



Análise das Potencialidades do Uso de Imagens Orbitais de Alta Resolução Espacial Visando Atender as Especificações da Norma Técnica e Georreferenciamento de Imóveis Rurais

Analysis of the Potential Use High Resolution Spatial Orbital Images Aiming to
Meet the Specificities in the Technical Standards of Georeferencing Rural Real Estate

Willem Wily de Paula Barbosa & Edilson de Souza Bias

*Universidade de Brasília, Instituto de Geociências, Instituto Central de Ciências,
Ala Central, Campus Universitário Darcy Ribeiro, 70910-900, Asa Norte, Brasília, DF, Brasil*

E-mails: wwpb83@gmail.com; edbias@gmail.com

Recebido em: 28/10/2018 Aprovado em: 13/03/2019

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2019_1_618_629

Resumo

O processo de certificação de imóveis rurais no Brasil era realizado de forma lenta e ineficaz, e sua análise junto ao INCRA morosa e burocrática. Observando os diversos entraves enfrentados, este órgão criou o Sistema de Gestão Fundiária (SIGEF), e para atender esse novo padrão, foi lançada em 2013, a 3ª edição da Norma Técnica de Georreferenciamento de Imóveis Rurais (NTGIR), que prevê o uso do sensoriamento remoto para determinação limites naturais como montanhas, encostas e rios. Assim sendo, visa-se apresentar uma proposta metodológica para uso de imagens de satélite de alta resolução espacial, em áreas rurais planas a suave onduladas, com vistas a determinação de vértices (M, P, V) atendendo as especificações da 3ª NTGIR. Para o processo de ortorretificação utilizou-se uma imagem orbital Worldview 2, numa área rural de cerca 260 ha, localizada em Brazlândia/DF, 13 Pontos de Controle Terrestres coletados com receptores GNSS Topcon Hiper Lite + (L1/L2). A ortorretificação foi processada com base nos Modelos Digitais de Elevação (MDE), com dados originados tanto das curvas de nível da Terracap (1:10.000), quanto dados SRTM, situações em que se alcançou um PEC classe A, na escala de 1:5.000, o que é cinco vezes melhor do que o estipulado pelo INCRA. Desta maneira foi gerado um mapa contendo a interseção das áreas rurais planas a suave-onduladas e sem certificação do INCRA, o que perfaz uma área de cerca de 145.000.000ha passíveis da aplicação do método.

Palavras-chave: Imagem orbital; Georreferenciamento de imóveis rurais; Ortorretificação

Abstract

The certification processes of rural real estate in Brazil was once conducted in a slow and inefficient way, and its analysis under INCRA was bureaucratic. As per the various barriers faced by this institution, they have created the land management system, and to meet this new standard, it was launched in 2013 the 3rd Edition of Technical Standards of Rural Properties Georeferencing (TSRPG), which provides the remote sensing to determine natural boundaries like mountains, hillsides and rivers. Therefore, the objective here is to present a methodological proposal for the use of satellite images of high spatial resolution, from flat to smoothly wavy rural areas, pursuing determination vertices (M, P, V) that meets the specifications of the 3rd TSRPG. For the development of the ortorretification process, it was used a Worldview 2 orbital image, in a rural landscape of approximately 260 ha images, located in Brazlândia/DF, Brazil. In this sense, 13 terrestrial points of control were collected with Topcon receptors Hyper Lite + GNSS (L1/T2). The ortorretification was processed based on Digital Elevation Modes (DEM), using original data both originated from the Terracap level curves (1:10,000), and from SRTM data. These conditions allowed the achievement a cartographic accuracy, Class A, at the scale of 1:5,000 which is five times better than the results stipulated by INCRA. Therefore, it was generated a map containing the intersection of flat and smoothly wavy rural areas regardless the INCRA certification, which makes up an area around 145 million hectares suitable for the application of this method.

Keywords: Orbital imaging; Georeferencing of rural real estate; Ortorretification

1 Introdução

Os conflitos fundiários no Brasil são discussões recorrentes e produzidas em função de sua grande extensão territorial e pela questão referente a demarcação e divisão de terras, que no decorrer da história do país, adquiriu diferentes contornos. Com o advento da Norma Técnica de Georreferenciamento de Imóveis Rurais (NTGIR), o processo de certificação no Brasil ainda era realizado de forma lenta e ineficaz, gerando elevados custos financeiros e sua análise junto ao INCRA era morosa e burocrática (Toledo & Bertotti, 2014).

Observando os diversos entraves enfrentados até então, o INCRA, determinou a criação de seu Sistema de Gestão Fundiária (SIGEF), sendo responsável por todos os processos de certificação de imóveis rurais no Brasil, realizados de forma digital, por um sistema via *web*. Para atender esse novo padrão, lançou-se em 2013, a 3ª edição da NTGIR, que prevê o uso do sensoriamento remoto para determinação de limites naturais como montanhas, encostas e rios, tornando a implantação de marcos físicos dispensável nestes casos (Grip-Jr. *et al.*, 2010).

Nesta perspectiva, a resolução espacial de alguns sensores orbitais (*Ikonos QuickBird*, *GeoEye*, *Worldview*), tornam-se mais eficientes a cada dia e alcançam resolução espacial submétrica (31 cm), como é o caso do *Worldview 3*, o que permite seu aproveitamento nas áreas de aquisição de dados sobre gestão do território, georreferenciamento de imóveis rurais, monitoramento ambiental, projeções de safras, agricultura de precisão, levantamentos cadastrais e multifinalitários (Padwick *et al.*, 2010; Yang & Xin, 2014; Bosquilia *et al.*, 2016, Souza *et al.*, 2016).

