

Revista Brasileira de Cartografia (2016), N° 68/5: 921-928
Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto
ISSN: 1808-0936

RODOVIAS COMO ELEMENTO DE CONTROLE DA ACURÁCIA POSICIONAL DE IMAGENS OLI/LANDSAT-8: APLICAÇÃO NA REGIÃO DO PANTANAL

*Highways as Control Elements of the Positional Accuracy of OLI/Landsat-8
Images: Application in the Region of Pantanal*

**Waleria Menezes Barros, José Marcato Junior &
Antônio Conceição Paranhos Filho**

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS
Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo e Geografia – FAENG
Campus Universitário, S/N. CEP 79070-900, Campo Grande – Mato Grosso do Sul, Brasil
{waleriabarros, jrmarcato}@gmail.com, antonio.paranhos@pq.cnpq.br

Recebido em 30 de Dezembro, 2014/ Aceito em 29 de Março, 2016
Received on December 30, 2014/ Accepted on March 29, 2016

RESUMO

As imagens orbitais são amplamente empregadas em estudos no Pantanal. A confiabilidade posicional é de suma importância em determinadas aplicações, destacando-se entre elas a delimitação interna e externa do Pantanal. Em áreas como a planície pantaneira, onde há elevado grau de dificuldade em se obter pontos de controle à serem usados como referência na correção geométrica de imagens de satélite, poder contar com produtos de boa qualidade posicional é de suma importância para a excelência de projetos que envolvam este recurso. Considerando que o traçado da rodovia BR-262 é um dos mais notórios elementos à orientação no Pantanal, objetivou-se verificar a acurácia posicional da imagem coletada pelo sensor OLI/Landsat-8, para essa região. Dados levantados com receptor GNSS (Global Navigation Satellite System), com acurácia variando de 5-10 metros, foram usados como referência. A técnica desenvolvida é baseada em retas de controle, a qual é formada a partir de dois pontos levantados na rodovia com receptores GNSS. A partir das coordenadas planimétricas desses dois pontos que formam a reta e um na imagem, gera-se um triângulo, sendo o deslocamento posicional o valor da altura desta forma geométrica. A grande vantagem da técnica desenvolvida, para a análise da qualidade posicional, é a facilidade em identificar as rodovias nas imagens OLI/Landsat-8, visto que esses elementos apresentam características espectrais bastante diferentes se comparadas ao seu entorno. Por meio dos experimentos, verificou-se que as discrepâncias com relação às retas de controle são menores que 30 metros, o que indica que a imagem OLI/Landsat-8 do Pantanal avaliada apresenta alta acurácia posicional.

Palavras-chave: Pantanal, Rodovias, OLI/Landsat-8, Acurácia.

ABSTRACT

The orbital images are widely used in studies at Pantanal. The positional reliability is quite important in some applications, such as the inner and exterior delimitation of Pantanal. In areas such as Pantanal plains, where there is high degree of difficulty in obtaining control points to be used as reference in the geometric correction of satellite images, it is important to have products with high positional quality to succeed in projects involving this kind of image. The

route of the highway BR-262 is one of the most notorious elements of guidance in the Pantanal. The aim of this work is to verify the positional accuracy of the image collected by the OLI/Landsat-8, for this region. Data collected with GNSS receiver (Global Navigation Satellite System) with accuracy ranging from 5-10 meters were used as reference. The results obtained through the application of the developed technique based on control lines are highly satisfactory, thus demonstrating that the distance between the measured points is less than the pixel size of the image (thirty meters). The technique consists in grouping two points in the surveyed area with known coordinates and the image coordinate, thus generating a triangle. The positional displacement is the height value of this geometric shape. The great advantage of the developed technique for the positional quality analysis is the easiness in identifying the highways in the OLI/Landsat 8 images, as these features have quite different spectral response compared to its surroundings. It was verified through the experiments that the discrepancies related to the control straight lines are smaller than 30 meters, indicating that the analyzed OLI/Landsat-8 image presents high positional accuracy.

Keywords: Pantanal, Highways, OLI/Landsat-8, Accuracy.

1. INTRODUÇÃO

Monico *et al.* (2009) e Mikhail e Ackerman (1976) definem acurácia como sendo o grau de proximidade de uma estimativa com relação a um valor de referência. No contexto do Sensoriamento Remoto, para avaliar a acurácia de uma determinada imagem utiliza-se, em geral, como referência pontos de controle com coordenadas estimadas com o uso de receptores GNSS (Global Navigation Satellite System).

As imagens de satélite possuem deslocamentos posicionais, os quais são causados tanto pela qualidade das informações do sistema de georreferenciamento direto, que fornece a posição e a orientação do sensor no intervalo de coleta da imagem, quanto pela forma do relevo. Esses aspectos influenciam diretamente a acurácia posicional da imagem.

