando de verificar as discrepâncias entre os pontos de checagem, pois somente a classificação no PEC não é suficiente, como descrito anteriormente.

Tabela 12: Classificação da ortofoto de acordo com as normas do INCRA.

Tipo de Limite	%di < Tolerância	Resultado
Artificial	100,00	Aprovado
Natural	100,00	Aprovado
Inacessível	100,00	Aprovado

A ortofoto atingiu todas as expectativas,

pois foi aprovada em todas as classificações, inclusive para limites artificiais, conforme apresentado na Tabela 12. Sendo assim, ela pode ser utilizada para levantar todos os tipos de limites que compreendem o georreferenciamento de imóveis rurais, com exceção de vértices do tipo Marco que precisam ser implantados em campo.

Também pode ser identificado no trabalho de Junior (2019) a eficácia das ortofotos, em que foi realizada a comparação de pontos com levantamento geodésico e obteve-se como resultado discrepâncias inferiores a 0,287 m.

Comparação das Feições

Feição 1 (WV-3 e PlanetScope) – Limite esquerdo da área de estudo

A seguir a Figura 4, Figura 5 e Figura 6 apresentam as análises da discrepância das feições entre os métodos propostos.

Figura 4: Comparação da Feição 1 em metro.

Na Figura 4 estão representadas as discrepâncias em relação a Feição 1 para as imagens do sensor WV-3 e do sensor PlanetScope quando comparadas com o LG.

Nota-se que a imagem do sensor PlanetScope apresentou as menores discrepâncias, isso se deve ao fato da imagem WV-3 apresentar um deslocamento predominante na direção leste.

Tabela 13: Comparação das discrepâncias encontradas para a Feição 01 em metros.

Estatísticas	LG x WV-3	LG x PlanetScope
Mínimo	0,04	0,00
Máximo	32,32	11,89
Média	10,54	2,49
Moda	8,62	0,17
Mediana	9,91	2,14
DP	6,89	2,10

Na Tabela 13 são apresentados os resultados estatísticos em relação a comparação da Feição 1. Verifica-se que em todas as estatísticas a imagem do sensor PlanetScope apresenta os melhores resultados e com uma grande diferença dos apresentados para a imagem do sensor WV-3. Acredita-se que o deslocamento posicional da imagem WV-3 deve ser um problema específico da cena disponibilizada visto que a resolução espacial do sensor WV-3 é melhor que a da imagem PlanetScope e poderia atender outras categorias de limite.

Feição 2 (WV-3 e PlanetScope) – Limite superior da área de estudo

Figura 4: Comparação da Feição 2 em metros.

Na Figura 5 estão representadas as discrepâncias em relação a Feição 2 ocorridas na imagem do sensor WV-3 e as do sensor PlanetScope quando comparadas com o LG.

Na comparação da Feição 2 percebe-se que a imagem do sensor WV-3 apresentou menores discrepâncias que a imagem do sensor PlanetScope.

Tabela 14: Comparação da Feição 02 em metros.

Estatísticas	LG x WV-3	LG x PlanetScope
Mínimo	0,00	0,02
Máximo	3,26	8,08
Média	0,80	3,82
Moda	0,05	3,29
Mediana	0,50	3,45
DP	0,80	2,22

Na Tabela 14 são apresentados os resultados estatísticos em relação a comparação da Feição 2. Nota-se que todas as estatísticas apresentaram melhores resultados para a imagem do sensor WV-3 do que para a imagem do sensor PlanetScope, mas não foram tão diferentes como na comparação da Feição 1, isso se justifica pelo fato

do deslocamento da imagem WV-3 ser predominante na direção leste, já nas coordenadas norte os deslocamentos não são tão discrepantes.

Feição 3 (WV-3 e PlanetScope) – Limite direito da área de estudo

Figura 5: Comparação da Feição 3 em metros.

Na Figura 6 estão representadas as discrepâncias em relação a Feição 3 ocorridas na imagem do sensor WV-3 e as do sensor PlanetScope quando comparadas com o levantamento geodésico.

Na comparação da Feição 3 a imagem do sensor WV-3 apresentou maiores discrepâncias que a imagem do sensor PlanetScope.

Tabela 15: Comparação da Feição 03 em metros.

Estatísticas	LG x WV-3	LG x PlanetScope
Mínimo	0,07	0,00
Máximo	29,87	15,35
Média	12,03	4,33
Moda	1,30	0,09
Mediana	11,95	4,47
DP	8,64	2,96

Na Tabela 15 são apresentados os resultados estatísticos em relação a comparação da Feição 3. Os valores entre as imagens não são semelhantes, devido ao deslocamento posicional na imagem mencionado anteriormente, por isso a média da imagem do sensor WV-3 foi tão alta.