O georreferenciamento de imóveis rurais, em função de seu criterioso padrão normativo e alto grau de complexidade no uso de equipamentos e aquisição de dados, indica um panorama com um índice apenas razoável de certificações em relação ao cadastro de imóveis rurais junto ao INCRA (Augusto, 2006). A Tabela 1 indica o panorama geral relacionado ao cadastro e certificação junto ao INCRA, por meio do Sistema Nacional de Certificação de Imóveis (SNCI) e Sistema de Gestão Fundiária (SIGEF).

NÚMEROS GERAIS DA CERTIFICAÇÃO			
Tipo	Sistema	Imóveis	Área (ha)
Público	SNCI	2.597	41.713.171,2749
Público	SIGEF	18.444	51.850.406,4388
Subtotal Público		21.041	93.563.577,7137
Privado	SNCI	67.591	91.713.450,9531
Privado	SIGEF	335.007	109.532.850,7976
Subtotal Privado		402.598	201.246.301,7507
Total Geral		423.639	294.809.879,4644
Área total de imóveis rurais cadastrados no INCRA			605.387.746,06
Relação entre áreas certificadas e cadastradas			48%

Tabela 1 Áreas rurais cadastradas e certificadas junto ao INCRA (Fonte: INCRA, 2015);

Desta forma, o presente artigo visa apresentar uma proposta metodológica para utilização de imagens de satélite de alta resolução espacial, em áreas rurais planas e suave onduladas, com vistas a determinação de vértices (M, P, V) atendendo as especificações da 3ª NTGIR.

2 Material e Métodos

2.1 Área de Estudo

Foi selecionada uma área que possui cerca de 260ha, localizado na Bacia Hidrográfica do Rio Maranhão (SEMARH, 2016), na Região Administrativa (RA-IV) de Brazlândia/DF, no Núcleo Rural Rodeador, a cerca de 60 Km de Brasília.

A área de estudos (Figura 1) foi determinada em função de suas características topográficas, tendo em vista que dispõe de áreas planas a suave onduladas (0% a 8% de declividade), apresenta pontos acessíveis e foto identificáveis, facilitando os processos de coleta dos pontos de controle para a ortorretificação e controle de qualidade.

2.2 Equipamentos, Softwares e Procedimentos Utilizados

Para o desenvolvimento da presente pesquisa foram utilizados os materiais, ferramentas e processos metodológicos, descritos a seguir.

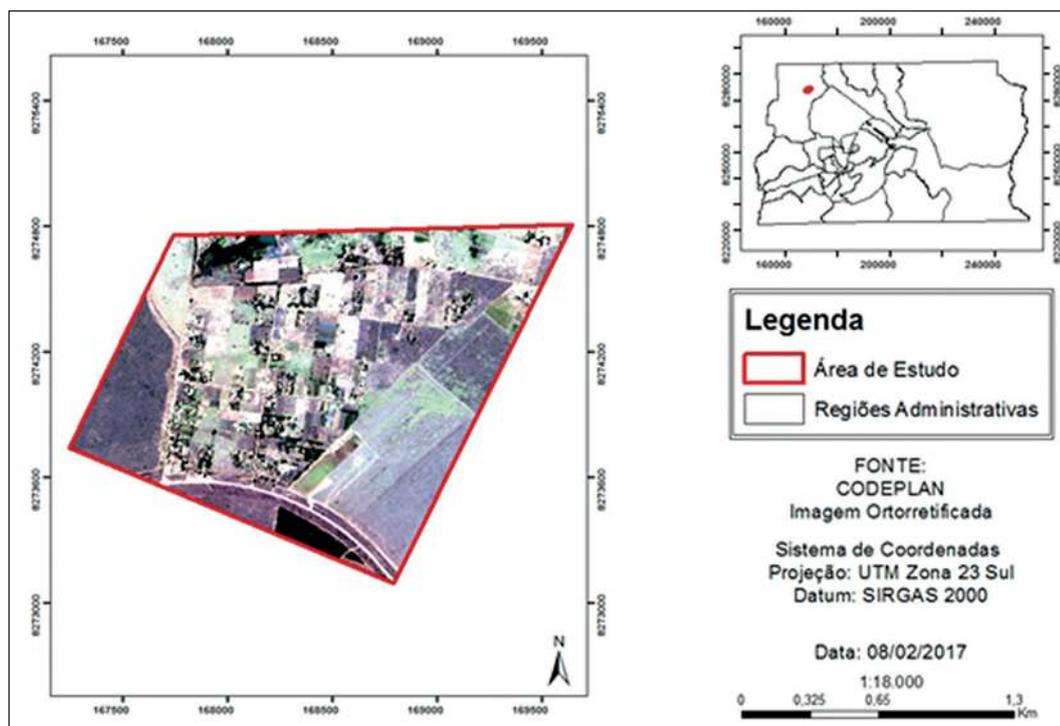


Figura 1 Localização da área de estudos.

a) Imagem orbital de alta resolução espacial do satélite *Worldview 2*, cedida pela empresa DIGIBASE, com as seguintes características:

-Imagem adquirida em julho de 2014, com resolução radiométrica de 11 bits por pixel e resolução temporal de 1,1 dias. Contendo 8 bandas multiespectrais de 2m de resolução espacial e uma banda pancromática com resolução espacial de 0,5 m;

b) Dados referentes a pontos cotados e curva de nível (escala 1:10.000) proveniente da base vetorial da Companhia Imobiliária de Brasília (Terracap) que contribuíram para elaboração do Modelo Digital de Elevação (MDE);

c) Dados *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), para geração de MDE, e análise da qualidade da ortorretificação em regiões do país que não possuam dados altimétricos disponíveis;

d) *Software ENVI* versão 5.0, utilizado para realização do fusão das bandas da imagem *Worldview 2*, através da função *Spectral Sharpenig*, como também o proces-

so de ortorretificação da imagem, utilizando-se o modelo *Rational Polynomial Coefficient* (RPC);

e) *Software ArcGIS* versão 10.0, utilizado para as análises das feições digitalizadas, análises de resolução espacial, amostragem, geração do MDE, geração do modelo de declividade do terreno e localização da área de estudos;

f) Par de receptores GNSS *Topcon Hiper Lite + (L1/L2)*, para a coleta de pontos em campo, visando a ortorretificação da imagem;

g) *Software PC-CDU* versão 7.12, utilizado para descarregar os dados dos receptores GPS *Topcon Hiper Lite + (L1/L2)*;

h) *Software Topcon Tools* versão 7.5.1, utilizado para o pós processamento dos dados obtidos em campo;

i) *Software GeoPEC 3.5*, para verificação do Padrão de Exatidão Cartográfica;

j) Receptor de navegação modelo *Garmin 60Cx*, para navegação, orientação e localização dos pontos pré-definidos na amostragem e cálculo da distância da linha de base.

k) Coletora de dados com *software TopSurv*, para uso do método RTK.

Com intuito de apresentar as principais etapas que compõe a pesquisa, a Figura 2 apresenta o fluxograma metodológico adotado para obtenção de dados e avaliação cartográfica dos produtos gerados

Os procedimentos de ortorretificação foram realizados separadamente, no software ENVI, tendo como background os MDE's gerados com as curvas de nível (escala 1:10.000) e dos dados SRTM, sendo

que ambos modelos apresentaram a mesma diferença de nível (96m), conforme Figura 3.

Para os processos de ortorretificação e de controle de qualidade foram rastreados 27 pontos de campo (Figura 4), para compor os pontos de controle.

Os vértices foram rastreados pelo método relativo estático e definidos de forma que fossem facilmente identificados na própria imagem e em campo (Figura 5).

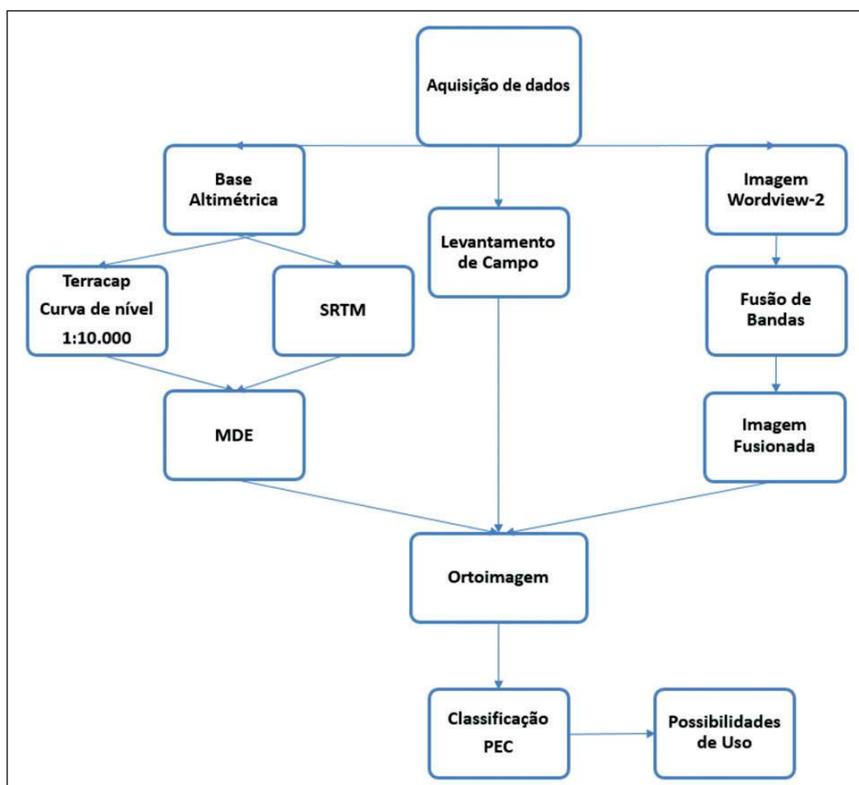


Figura 2 Fluxograma metodológico.