As imagens coletadas pelo sensor OLI/Landsat 8 são ortorretificadas (corrigidas do efeito do relevo) e são disponibilizadas gratuitamente aos usuários (USGS, 2014). Partindo da existência destes deslocamentos e das correções executadas antes do fornecimento aos usuários, cabe questionar se estas correções são totais ou parciais, suficientes, ou ainda efetivas.

Resultados com imagens ortorretificadas RapidEye 3A, compatíveis com o Padrão de Exatidão Cartográfica - PEC classe A, em escala 1:20.000, foram obtidos em trabalhos recentes, utilizando pontos de verificação extraídos de um ortofotomosaico (ANTUNES *et al.*, 2014).

Ao avaliar imagens OLI/Landsat 8, Irons *et al.* (2012), Roy *et al.* (2014) e Storey *et al.* (2014) afirmam que o deslocamento posicional é de até doze metros em noventa por cento dos casos.

Quando o uso da imagem se dá em uma

área como o Pantanal, que possui reduzida quantidade de elementos (estruturas e/ou objetos fixos, facilmente visualizados e identificados na imagem) que possam ser usados como referência para o controle da qualidade posicional da imagem adquirida, as correções e/ou percepção destes deslocamentos podem ser ainda mais onerosas.

A planície pantaneira, em sua porção sul-mato-grossense, é uma área que possui baixa concentração de produtos estruturais provenientes da ação antrópica, sendo os ciclos de cheias e secas os orientadores da vida de milhares de espécies e responsáveis por impor limites naturais, à ocupação e atividades humanas de larga escala. As marcas, geradas pelo homem, de maior visibilidade nesta região, são as rodovias e estradas que cortam o território.

A visualização de rodovias e estradas em imagens de satélite de alta e média resolução espacial, em determinados intervalos do espectro eletromagnético, é possível graças ao nível de reflectância destes elementos se comparado ao da vegetação em seu entorno, o que as tornam visíveis mesmo tendo dimensões inferiores as das medidas do pixel da imagem (MENESES, 2012).

Optou-se por utilizar o traçado da rodovia BR-262, que atravessa a planície pantaneira, em sua porção mais ao sul, em sentido Leste/Oeste e imagem OLI/Landsat-8 que possui elemento de resolução espacial de trinta metros.

Tendo por base o apresentado, é possível analisar o deslocamento planimétrico entre a imagem selecionada e a superfície do trecho analisado da rodovia BR-262, na região do Pantanal Sul-mato-grossense, levantada em solo com receptor GNSS. Para tanto, desenvolveu-

se nesse trabalho uma técnica alternativa de avaliação da acurácia posicional de imagens orbitais usando como referência retas de controle, nesse caso representadas no terreno por rodovias.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para analisar a acurácia posicional do produto gerado pelo sensor OLI, do satélite Landsat-8, da região do Pantanal, utilizou-se a banda 6 (infravermelho próximo) da imagem, com elemento de resolução espacial de trinta metros. Essa banda abrange o intervalo de

comprimento de ondas entre 1,57 – 1,65 μ m, que corresponde a faixa do infravermelho de ondas curtas (USGS, 2014), o qual possibilita distinguir claramente a rodovia do seu entorno (vegetação). A vegetação apresenta alta reflectância na banda espectral do infravermelho próximo (Banda 6).

A imagem utilizada data de 17 de junho de 2014, em sua passagem pela órbita/ponto 226/074, recobre parte da área dos Municípios de Corumbá, Aquidauana, Miranda, Bodoquena, Porto Murtinho, Bonito, Nioaque e Anastácio, como apresentado na Figura 1.

