

## AVALIAÇÃO DA QUALIDADE POSICIONAL DE ORTOIMAGENS ALOS/AVNIR2

Clóvis Cechim Júnior<sup>1</sup>, Gabriel Henrique de Almeida Pereira<sup>2</sup>, Giovani Fronza<sup>3</sup>, Flávio Deppe<sup>4</sup>

Sistema Meteorológico Do Paraná - SIMEPAR  
Centro Politécnico da UFPR - Curitiba - Paraná - Brasil  
cloviscechim.simepar@gmail.com<sup>1</sup>; gabriel.simepar@gmail.com<sup>2</sup>;  
gfronza.simepar@gmail.com<sup>3</sup>; deppe@simepar.br<sup>4</sup>

### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi georreferenciar ortoimagens do satélite Alos/AVNIR2 utilizando como referência imagens Sentinel/2A e avaliar sua qualidade posicional a partir do uso de bases vetoriais auxiliares com dados georreferenciados de imóveis rurais disponibilizadas pelo SIGEF do INCRA. O modelo matemático de transformação adotado foi o Polinomial de 1º grau (Afim). Para a avaliação da qualidade posicional foi utilizado a média do Erro Médio Quadrático (RMS) de todas as imagens avaliadas. O PEC (Padrão de Exatidão Cartográfica) foi usado como indicador estatístico de dispersão, determinando assim a acurácia dos produtos cartográficos. O Erro Médio Quadrático Total (RMS) referente ao erro de posicionamento foi de aproximadamente 14m. Este erro é compatível com o erro máximo aceitável para a escala de trabalho.

**Palavras-chave:** Sensoriamento remoto, pontos de verificação, SIGEF, INCRA, georreferenciamento.

### ABSTRACT

*The objective of this work was to geometrically correct Alos/AVNIR2 satellite images and evaluate their positional quality using Sentinel/2A images as reference, auxiliary vector layers from the georeferenced data of rural properties (INCRA's SIGEF source). The model mathematic transformation adopted was 1st Degree Polynomial. For the evaluation of the positional quality it was used the Mean Square Error (MSE) of all the georeferenced images. The PEC was used as statistical indicator of dispersion to determine the accuracy of cartographic products. The Total Mean Square Error (MSE) was approximately 14m. This error is compatible with the maximum error acceptable for the scale.*

**Keywords:** Remote sensing, checkpoints, SIGEF, INCRA, georeferencing.

### 1. INTRODUÇÃO

A garantia da exatidão das feições mapeadas exige a necessidade de sua extração de forma confiável, o que pode

ser feito a partir de produtos com acurácia posicional adequada. As imagens ortorretificadas podem ser utilizadas como referência, pois são submetidas a correções das distorções devido à geometria de imageamento e ao relevo. Contudo, como qualquer produto cartográfico, as ortoimagens também apresentam incertezas quanto à realidade representada [1].

A avaliação da qualidade geométrica e posicional de imagens de diferentes satélites foi feita em trabalhos com imagens Landsat/TM [2], imagens Ikonos ortorretificadas [3,4], imagens GeoEye [5], avaliação posicional de ortoimagens Rapideye [1] e na avaliação geométrica em imagens Alos/PRISM [6]. Também, existem trabalhos que se atentaram na avaliação de georreferenciamento de imagens do satélite Cbers-1 a partir de parâmetros qualitativos e quantitativos [7], ou na melhoria do processo de correção geométrica [8], e na avaliação do Padrão de Exatidão Cartográfico (PEC) em imagens orbitais Ikonos e Cbers-2B [9].

As bases dos imóveis georreferenciadas do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - (INCRA) a partir do Sistema de Gestão Fundiária (SIGEF) são geradas a partir da Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais (NTGIR), que trata das condições para execução de serviços de georreferenciamento de imóveis rurais com base na Lei nº 6.015 de 31 de dezembro de 1973, e Lei nº 10.267 de 28 de agosto de 2001.

O uso da base do INCRA é justificado pelo fato de serem precisas, além de serem de domínio público, a NTGIR define diferentes padrões de precisão de acordo com os tipos de limites: artificiais (melhor ou igual a 0,50 m), naturais (melhor ou igual a 3,00 m) e inacessíveis (melhor ou igual a 7,50 m) [10].