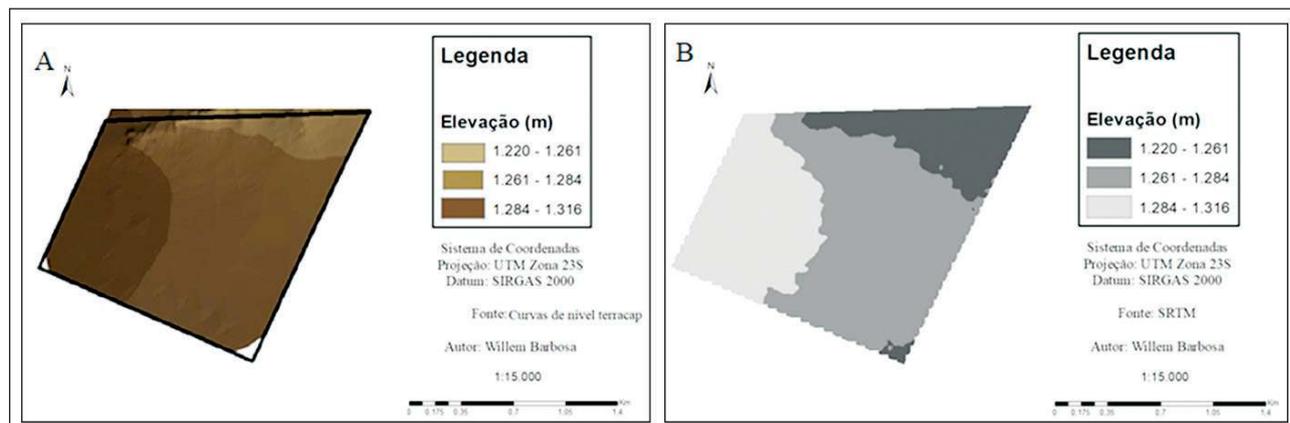


Figura 3 MDE curva de nível (A) e MDE SRTM (B).



Figura 4 Vértices foto identificáveis rastreados em cercas (A, B, C) e porteiiras (D, E).

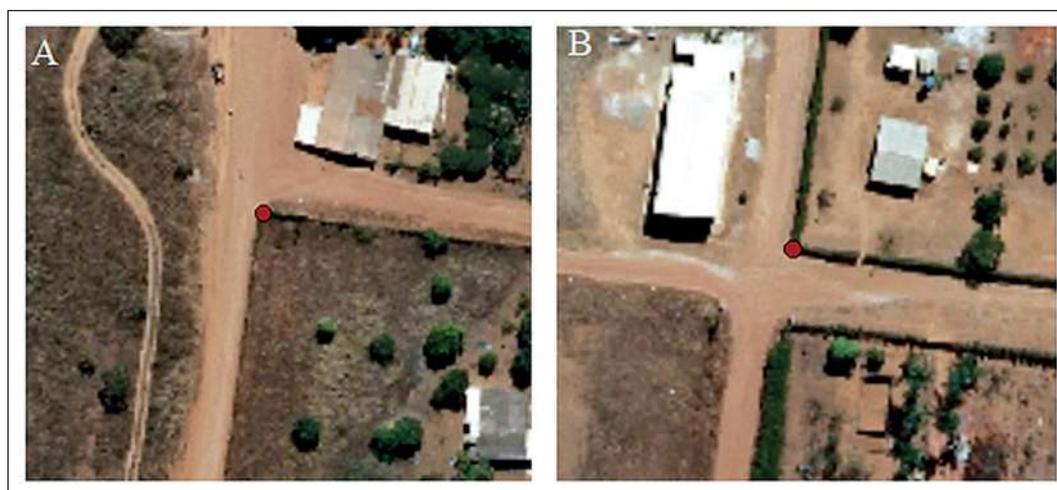


Figura 5 Vértices foto identificáveis na imagem por encontro de cerca sem vegetação (A) e com vegetação (B).

As coordenadas obtidas, foram processadas pelo método de Posicionamento por Ponto Preciso (PPP), chancelado pelo IBGE. Os dados foram pós-processados através do software Topcon Tools 8.0, que possui a capacidade de armazenar e pós processar as fases de batimento das portadoras L1/L2 e utiliza o processo dos mínimos quadrados, que procura encontrar o melhor ajuste para um conjunto de dados. Também foi inserido no processo de ortorretificação os arquivos RPC, fornecidos nos dados brutos da imagem.

Em seguida analisou-se as discrepâncias entre as coordenadas nas imagens ortorretificadas e as coordenadas de referência, por meio de testes estatísticos indicados no GeoPec 3.5, que considera acurácia posicional de produtos cartográficos utilizando o Decreto n°. 89.817 aliada à ET-CQDG.

Com a intenção de analisar a influência do número de pontos de controle terrestres na qualidade do processo de ortorretificação da imagem *Worldview 2*, realizou-se uma amostragem direcionada por grade regular (cerca de 65mk²), utilizando-se progressivamente 5, 6 e 7 pontos de controle (Figuras 6, 7 e 8), de forma a considerar alvos nas margens e no centro da imagem, desde que fossem foto identificáveis.

Destaca-se que foram realizados testes de ortorretificação com quantidades inferiores a 5 Pontos de Controle, que apresentaram resultados insatisfatórios (PEC, classe D, 1:5.000), já quando se utilizou quantidades superiores a 7 Pontos de Controle, não houve melhoria na classificação do PEC. Para validação cartográfica das ortoimagens geradas, utilizou-se 20 Pontos de Checagem (Figura 9) em todas as situações.



Figura 6 Distribuição cinco pontos de controle.

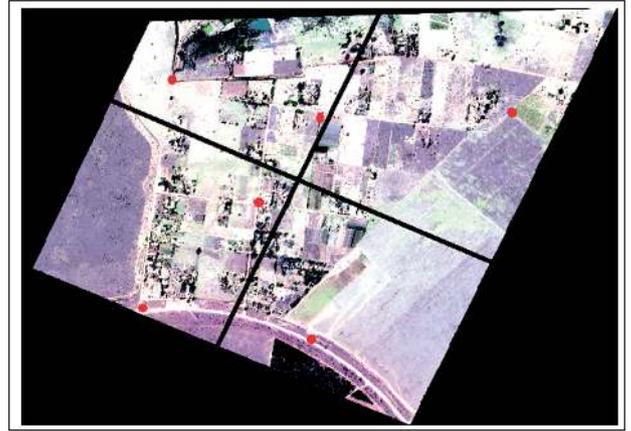


Figura 7 Distribuição seis pontos de controle.