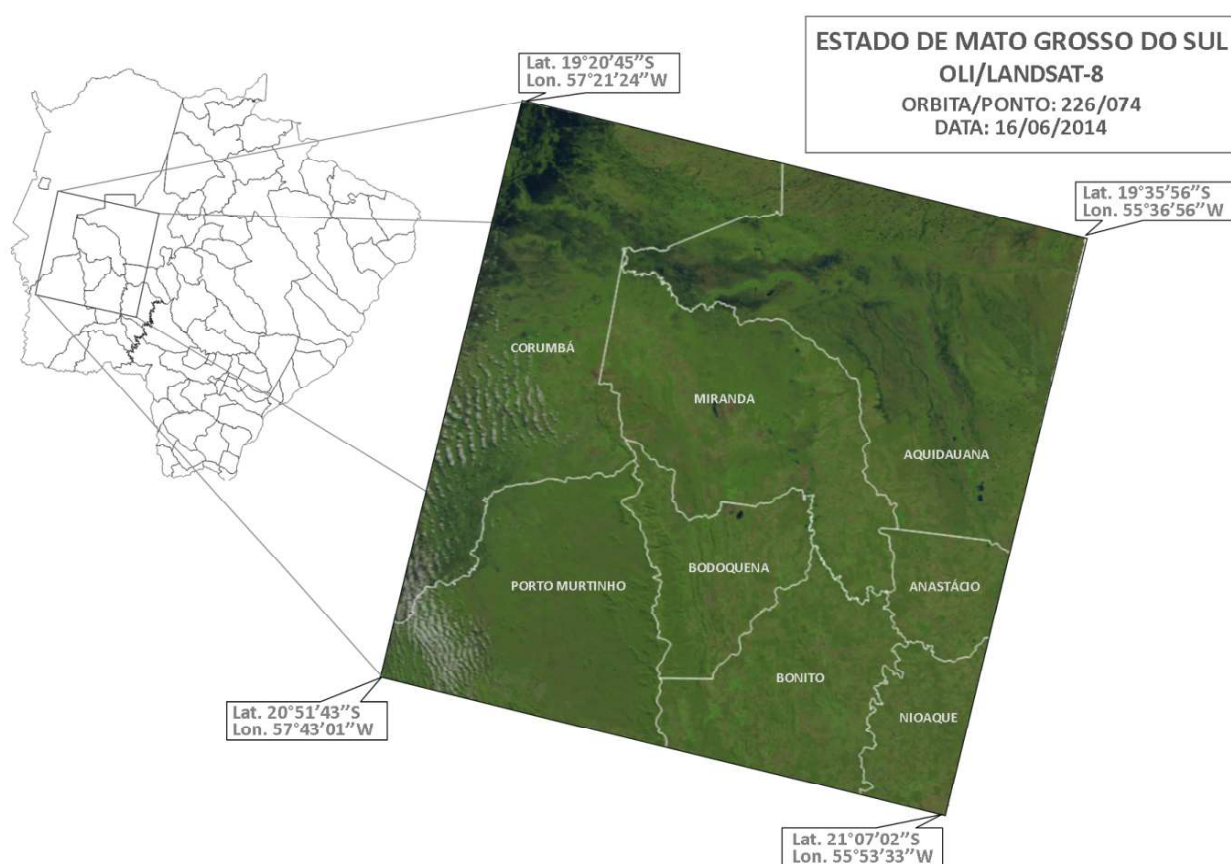


Fig. 1 - Área de cobertura da imagem OLI/Landsat-8 dentro do Estado de Mato Grosso do Sul. No destaque identificação dos municípios abrangidos pela imagem. Fonte: USGS, 2014; IBGE, 2010.

Com o intuito de averiguar a acurácia posicional da imagem em questão, efetuou-se levantamento in loco com uso de receptor GNSS Etrex 30, no modo cinemático, no qual se registrou o trajeto da área percorrida, gerando um arquivo vetorial no formato shapefile, com o traçado da mesma. A acurácia obtida com esse receptor GNSS no modo cinemático, segundo o fabricante (GARMIN), é de 5-10 metros,

tornando-o adequado na avaliação da qualidade geométrica da imagem OLI/Landsat-8 avaliada, que apresenta elemento de resolução espacial de trinta metros.

Com uso do software Quantum GIS (QGIS) 2.4 Chugiak (Quantum GIS Development Team, 2014), a imagem de satélite (formato raster) e o arquivo shapefile com a área percorrida (formato vetorial), foram carregados e sobrepostos.

Para obter limites orientadores em relação aos dados levantados, utilizou-se mais um arquivo shapefile, proveniente do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte - DNIT, no qual consta o traçado das rodovias que atravessam o Estado na escala 1:250.000.

Na Figura 2, verifica-se a composição proveniente da sobreposição de todos os arquivos citados.

Realizada a sobreposição dos arquivos e tendo por base o traçado do trajeto percorrido e levantado com equipamento GNSS, procedeu-se a verificação da qualidade posicional da imagem.