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi georreferenciamento de ortoimagens Alos/AVNIR2 para os anos de 2008, 2009 e 2010 no estado do Paraná a partir do uso de imagens Sentinel/2A e avaliação da qualidade posicional a partir da verificação com dados georreferenciados das propriedades rurais certificadas pelo INCRA-SIGEF.

### 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O satélite Alos/AVNIR2 foi lançado no início de 2006 pela Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) e contém

uma resolução temporal de 46 dias, com três sensores sendo eles: *Panchromatic Remote-Sensing Instrument for Stereo Mapping* (PRISM), *Advanced Visible and Near Infrared Radiometer-type 2* (ANVIR2), com uma resolução espacial de 10m, e o *Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar* (PALSAR).

O satélite Alos/AVNIR2 opera em visada nadir ou visada inclinada transversal à direção de órbita, tem 4 bandas espectrais, sendo 3 bandas do visível e 1 do infravermelho próximo, a área imageada é de 70 km (nadir) (Tabela 1).

Tabela 1. Características do sensor AVNIR2

| Bandas Espectrais | Resolução Espectral ( $\mu\text{m}$ ) | Resolução Espacial | Resolução Radiométrica | Resolução Temporal |
|-------------------|---------------------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|
| 1                 | 0,42 a 0,50                           | 10 m               | 8 bits                 | 46 dias            |
| 2                 | 0,52 a 0,60                           |                    |                        |                    |
| 3                 | 0,61 a 0,69                           |                    |                        |                    |
| 4                 | 0,76 a 0,89                           |                    |                        |                    |

As imagens Alos/ANVIR2 de nível 1B2G utilizadas neste trabalho são composições de 4 bandas espectrais sendo 3 da região do visível e 1 do infravermelho, ambas no sistema de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) no Datum SAD-69, sendo estas imagens já ortorretificadas.

Os erros geométricos ocorrem devido a eventuais oscilações no deslocamento do sensor ou no próprio movimento da Terra durante a aquisição dos dados. Os erros associados ao movimento da plataforma podem ser causados pela variação na posição do sensor ou oscilação (rotação) do mesmo em relação a seu centro [11].

Como dados vetoriais de referência e como camadas auxiliares para visualização e aquisição de pontos de verificação (usados para avaliação de qualidade posicional planimétrica de ortoimagens ou qualidade altimétrica) foram usados dados de imóveis georreferenciados do INCRA que são de domínio público adquirido pelo portal do Acervo Fundiário do INCRA [12] (Figura 1), Limites de Perímetros Urbanos do PARANACIDADE [13], e Malha Viária Municipal e de Rodovias da SEIL [14].

As bases vetoriais de referência foram usadas para gerar pontos de verificação por amostragem aleatória. Os pontos gerados são uma base confiável que pode servir de referência para georreferenciamento para imagens de média resolução espacial como é o caso das imagens Alos/AVNIR2. Isto porque, de acordo com a Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais [15], o valor de precisão a ser observado para vértices definidores de limites de imóveis situados em limites artificiais deve ser melhor ou igual a 0,50m (Figura 1).

As imagens Alos/AVNIR-2 inicialmente estavam no sistema de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), fusos 21 e 22 Sul, Datum SAD-69, e foram reprojetaadas para o Datum SIRGAS2000 e sistema de

coordenadas geográficas, desta forma foi usando imagens do Satélite Sentinel/2A no sistema de coordenadas geográficas no Datum SIRGAS2000.

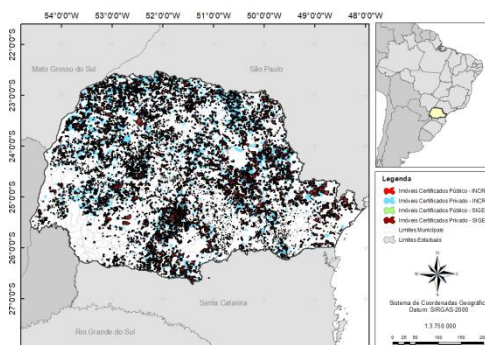


Figura 1. Distribuição de imóveis rurais georreferenciados certificadas no Paraná, até fevereiro de 2018, SIGEF-INCRA.

As imagens Sentinel/2A do sensor *MultiSpectral* (MSI) (ESA, 2012) são georreferenciadas usando um processo de triangulação espacial global a partir de pontos adquiridos entre diferentes imagens e Pontos de controle de solo *Ground Control Points* (GCP) sendo ortorretificadas usando o Modelo digital de elevação, produto da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) [16] (Figura 2).