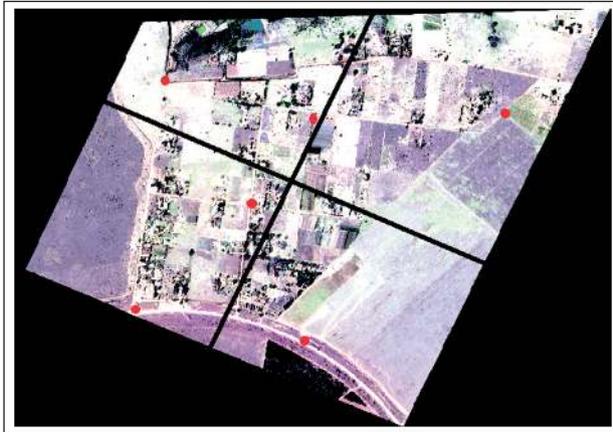


Figura 8 Distribuição sete pontos de controle.



Figura 9 Distribuição vinte pontos de checagem.

Avaliando-se a extensão do território brasileiro passível da aplicação da metodologia, foi confeccionado um mapa, representando as áreas planas a suave ondulada, rurais e não certificadas no Brasil, o que permite conhecer a extensão e a possibilidade de uso da metodologia proposta, visando propor um mecanismo auxiliar que possibilite agilizar o processo de georreferenciamento de imóveis rurais do país.

Desta maneira, inicialmente, foi realizada a delimitação de áreas planas a suave onduladas no Brasil (0-8%), extraídas a partir do mosaico dos dados SRTM. A classificação da declividade adotada como referência foi a utilizada pelo IBGE (plano 0 a 3%, suave ondulado 3 a 8%, ondulado 8 a 20%, forte ondulado 20 a 45%, montanhoso 45 a 75% e escarpado > 75%) (Tricarte, 1977). Posteriormente realizou-se a delimitação de áreas rurais do território brasileiro, com uso dos dados IBGE, obtido em seu

portal de geociências. Em seguida, realizou-se a intersecção das áreas planas e rurais e posteriormente converteu-se os dados para o formato vetorial (Figura 10).

Por fim, foram deduzidas as áreas planas e rurais em relação as áreas certificadas pelo INCRA (Figura 11), que estão disponibilizadas no acervo fundiário nacional de áreas certificadas pelo INCRA (públicas, privadas, glebas federais e imóveis SIGEF).

3 Resultados e Discussão

Inicialmente, a imagem orbital foi ortorretificada sob diferentes quantidades e distribuições de pontos de controle, utilizando-se tanto o MDE originado dos dados de curva de nível (1:10.000), quanto SRTM, que não apresentaram diferenças na compo-

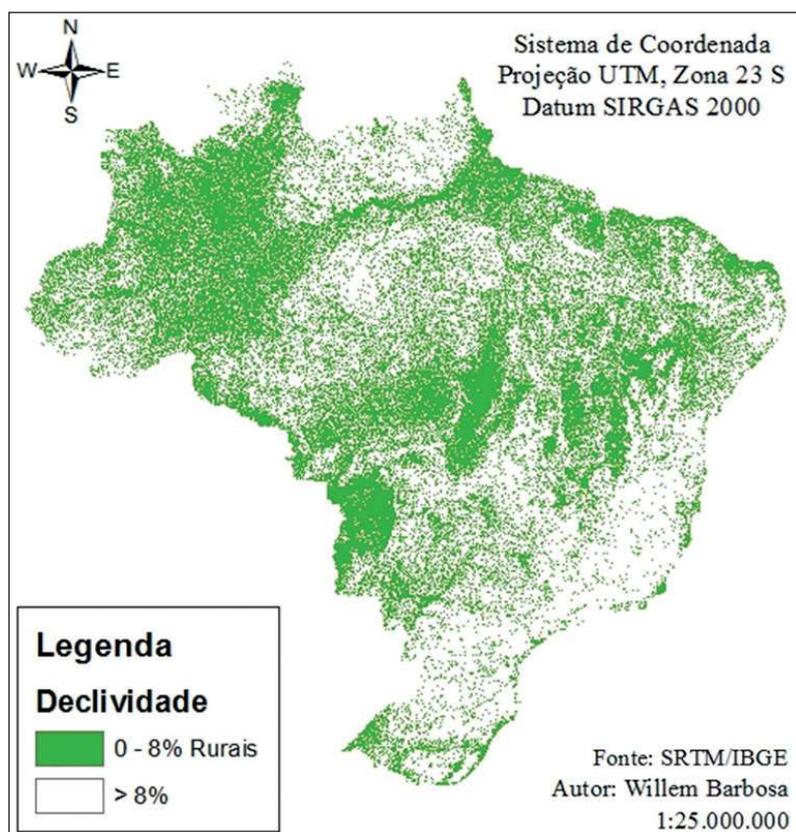


Figura 10 Área plana a suave ondulada e rurais.