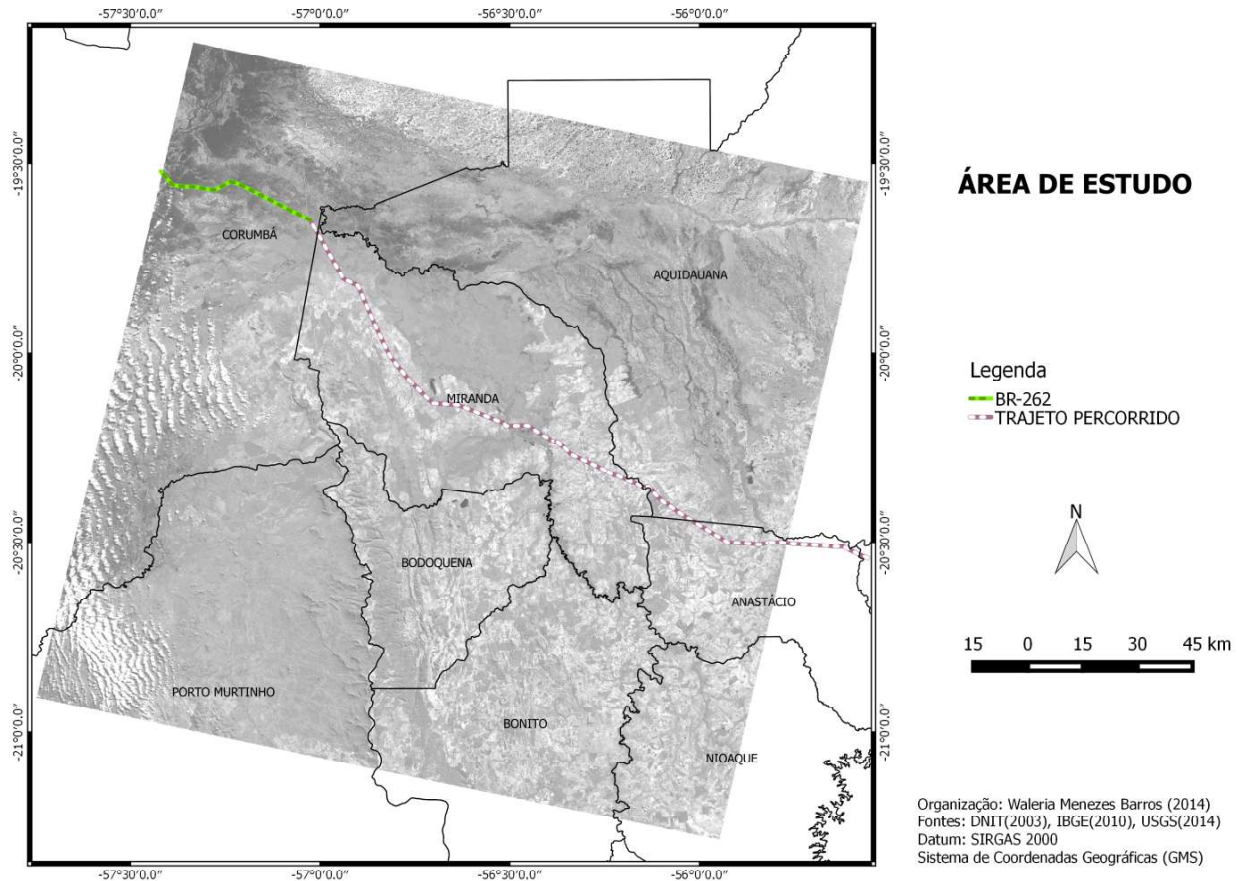


Fig. 2 - Imagem OLI/Landsat-8, juntamente com shapefile dos limites municipais de parte do Mato Grosso do Sul (IBGE), trecho da BR-262 (DNIT) em verde e o trajeto percorrido, em lilás e branco.

Para essa verificação, desenvolveu-se a técnica baseada na equação (1), onde a altura do triângulo (h), que corresponde ao deslocamento posicional (d), é dada pelo cálculo de duas vezes a área (a) dividida pelo valor da base (b).

$$d = h = 2 \cdot a / b \quad (1)$$

Na equação (1), a área (a) do triângulo é dada pela fórmula de Gauss (BAKER, 1884), conforme representado na equação (2) e a base (b), equação (3). A altura do triângulo representa o deslocamento de um ponto medido na imagem com relação a um trecho retilíneo da rodovia, levantado com receptor GNSS.

Nas equações (2) e (3), (E_1, N_1) e (E_2, N_2), representam as coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator) considerando o referencial SIRGAS 2000 dos pontos que definem a reta no espaço objeto, levantados com receptores GNSS.

As coordenadas (E_i, N_i) são as coordenadas de um determinado ponto, pertencente a reta, medido na imagem.

Para aplicação da técnica, foram selecionados pontos, com as suas respectivas coordenadas (E, N) ao longo do trecho em questão da BR-262 e na imagem OLI/Landsat-8. A Figura 3 apresenta os pontos inicial e final ao longo da via,

sendo eles respectivamente, grupo 1 (G1) e grupo 35 (G35). A Figura 4 exemplifica o princípio da técnica desenvolvida e aplicada em uma imagem OLI/Landsat-8 do Pantanal.