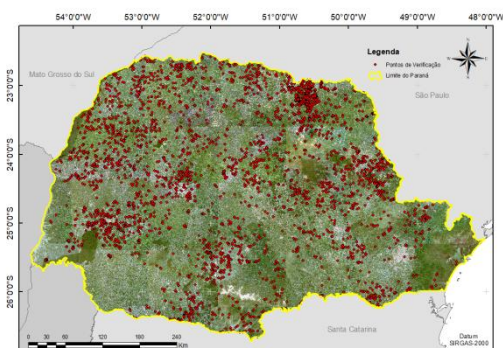


Figura 2. Mosaico de imagens Sentinel/2A, ano de 2016 no estado do Paraná, e pontos de verificação gerados a partir de imóveis georreferenciados SIGEF-INCRA.

A qualidade geométrica das imagens Sentinel/2A após o processamento com *Ground Control Points* (GCPs) a um nível de confiança ( $2\sigma$ ) é de 3m para bandas de resolução espacial de 10m, 6m para bandas de resolução de 20m e 18m para bandas de resolução espacial de 60m [17].

Barbosa et al. (2017) em sua avaliação de acurácia posicional planimétrica das ortoimagens Sentinel 2A/ MSI (*Multispectral Instrument*) obteve um RMS próximo a 6 metros na região de Alvinópolis e próximo a 9 metros na região de Viçosa, MG, valor este inferior a EP em relação a Lei 89.817/ET-CQDG. Isto indica a excelente acurácia posicional planimétrica das ortoimagens Sentinel-2A/MSI.

O processo de georreferenciamento ALOS/AVNIR2 foi realizado no sistema de coordenadas geográficas, usando o método de transformação por polinômio de 1º grau que apresenta simplicidade matemática e suas características satisfazem a transformação [20].

Para a interpolação espacial com o polinômio de 1º grau foram distribuídos espacialmente pontos de controle (PC) (usados para registro, modelagem estereoscópica de imagens, produção de ortoimagens e MDE/MDT) ao longo de toda a área da imagem sendo usado o método de reamostragem por vizinho mais próximo.

As imagens Alos/AVNIR-2 foram georreferenciadas individualmente, o processo de georreferenciamento consistiu em três etapas: transformação espacial, mapeamento inverso e reamostragem [19, 20, 21].

Foram submetidas ao processo de georreferenciamento um total de 77 imagens Alos/AVNIR-2 que compõem todo o estado do Paraná. Para tanto, foram identificados e selecionados 909 pontos de verificação adquiridos utilizando como referência imagens Sentinel/2A e a base de referência vetorial gerados a partir de imóveis georreferenciados SIGEF-INCR.

Foi definindo um conjunto amostral de, no mínimo, 10 pontos de verificação por imagem, também, para cada imagem foi definido um erro médio quadrático inferior a 3m durante o processo de georreferenciamento. O deslocamento planimétrico foi calculado para cada ponto de verificação aplicado para cada imagem (Eq. 1).

$$\Delta p_i = \sqrt{\Delta E_i^2 - \Delta N_i^2} \quad (1)$$

$\Delta E_i$  = Coordenada E adquirida na ortoimagem Alos/AVNIR2 menos a coordenada E de referência adquirida na imagem Sentinel/2A (E orto-imagem - E referência), para cada ponto;

$\Delta N_i$  = Coordenada N adquirida na ortoimagem Alos/AVNIR2 menos a coordenada N de referência adquirida na imagem Sentinel/2A (N orto-imagem - N referência), para cada ponto;

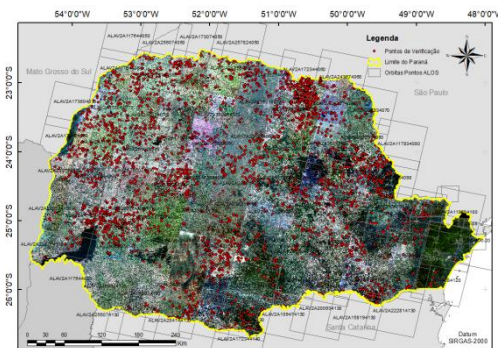
Como modelo matemático de transformação de georreferenciamento foi usado o método Polinomial de Primeira Ordem (Afim) [9, 7].