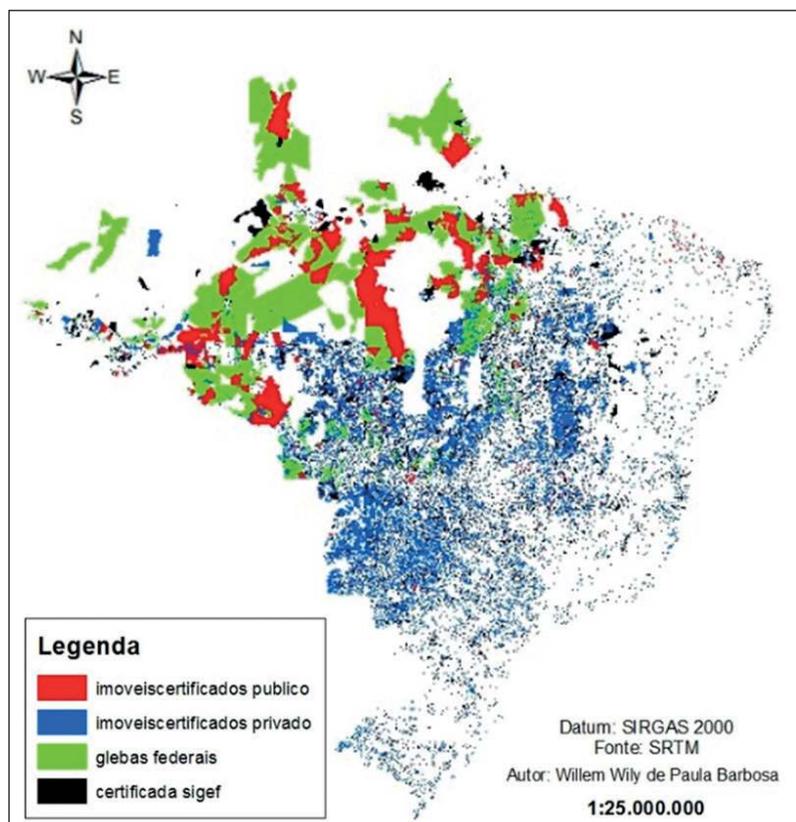


Figura 11 Áreas certificadas pelo INCRA.

nente planimétrica na geração da ortoimagem, de acordo com a Figura 12, o que demonstra que uma boa eficiência nesta componente é função direta da correção geométrica e não do MDE, evidenciando o potencial de uso do SRTM para as áreas planas de todo país.

Destaca-se que em áreas com baixa amplitude altimétrica, a qualidade da ortoretificação não varia em função da origem dos dados do MDE, mas é função direta da distribuição e densidade de pontos de controle, considerando que as deformações do relevo são proporcionais a amplitude topográfica da área, torna-se imprescindível a análise de significância das deformações relacionadas a elevação do terreno, que se baseia no cálculo do deslocamento máximo devido ao relevo (Debiase *et al*, 2011). A Figura 13 indica esta relação de cálculo.

Por semelhança de triângulos obtêm-se a relação apresentada na Equação 1.

$$\Delta H = \left(\frac{H}{D} \right) \Delta x \quad (1)$$

O erro planimétrico admissível devido ao relevo para esta etapa do trabalho foi referenciado ao PEC das cartas classe A, na escala de 1:5.000, o que resultou em 1,4m. As demais informações são relacionadas ao sensor *Worldview 2*, sendo a altitude do satélite (770km) e a metade da faixa de imageamento (8,2km). Aplicando-se esses valores calculou-se o deslocamento máximo em função do relevo de obtendo-se 131m, valor superior ao desnível total da área de estudos que é de 96m.

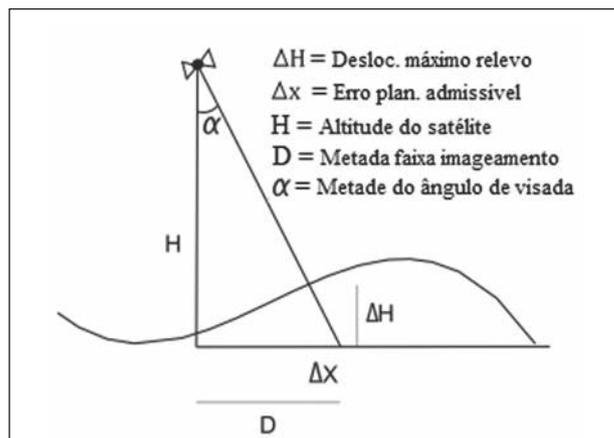


Figura 13 Deslocamento máximo de uma imagem, devido ao relevo no plano de projeção.

3.1 Estatísticas Ortoimagem

Os elementos estatísticos utilizados e analisados foram: Erro Padrão (EP); Desvio Padrão (DP) e Erro Médio Quadrático (EMQ). Inicialmente foi examinado o gráfico das discrepâncias entre as coordenadas adquiridas em campo e aquelas obtidas nas respectivas ortoimagens, conforme as Figuras 14, 15 e 16.

Posteriormente avaliou-se o erro absoluto entre as coordenadas E e N para cada distribuição e quantidade de pontos de controle (Tabela 2).

Dos dados obtidos e apresentados na Tabela 2, é possível observar uma redução gradual do DP conforme o aumento do número de pontos de controle utilizados no processo de ortoretificação. Os valores do DP obtidos foram de 0,91m, 0,15m e 0,066m para o modelo utilizando 5, 6 e 7 Pontos de Controle,



Figura 12 Ortoimagens originadas de curvas de nível (A) e SRTM (B).