Feição 4 (WV-3, PlanetScope e ARP) – Limite inferior da área de estudo

Figura 6: Comparação da Feição 4 em metros.

Na Figura 7 estão representadas as discrepâncias em relação a Feição 4 ocorridas na imagem do sensor WV-3, na imagem do sensor Planet e na ortofoto quando comparadas com o levantamento geodésico.

Através da análise percebe-se que a imagem do sensor WV-3 apresentou as maiores discrepâncias e a ortofoto que obteve o melhor resultado apresentou resultados próximos da imagem PlanetScope.

Tabela 16: Comparação da Feição 04 em metros

Estatísticas	LG x WV-3	LG x ARP	LG x PlanetScope
Mínimo	0,00	0,00	0,00
Máximo	33,64	11,04	10,53
Média	14,72	2,31	2,91
Moda	15,88	0,19	0,51
Mediana	15,47	1,58	2,60
Desvio	8,71	2,20	2,24

Na Tabela 16 são apresentados os resultados estatísticos em relação a comparação da Feição 4. Nota-se que o melhor desvio padrão é o apresentado pela ortofoto o que já era esperado com base na classificação realizada no PEC e no INCRA.

Os valores que apresentaram as maiores discrepâncias foram consideravelmente altos, mas não foi somente devido a qualidade das imagens e da ortofoto, para uma melhor explicação eles estão representados nas Figuras 8, 9 e 10.

Figura 7: Representação do valor máximo de discrepância entre o Levantamento Geodésico e a imagem do sensor WV-3.

A Figura 8 que corresponde a feição 4 segue a sinuosidade que define o rio, deste modo há momentos em que a comparação é feita levando em consideração o sentido Norte-Sul e momentos que é feita no sentido Leste-Oeste, e foi nesse sentido (Leste-Oeste) que foi identificado o valor máximo de discrepância de 33,64 m entre o

levantamento geodésico e a imagem WV-3.

Figura 8: Representação do valor máximo de discrepância entre o Levantamento Geodésico e a imagem do sensor Planet.

Na Figura 9 há um deslocamento de 10,53 m, parte dessa diferença se dá pela própria resolução espacial da imagem, mas outro fator que pode ter contribuído é o deslizamento da encosta do rio.

Figura 9: Representação do valor máximo de discrepância entre o Levantamento Geodésico e a ortofoto.

A linha vermelha da Figura 10 corresponde a uma distância de 11,04 m que equivale ao valor máximo de diferença entre o limite levantado na ortofoto e o limite do levantamento geodésico, nota-se que a imagem não possui distorções nessa área e que os limites não foram desenhados no mesmo sentido. Este erro se deve a dificuldade em se identificar a posição em áreas sob matas.

Conclusão

A utilização de imagem de satélite e de ortofoto proveniente de ARP são viáveis para serem utilizadas em georreferenciamento de imóveis rurais, sendo que para as imagens de satélite é mais indicado identificar vértices naturais e inacessíveis e para ortofoto todos os tipos de vértices.

Um cuidado a se tomar é verificar se a imagem possui algum deslocamento posicional muito alto e se é possível de ser corrigido com o registro.

Outra cautela a ser tomada é que para classificar um produto cartográfico para fins de georreferenciamento de imóveis rurais é necessário que seja classificado diretamente com as normas do INCRA, por exemplo, a imagem do sensor PlanetScope foi classificada na classe B para escala de 1:15000 que corresponde a vértices naturais, porém ao ser classificada no INCRA ela atendeu somente os vértices inacessíveis, mas mesmo se a imagem fosse classificada na classe A do PEC seria

necessário atenção nos resultados estatísticos, pois a classe A permite um erro de até 4,5 m para a escala de 1:15000 e para atender a precisão exigida

pelo INCRA para limites naturais, a imagem poderia ter no máximo até 3,0 m de erro.

A ortofoto pode ser utilizada para identificar os vértices artificiais, naturais e inacessíveis, mas além dos cuidados citados é necessário identificar a existência de distorções e sombras nos locais de interesses, pois estas podem atrapalhar na identificação de pontos e feições.

Por fim sugere-se que para trabalhos futuros seja realizada a comparação entre os conjuntos de dados propostos, mas com uma imagem de satélite de alta resolução espacial que não apresente deslocamentos tão discrepantes. Além disso, recomenda-se que se utilize uma ortofoto que possua limites artificiais para serem comparados.