Optou-se pela utilização de trechos retilíneos, os quais foram definidos por coordenadas UTM (SIRGAS 2000) de dois pontos (E_1, N_1 , e E_2, N_2) levantados com receptor GNSS e de um ponto (E_i, N_i) medido na imagem. Com esses três pontos é possível formar um triângulo e com as coordenadas calcular a sua altura (equação (1)), conforme mostrado na Figura 4. A altura é a distância (d) do ponto medido na imagem com relação à reta levantada em campo com o receptor GNSS.

$$a = \frac{1}{2} \left(\left| \begin{matrix} E_i & E_1 \\ N_i & N_1 \end{matrix} \right| + \left| \begin{matrix} E_1 & E_2 \\ N_1 & N_2 \end{matrix} \right| + \left| \begin{matrix} E_2 & E_i \\ N_2 & N_i \end{matrix} \right| \right) \quad (2)$$

$$b = \sqrt{(E_1 - E_2)^2 + (N_1 - N_2)^2} \quad (3)$$

O resultado da equação usada na aplicação da técnica, permite aferir o distanciamento do ponto na imagem em relação a reta no terreno, possibilitando assim, determinar sua acurácia posicional.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os valores de deslocamento, entre a imagem OLI/Landsat-8 e as retas, aferidas na BR-262, divididas em trinta e cinco grupos. Esses valores são apresentados em metros, juntamente com sua equivalência percentual, tendo o pixel de trinta metros como parâmetro.

Os valores percentuais são aproximações numéricas, com arredondamentos padronizados, onde todas as frações inferiores a 0,5 foram arredondadas para o número inteiro imediatamente anterior e as superiores para o posterior.

Os valores fracionários são representações do tamanho do pixel que foi dividido em três classes, onde: de zero à dez metros, representam