Análise das Potencialidades do Uso de Imagens Orbitais de Alta Resolução Espacial
Visando Atender as Especificações da Norma Técnica e Georreferenciamento de Imóveis Rurais

Willem Wily de Paula Barbosa & Edilson de Souza Bias

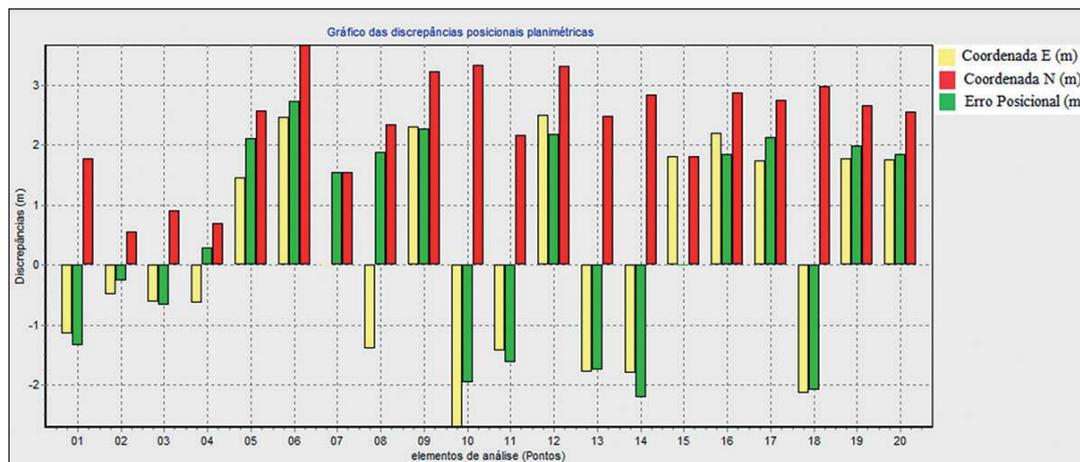


Figura 14 Gráfico de discrepâncias das coordenadas, utilizando-se 5 Pontos de Controle.

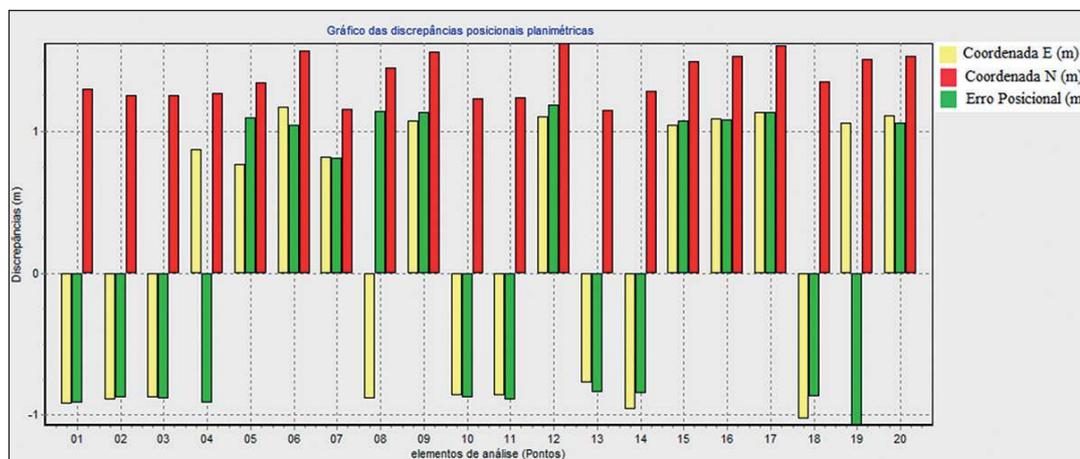


Figura 16 Gráfico de discrepâncias das coordenadas, utilizando-se 7 Pontos de Controle.

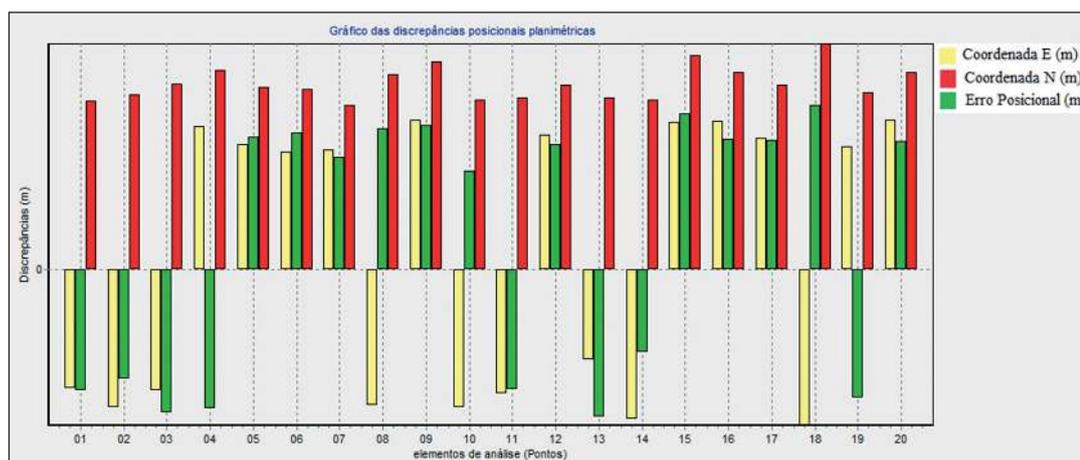


Figura 15 Gráfico de discrepâncias das coordenadas, utilizando-se 6 Pontos de Controle.

respectivamente. Cabe observar que os dados obtidos com 6 e 7 Pontos de Controle obtiveram melhores resultados que os apresentados por Aguilar *et al.* (2013), com o mesmo tipo de imagem e área de estudos com características topográficas semelhantes, (DP de 0,468m, 0,466m, 0,443m, 0,428 m e 0,430

m), com a utilização de 8 a 12 Pontos de Controle. Já Meneghetti (2013), utilizando o mesmo tipo de imagem obtiveram DP 0,413m na componente planimétrica E e 0,640m na componente N, valores superiores a esta pesquisa que atingiu DP de 0,06m em E e 0,12m em N, utilizando 7 Pontos de Controle.