Agradecimentos

Os autores agradecem a empresa DigitalGlobe por ceder a imagem do sensor World View 3, a empresa Planet pela imagem do satélite PlanetScope, a empresa júnior IFEAC Agrimensura e Cartografia por disponibilizar o receptor Reach RS+ e também ao Setor de Agrimensura e Cartografia do IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes por ceder o receptor Unistrong, a ortofoto do levantamento por aerofotogrametria e os dados do levantamento geodésico.

Referências

- ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil. (2017). Orientações para Usuários de Drones. 1ª ed.
- Arcanjo, D. R., & Anjos, C. S. (2019). Análise da Acurácia Posicional Planimétrica de Imagem Orbital do Sensor PAN/CBERS-4. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 19, pp. 2806-2809.
- Barbosa, W. W. (2018). Análise das Potencialidades do Uso de Imagens Orbitais de

- Alta Resolução Espacial Visando Atender as Especificações da Norma Técnica de Georreferenciamento de Imóveis Rurais. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal, Brasil. Disponível: <http://ppegeo.igc.usp.br/index.php/anigeo/article/view/13163>.
- Barbosa, W. W., & Bias, E. d. (2019). Análise das Potencialidades do uso de Imagens Orbitais de Alta Resolução Espacial Visando Atender as Especificações da Norma técnica e Georreferenciamento de Imóveis Rurais. Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ, 42, pp. 618-629.
- Chicati, M. L., Neto, O. T., Nanni, M. R., Oliveira, R. B., César, E., & Chicat, M. S. (2019). USO DE DRONES NO GEORREFERENCIAMENTO DE IMÓVEIS RURAIS PARA LEVANTAMENTO DE VÉRTICES DE DIFÍCIL ACESSO. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 19, pp. 283-286.
- CRISPIM, L. C.; MICHELS, D. D. G. & FARIAS, J. L. P. ABORDAGEM SOBRE O USO DE RPA (AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA) COMO APOIO AO GEORREFERENCIAMENTO DE IMÓVEIS RURAIS. In: COBRAC, 13., 2018, Florianópolis. Artigo. Florianópolis: 2018. p. 1-16. Disponível em: <http://ocs.cobrac.ufsc.br/index.php/cobrac/cobra/c2018/paper/view/489/136>. Acesso em: 19 maio 2021.
- Decreto nº. 4.449, de 30 de outubro de 2002 (2002). Regulamenta a Lei nº 10.267, de 28 de agosto de 2002. Diário Oficial da União. Brasília, DF.
- Decreto nº. 5.570, de 31 de outubro de 2005 (2005). Oficial da União. Brasília, DF.
- Decreto nº. 7.620, de 21 de novembro de 2011 (2011). Diário Oficial da União. Brasília, DF.
- Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984 (1984). Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional. Diário Oficial da União. Brasília, DF.
- ET-PCDG (2014). Norma para Especificações Técnica para Produtos de Conjunto de Dados Geoespaciais. 1ª ed. Exército Brasileiro – Departamento de Ciência e Tecnologia.
- Gouveia, Gabriel da Silva. Análise da confiabilidade do produto de rpa na demarcação de vértices artificiais em georreferenciamento de imóveis rurais. 2018. 52 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica, Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2018. Disponível em: <http://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/30401/2/An%c3%a1liseDaConfiabilidade.pdf>. Acesso em: 19 maio 2021.
- INCRA, (2013a). Manual Técnico de Limites e Confrontações. 1ª ed. Brasília, DF.
- INCRA, (2013b). Manual Técnico de Posicionamento. 1ª ed. Brasília, DF.
- INCRA, (2013c). Manual Técnico para Georreferenciamento de Imóveis Rurais. 3ª ed. Brasília, DF.
- Marques, G. R., & Souza, P. G. (2019). Georreferenciamento de Imóvel Rural Utilizando Drone (ARP). Brazilian Journal of Technology, 2, pp. 424-438.
- Menezes, L. C. & Cruz, V. C. Georreferenciamento de imóveis rurais com fotogrametria: aplicação da norma de execução de 02/2018 do incra à estação experimental agrônômica da UFRGS. 2018. 98 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Cartográfica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/189235/001088661.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 19 maio 2021.
- Neto, F. d., Júnior, J. G., Botelho, M. F., Santos, A. d., Nascimento, L. A., & Fonseca, A. L. (2017). Avaliação da Qualidade Posicional de Dados Espaciais Gerados por VANT utilizando Feições Pontuais e Lineares para Aplicações Cadastrais. Boletim de Ciências Geodésicas, 23, pp. 135-149.
- Oliveira, Larissa Gomes Coimbra; Silva, Leidiane Aparecida; Soares, Edneya Gomes da Silva. Cadastro ambiental rural: uma análise de imagens do satélite rapideye x levantamento geodésico. Revista Multidisciplinar, Patos de Minas, 22, 1-20. 2020. Disponível em: http://revistas.icesp.br/index.php/FINOM_Humanidade_Tecnologia/article/view/1096/801. Acesso em: 19 maio 2021.
- Pinheiro, É. C. C.; Ramos, A. P. M. & Marcato Junior, J. Validação da Aplicação de Imagens Planet à Regularização Ambiental de Imóveis Rurais no Mato Grosso do Sul. Anuário do Instituto de Geociências, Rio de Janeiro, 42, 145-153, mar. 2019. Disponível em: <file:///C:/Users/Silas/Desktop/13446-18048-1-SM.pdf>. Acesso em: 19 maio 2021.
- Pinho, C. M., Rennó, C. D., & Kux, H. J. (2005). Avaliação de Técnicas de Fusão Aplicadas à Imagem Quickbird. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12, pp. 4225-4232.
- Ramos, I. M., Lima, L. A., Silva, T. M., Gallis, R. B., Barbosa, R. L., & Guimarães, G. N. (2017). Corporação de Levantamento Geodésico e Levantamento Aerofotogramétrico com Aeronave Remotamente Pilotada para uso em