A qualidade posicional é determinada visando verificar a conformidade com as instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional, estabelecida no Decreto-Lei nº. 89.817 de 1984, que define as tolerâncias para o Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) [22]. O PEC é um indicador estatístico de dispersão, relativo a 90% de probabilidade, determinando assim a acurácia dos produtos cartográficos. A probabilidade de 90% corresponde a 1,6449 vezes o Erro padrão, denominado também de Erro Quadrático Médio (EQM) [22]. A tolerância para produtos na escala 1:50.000 é dividida em três classes (A, B e C), sendo a PEC-Classe A a de melhor exatidão, e que a mesma

não deve ter deslocamento superior a 25 metros em no mínimo 90% dos pontos de verificação.

### 3. RESULTADOS

O georreferenciamento das cenas Alos/AVNIR2 foi feito devido à necessidade de padronização de todas as imagens para Datum SIRGAS2000 e sistema de coordenadas geográficas (Figura 3).



**Figura 3.** Mosaico de imagens Alos/AVNIR2, ano base 2008 no estado do Paraná.

De acordo com o PEC as imagens apresentam exatidão planimétrica compatível com a Classe A da escala 1:50.000. O PEC obtido foi inferior a 25m e o Erro Médio Quadrático Total (RMS) referente ao erro de posicionamento é de 0,000143933°, o que corresponde a, aproximadamente, 14m. Este erro é compatível com o erro máximo aceitável para esta escala, conforme Decreto nº 89.917, de junho de 1984 [22].

### 4. DISCUSSÃO

As imagens Alos/AVNIR2 ortorretificadas sofreram maior influência na região da Serra do Mar, pois se trata de uma região com maior predomínio de declividade acentuada. Isto corrobora com resultados obtidos por Nakahori et al. (2012) que gerou e avaliou ortoimagens Alos/PRISM (*Pancromatic Remote Sensing Instrument for Stereo Mapping*) utilizando Modelos Digitais de Elevação (MDE) a partir de diferentes combinações de visada e pontos de controle obtidos a partir de levantamento de campo, constataram que os valores altimétricos tiveram maior adequação do SRTM para terrenos mais planos.

### 5. CONCLUSÕES

A partir do georreferenciamento das imagens foi possível observar visualmente e pelo RMS obtido que os maiores deslocamentos estão concentrados nas porções leste do estado do Paraná, região do litoral e da Serra do Mar, pois se trata de regiões com maior declividade acentuada.

Além da verificação da acurácia no posicionamento do mosaico gerado com imagens Alos/AVNIR2, a utilização de imagens Sentinel 2A e imóveis georreferenciados do SIGEF-INCRA são importantes dados neste processo, pois são informações disponibilizadas de forma gratuita para todo o território nacional.

As imagens Sentinel 2A e 2B podem ser utilizadas como referência para georreferenciamento de outras imagens de sensores orbitais, desde que as imagens geradas pelos sensores tenham um resolução espacial combatível.