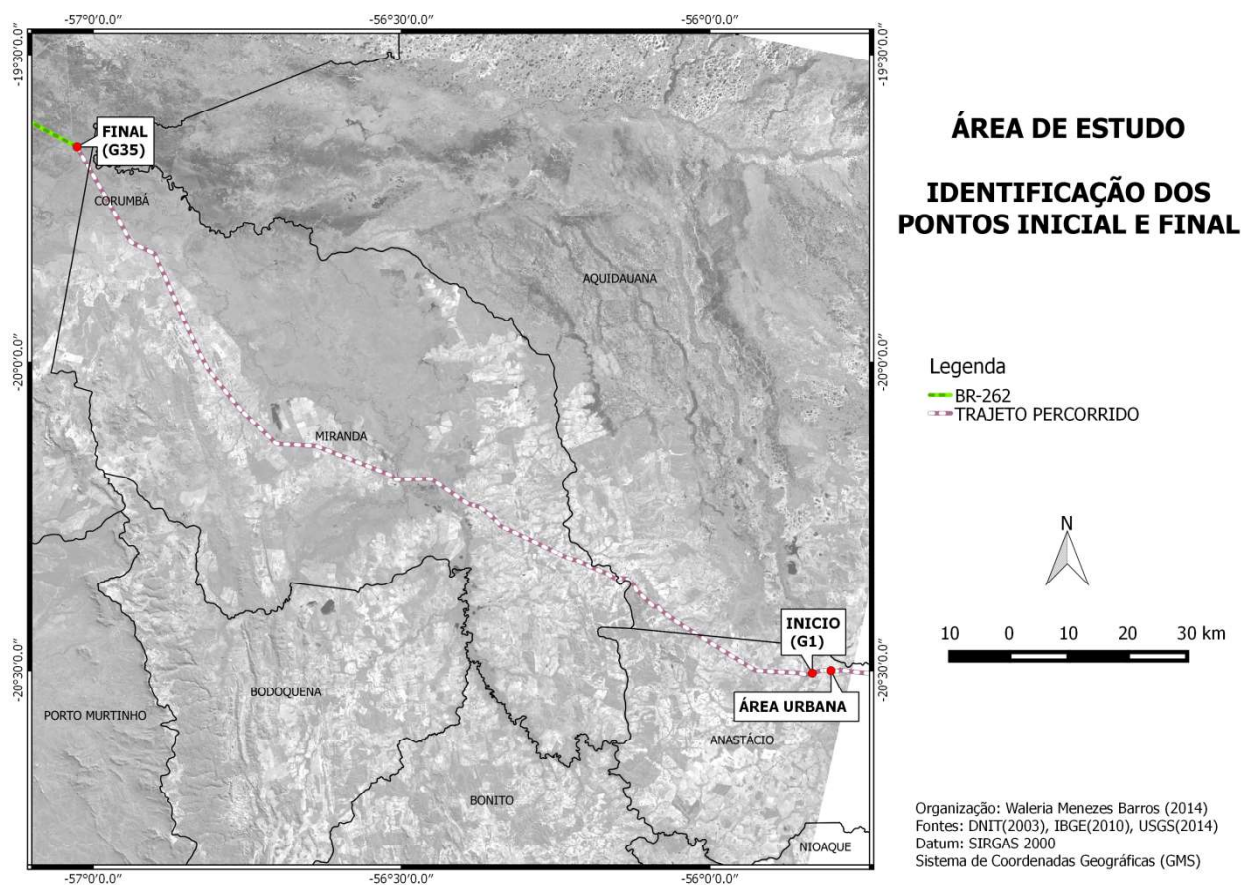


Fig. 3 - Imagem OLI/Landsat-8, com a identificação dos pontos inicial e final levantados, no trecho percorrido da BR-262.

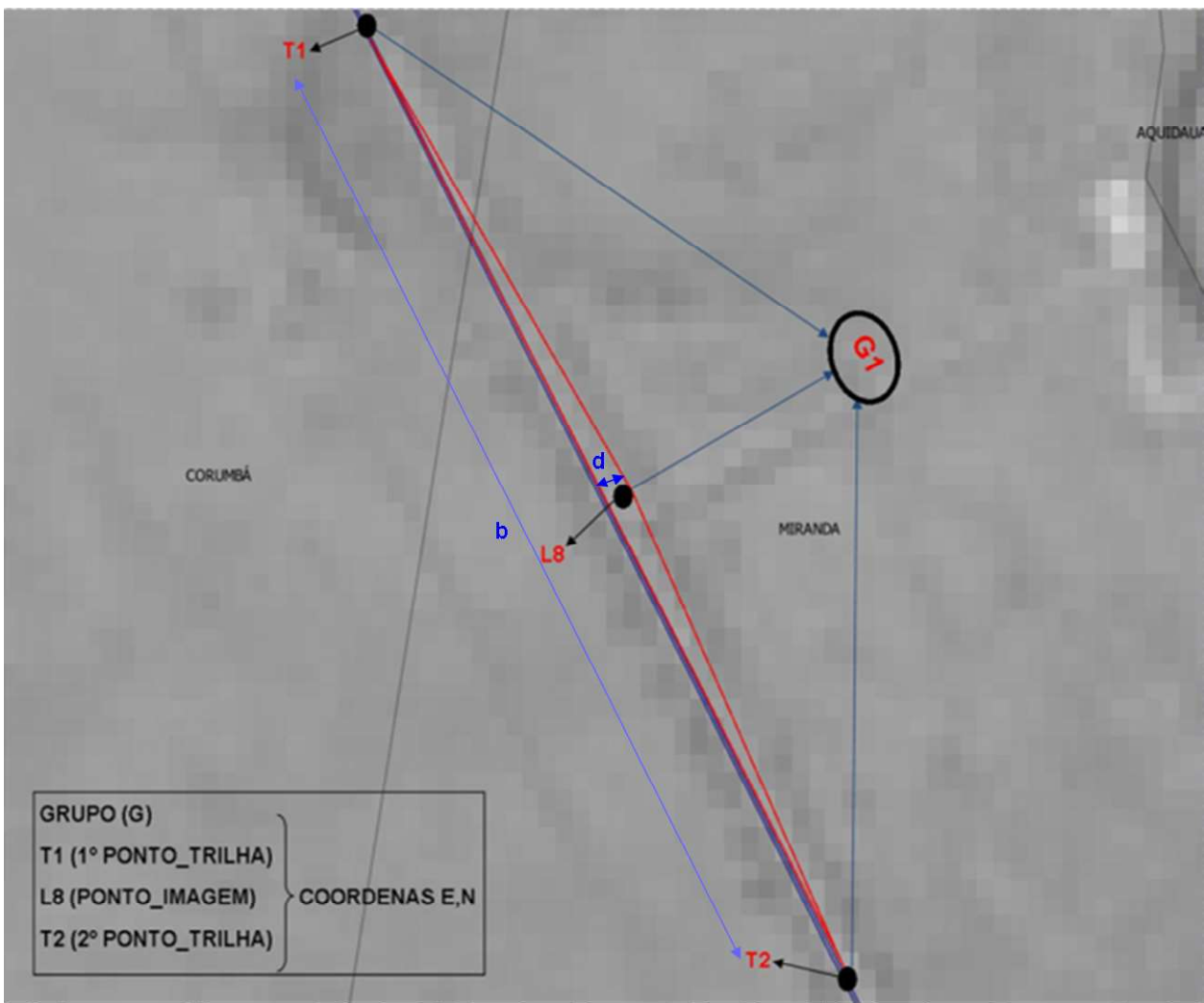


Fig. 4 - Princípio da técnica desenvolvida para determinar a acurácia posicional da imagem, utilizando dois pontos levantados na BR-262 (T1 e T2) e um ponto na imagem de satélite (L8).