- Georreferenciamento de Imóveis Rurais. Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia e XXVI Exposicarta, pp. 674-678.
- Pinto, Carlos Eduardo Marques. O Uso De Geotecnologias Na Vistoria E Avaliação De Imóveis Rurais Pelo INCRA. 2020. 78 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronegócio, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2020. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/10585/3/Dissertação%20-%20Carlos%20Eduardo%20Marques%20Pinto%20-%202020.pdf>. Acesso em: 19 maio 2021.
- Pinto Junior, James de Angelo. Aplicação do drone na engenharia de agrimensura e para o georreferenciamento de imóveis rurais: abordagem histórico legal no Brasil. 2019. 41 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Agrimensura, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2019. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/bitstream/riufal/5962/1/Aplicação%20do%20drone%20na%20engenharia%20de%20agrimensura%20e%20para%20o%20georreferenciamento%20de%20imóveis%20rurais%20-%20abordagem%20histórico%20legal%20no%20Brasil.pdf>. Acesso em: 19 maio 2021.
- Silva, Diego da. Utilização De Geotecnologias E Aerolevantamento Para Cadastro Ambiental Rural. 2019. 64 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Agrimensura, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2019. Disponível em: <http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/7625/1/Diego%20da%20Silva.pdf>. Acesso em: 19 maio 2021.
- Santos, A. P., Rodrigues, D. D., Santos, N. T., & Junior, J. G. (2016). Avaliação da Acurácia Posicional em Dados Espaciais Utilizando Técnicas de Estatística Espacial: Proposta de Método e Exemplo utilizando a Normal Brasileira. Boletim de Ciências Geodésicas, 22, pp. 630-650.
- Santos, L. F. (2016). Avaliação de Modelo Digital de Terreno Gerado Atráves de VANT em Planícies Pantaneiras. Publicação de Monografia, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, Brasil. Disponível: <https://www1.ufmt.br/ufmt/unidade/userfiles/publicacoes/66b61b559f396423edf72814af8ecc49.pdf>
- Silva, E., Ferreira, M. R., Ribeiro, K. M., Aguiar, O. G., & Junior, A. S. (2019). Georreferenciamento de Imóveis Rurais Através de GPS Geodésico RTK e por Meio de Análise de Imagens por Satélite. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia.
- Xavier, Laura Cristina Moura *et al.* Avaliação Da Acurácia Posicional De Feições Lineares em Uma Ortoimagem: Aplicação Na cartografiacadastral. Revista Caminhos de Geografia, Uberlândia, v. 21, n. 76, p. 134-146, ago. 2020. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/51957/29486>. Acesso em: 19 maio 2021.
- Zerbielli, L. C., Watzlawick, L. F., Mokochinski, F. M., & Mazon, J. A. (2015). Comparativo entre Levantamento "In loco" e Análise de Imagens Orbitais na Determinação da Área de Imóveis Rurais para fins de Fiscalização Ambiental. Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science, 8, pp. 81-86.