## 6. REFERÊNCIAS

- [1] Ferreira, R.D.; Loureiro SILVA, L.S.; Coelho, A.L.; Maranhão, M.R.A.; Oliveira, L.F. Soares, R.A. Avaliação da qualidade posicional de ortoimagens Rapideye. *Revista Brasileira de Geografia*. Rio de Janeiro, v.61, n.1, p. 99-108, 2016.
- [2] Silva, A.J.F.M.; D'Alge, J.C. Avaliação da qualidade geométrica das imagens TM-LANDSAT. *Anais... Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, INPE, 1986*.
- [3] Silva, W.B.; Vergara, O.R. Avaliação da qualidade geométrica de imagens IKONOS ortorretificadas utilizando-se a transformação polinomial racional. *Anais... Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, INPE, Goiânia*, p. 2581-2588, 2005.
- [4] Davis, C.H.; Wang, X. Planimetric accuracy of Ikonos 1 m panchromatic orthoimage products and their utility for local government GIS basemap applications. *International Journal of Remote Sensing* v.24, n.22, p. 4267-4288, 2003. [doi.org/10.1080/0143116031000070328](https://doi.org/10.1080/0143116031000070328)
- [5] Pessoa, G.G.; Amorin, A. Avaliação da qualidade geométrica da imagem GEOEYE para a atualização de documentos cartográficos. *Revista Brasileira de Cartografia*. v.67, n.2. p. 465-477, 2015.
- [6] Barros, R.S.; Coelho, A.L.; Oliveira, L.F.; Melo, M.F.; CORREIA, J.D. Avaliação geométrica de imagens ALOS/PRISM níveis 1B2G e 1B2R ortorretificada – estudo de caso: Itaguaí-RJ. *Anais... Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, INPE, Natal*, p. 1731-1738, 2009.
- [7] Zanardi, R.P.; Rolim, S.B.A.; Bielenki Júnior, C.; Almeida, C.A.M. Análise de processamento e georreferenciamento em imagens do satélite CBERS-1. *Anais... Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, INPE, Goiânia*, p. 1149-1156, 2005.
- [8] Castejon, E.F.; Fonseca, L.M.G.; Foster, C.H.Q. Melhoria do processo de correção geométrica de imagens CBERS-CCD pelo uso de amostras georreferenciadas classificadas. *BCG – Boletim de Ciências Geodésicas*, Curitiba, v.21, p. 658-673, 2015. [doi.org/10.1590/S1982-21702015000400038](https://doi.org/10.1590/S1982-21702015000400038).
- [9] Santos, A.P.; Vieira, C.A.O. Avaliação do Padrão de Exatidão Cartográfico em imagens orbitais IKONOS e CBERS-2B, na bacia do Ribeirão São Bartolomeu em Viçosa-MG. *Anais... Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, INPE, Natal*, p. 1021-1030, 2009.
- [10] INCRA. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. Norma técnica para georreferenciamento de imóveis rurais. *Ministério do Desenvolvimento Agrário, Diretoria de Ordenamento da Estrutura Fundiária, Coordenação Geral de Cartografia*. Brasília, 3 ed. 2013. 4p.
- [11] Centeno, J.A.S. *Sensoriamento Remoto e processamento de imagens digitais*. Curitiba, 2004. 2009 p.
- [12] INCRA. *Acervo Fundiário: INCRA*. Disponível em: <<http://acervofundiario.incra.gov.br/>>. Acesso em fevereiro. 2018.
- [13] PARANACIDADE. Secretaria do Desenvolvimento Urbano. Limites de Perímetro Urbanos do Paraná. 2017.
- [14] SEIL. Secretária de Infraestrutura e Logística. Malha Viária Municipal e de Rodovias. 2016.
- [15] INCRA. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. Manual técnico de posicionamento: Georreferenciamento de imóveis rurais. *Ministério do Desenvolvimento Agrário, Diretoria de Ordenamento da Estrutura Fundiária, Coordenação Geral de Cartografia*. Brasília, 1 ed. 2013. 34p
- [16] Farr, T.G. & 17 co-authors. The Shuttle Radar Topography Mission. *Rev. Geophys.* 45, 2007. RG2004. [doi:10.1029/2005RG000183](https://doi.org/10.1029/2005RG000183)
- [17] ESA – United Space In Europe. *Sentinel-2: ESA's Optical High-Resolution Mission for GMES Operational Services*. ESA, 2012. 70 p.
- [18] Barbosa, L.S.; Martins, C. T.; Santos, A. P.; Medeiros, N. G.; Ferreira, I. O. Avaliação da acurácia posicional planimétrica das ortoimagens Sentinel 2A/ Sensor MSI nas regiões de Alvinópolis e Viçosa, MG. *Anais... XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia e XXVI Exposicarta*, 2017. p. 163-168.
- [19] Campbell, J.B.; Wynne, R. H. *Introduction of Remote Sensing*. 5 ed. New York: Guilford Press, 2011. 667 p.
- [20] D'Alge, J.C.L. Cartografia para Geoprocessamento. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (Org.). *Introdução a ciência da geoinformação*. São José dos Campos: INPE, 2013.
- [21] Richards, J.A.; Jia, X. *Remote sensing digital image analysis: An Introduction*. 4 ed. Berlin: Springer, 2006. 464 p.
- [22] BRASIL. Decreto-lei no 89.817 de 20 de junho de 1984. Estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional. *Diário Oficial da União*, Brasília, 1984.
- [23] Nakahori, A.A.G.; Souza, S.F. Avaliação da qualidade de ortoimagens do sensor PRISM/ALOS-2: estudo de caso para São Gabriel, RS, Brasil. *Journal of Geoscience*, v.8, p. 6-17, 2012.