valores de 0 à 33 % do pixel, com visualização de distanciamento considerada irrelevante, lhe sendo atribuído valor de representação 0; de onze à vinte metros, representam valores de 34 à 67 % do pixel, com visualização de distanciamento considerada sutil, lhe sendo atribuído valor de representação 0,5 (1/2); de vinte e um à trinta metros, representam valores de 68 à 100 % do pixel, lhe sendo atribuído valor de representação 1.

Ao analisar a Tabela 1, nota-se que a imagem avaliada possui alta acurácia posicional, uma vez que apresenta em todos os trechos retilíneos avaliados uma discrepância menor que trinta metros, que nesse caso é o elemento de resolução espacial. Verifica-se também que aproximadamente 65% (sessenta e cinco por cento) dos grupos de pontos aferidos apresentam

discrepâncias igual ou inferior a 12 metros. Esse percentual é relativamente menor em relação ao apresentado por Irons *et al.* (2012), Roy *et al.* (2014) e Storey *et al.* (2014), que afirmam que essa discrepância é de até doze metros em noventa por cento dos casos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo principal desse trabalho consistiu em avaliar a qualidade geométrica de uma imagem OLI/Landsat-8 da região do Pantanal. Para essa avaliação, foi desenvolvida uma técnica baseada em retas de controle, a qual usa rodovias levantadas em campo com receptores GNSS no modo cinemático como referência. Destaca-se que no Pantanal, as rodovias são um dos poucos elementos identificados na imagem, que não sofrem alterações em função do regime de seca e cheia.

Tabela 1: Valores de distanciamento entre a imagem do satélite Landsat 8/OLI e as retas aferidas na BR-262

PONTOS	METROS	%	CLASSIFICAÇÃO
G1	15,769	53%	½
G2	15,647	53%	½
G3	13,558	47%	½
G4	13,098	43%	½
G5	12,575	43%	½
G6	10,109	33%	0
G7	22,764	77%	1
G8	17,055	57%	½
G9	13,372	43%	½
G10	9,988	33%	0
G11	8,700	30%	0
G12	11,806	40%	½
G13	1,620	7%	0
G14	6,289	20%	0
G15	5,678	20%	0
G16	9,683	33%	0
G17	9,512	33%	0
G18	8,697	30%	0
G19	5,330	17%	0
G20	1,769	7%	0
G21	12,394	40%	½
G22	13,861	47%	½
G23	7,951	27%	0
G24	5,452	17%	0
G25	7,335	23%	0
G26	1,041	3%	0
G27	13,701	47%	½
G28	22,430	73%	1
G29	24,941	83%	1
G30	3,486	10%	0
G31	10,427	33%	0
G32	3,136	10%	0
G33	5,268	17%	0
G34	15,741	53%	½
G35	8,484	27%	0

A imagem OLI/Landsat-8 avaliada apresentou deslocamento posicional máximo de aproximadamente 25 metros, com média de 10,53 metros. A REMQ (Raiz quadrada do Erro Médio Quadrático) foi de 12,20 metros. No presente estudo cerca de 65% das discrepâncias

são menores que 12 metros, o que pouco difere do apontado por Irons *et al.* (2012), Roy *et al.* (2014) e Storey *et al.* (2014), que estabeleceram a acurácia das imagens OLI/Landsat-8 dentro de 12 metros para um intervalo de confiança de 90%.

Por meio dos experimentos realizados, verificou-se que a imagem OLI/Landsat-8 do Pantanal, avaliada nesse trabalho, apresenta alta qualidade posicional, uma vez que os deslocamentos posicionais não ultrapassaram 30 metros, que é o elemento de resolução espacial. Destaca-se que a medição do ponto pertencente à reta na imagem foi realizada de modo manual, fazendo com que a confiabilidade da medição dependa da acuidade visual do operador. Nesse contexto, pretende-se em trabalhos futuros aplicar técnicas de PDI (Processamento Digital de Imagens) para a extração de feições lineares, o que permitirá obter coordenadas das retas imagem com precisão subpixel.

Acredita-se que a realização desse estudo trouxe contribuições teóricas e práticas quanto à satisfação do objetivo proposto, já que desenvolveu, testou e validou uma técnica alternativa para mensurar a qualidade posicional de uma imagem orbital. Com isso, pode-se concluir, com base nas observações realizadas no âmbito deste trabalho, que o uso do traçado de rodovias como elemento de controle, na verificação da qualidade posicional de imagens do satélite, dentro da região da planície pantaneira é válido.

Em trabalhos futuros objetiva-se aplicar a mesma técnica para imagens de diferentes sensores em diferentes regiões do território brasileiro.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPQ pelas bolsas Pq de A.C.P.F. (processo 305300/2012-1) e AT/NS de W.M.B. e pelo financiamento à pesquisa (processo 456149/2014-7). A Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul – FUNDECT (processo 59/300.066/2015).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, M. A. H.; DEBIASI, P.; SIQUEIRA, J. C. dos S. Avaliação Espectral e Geométrica

- das Imagens RapidEye e Seu Potencial Para o Mapeamento Agrícola e Ambiental. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 66, n. 1, p. 105-113, 2014.
- BAKER, M. A Collection of Formulæ for the Area of a Plane Triangle. *The Annals of Mathematics*. 1, p. 134-138, 1884.
- DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Mapas Multimodais_ Shapefiles. 2003**. Disponível em < <http://www.dnit.gov.br/mapas-multimodais/shapefiles>>. Acesso em: 30 mai. 2014
- FLORENZANO, T. G. **Os Satélites e Suas Aplicações**. São José dos Campos: SindCT, 2008. 48p.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malha geométrica dos municípios de Mato Grosso do Sul. 2010**. Disponível em <ftp://geoftp.ibge.gov.br/malhas_digitais/municipio_2010/ms.zip>. Acesso em: 22 mai. 2014
- IRONS, J. R., DWYER, J. L., BARSÍ, J. A. The next Landsat satellite: The Landsat Data Continuity Mission. **Remote Sensing of Environment**, v. 122, p. 11–21. 2012.
- MENESES, P. R. (Org.). **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília: UNB, 2012. 266 p.
- MIKHAIL, E.; ACKERMAN, F. Observations and Least Squares. **University Press of America**, 1976. 497 p.
- MONICO, J. F. G. ; DAL POZ, A. P. ; GALO, M. ; DOS SANTOS, M. C. ; OLIVEIRA, L.C. Acurácia e precisão: revendo os conceitos de forma acurada. **Boletim de Ciências Geodésicas** v. 153, n. 3. P. 469-483, 2009.
- OLI/LANDSAT-8. **Imagem de Satélite. Canal 6. Órbita 226 Ponto 074**. 2014. Disponível em <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acessado em: 03 jul. 2014.
- PARANHOS FILHO, A. C.; LASTÓRIA, G.; TORRES, T. G. **Sensoriamento Remoto Ambiental Aplicado**. Campo Grande: UFMS, 2008. 198 p.
- QUANTUM GIS (QGIS). Development Team, QGIS Geographic Information System. 2014. **Open Source Geospatial Foundation Project**. <<http://qgis.osgeo.org>>
- ROY, D. P.; WULDER, M. A.; LOVELAND, M. C.; WOODCOCK, C. E.; ALLEN, R. G.; ANDERSON, M. C.; HELDER, D.; IRONS, J. R.; JOHNSON, D. M.; KENNEDY, R.; SCAMBOS, T.A.; SCHAAF, C. B.; SCHOTT, J. R.; SHENG, Y.; VERMOTE, E. F.; BELWARD, A. S.; BINDSCHADLER, R.; COHEN, W. B.; GAO, F.; HIPPLE, J. D.; HOSTERT, P.; HUNTINGTON, J.; JUSTICE, C. O.; KILIC, A.; KOVALSKYY, V.; LEE, Z. P.; LYMBURNER, L.; MASEK, J. G.; MCCORKEL, J.; SHUAI, Y.; TREZZA, R.; VOGELMANN, J.; WYNNE, R. H.; ZHU, Z. Landsat-8: Science and Product Vision for Terrestrial Global Change Research. **Remote Sensing of Environment**, v. 145, p.154-172. 2014.
- SILVA, J. X. da.; ZAIDAN, R. T. **Geoprocessamento & Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. 328 p.
- STOREY, J.; CHOATE, M.; LEE, K. Landsat 8 Operational Land Imager On-Orbit Geometric Calibration and Performance. **Remote Sensing**, v. 6, p. 11127-11152. 2014.
- USGS. United States Geological Survey. **Earth Explorer**. 2014. Disponível em <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 03 jul. 2014
- _____. United States Geological Survey. **Landsat Missions**. 2014. Disponível em <http://landsat.usgs.gov/band_designations_landsat_satellites.php>. Acesso em: 03 jul. 2014