**Análise das Potencialidades do Uso de Imagens Orbitais de Alta Resolução Espacial
Visando Atender as Especificações da Norma Técnica e Georreferenciamento de Imóveis Rurais**
Willem Wily de Paula Barbosa & Edilson de Souza Bias

5 pontos de controle			
	ΔE	ΔN	Posicional (Resultante)
Média (m)	0,1141	0,3717	2,341
Desvio padrão (m)	1,7993	1,7951	0,9134
Variância (m)	3,237	3,222	0,834
RMS (m)	1,755	1,7863	2,5042
Máximo (m)	2,508	2,724	3,6677
Mínimo (m)	-2,702	-2,198	0,5508
6 pontos de controle			
	ΔE	ΔN	Posicional (Resultante)
Média (m)	0,1573	0,0876	1,3819
Desvio padrão (m)	0,9839	1,0161	0,1563
Variância (m)	0,968	1,032	0,024
RMS (m)	0,9718	0,9943	1,3903
Máximo (m)	1,169	1,185	1,6175
Mínimo (m)	-1,027	-1,072	1,1451
7 pontos de controle			
	ΔE	ΔN	Posicional (Resultante)
Média (m)	0,0648	0,1219	0,7361
Desvio padrão (m)	0,5381	0,5149	0,0664
Variância (m)	0,290	0,265	0,004
RMS (m)	0,593	0,649	0,7389
Máximo (m)	0,593	0,649	0,8934
Mínimo (m)	-0,614	-0,581	0,6508

Tabela 2 Estatísticas relacionadas a 5, 6 e 7 pontos de controle.

Vale ressaltar que ambos os casos, a área de estudos localiza-se em regiões litorâneas, de relevo suave, com baixa variação altimétrica, portanto, condição similar a apresentada neste trabalho.

A comparação do valor Qui-Quadrado amostral com o valor teórico indica que a ortomagem com 7 Pontos de Controle atende aos requisitos geométricos de um mapeamento na escala de 1:5.000, classe A, para um nível de confiança de 90%, o que confere um PEC de 1,4m. Destaca-se, o potencial de uso desta metodologia em regiões brasileiras desprovidas de informações altimétricas, abrindo-se a possibilidade de uso dos dados SRTM como ferramenta de suporte ao georreferenciamento de imóveis rurais. O PEC das ortomagens, na escala de 1:5.000, para 5, 6 e 7 pontos de controle, é apresentado nas Tabelas 3, 4 e 5 e 6.

Padrões do Decreto 89.817/ET-CQDG					
Classe	ET-CQDG	PEC (mm)	EP (mm)	PEC (m)	EP (m)
	A	0,280	0,170	1,4	0,85
A	B	0,500	0,300	2,5	1,5
B	C	0,800	0,500	4	2,5
C	D	1,000	0,600	5	3,0

Tabela 3 Padrões de exatidão cartográfica estabelecidos pelo Decreto 89.817/ET-CQDG.

Classificação do Decreto 89.817/ET-CQDG						
Classe	ET-CQDG	%di(E)<PEC	%di(N)<PEC	%di(abs)<PEC	RMS<EP	Resultado
	A	31,579	26,316	15,789	Falhou	Reprovado
A	B	94,737	94,737	47,368	Falhou	Reprovado
B	C	100,000	100,000	100,000	Falhou	Reprovado
C	D	100,000	100,000	100,000	Passou	Aprovado

Tabela 4 Classificação da exatidão cartográfica para 5 Pontos de Controle, escala de 1:5.000.

Classificação do Decreto 89.817/ET-CQDG						
Classe	ET-CQDG	%di(E)<PEC	%di(N)<PEC	%di(abs)<PEC	RMS<EP	Resultado
	A	100,000	100,000	100,000	Falhou	Reprovado
A	B	100,000	100,000	100,000	Passou	Aprovado
B	C	100,000	100,000	100,000	Passou	Aprovado
C	D	100,000	100,000	100,000	Passou	Aprovado

Tabela 5 Classificação da exatidão cartográfica para 6 Pontos de Controle, escala de 1:5.000.

Classificação do Decreto 89.817/ET-CQDG						
Classe	ET-CQDG	%di(E)<PEC	%di(N)<PEC	%di(abs)<PEC	RMS<EP	Resultado
	A	100,000	100,000	100,000	Passou	Aprovado
A	B	100,000	100,000	100,000	Passou	Aprovado
B	C	100,000	100,000	100,000	Passou	Aprovado
C	D	100,000	100,000	100,000	Passou	Aprovado

Tabela 6 Classificação da exatidão cartográfica para 7 Pontos de Controle, escala de 1:5.000.

3.2 Área Passíveis da Aplicação da Metodologia no Brasil

Com intuito de estender o uso do modelo proposto para todo Brasil, identificou-se que o MDE originado dos dados SRTM atende as condições

de ortorretificação com resultados equivalentes ao MDE gerado pelas curvas de nível (1:10.000), possibilitando aplicações em todo território brasileiro, especialmente em áreas planas a suave ondulado, locais em que os objetos são mais acessíveis e que possuem maior quantidade de feições foto identificáveis.

Assim sendo, a Figura 17 indica que o Brasil ainda possui cerca de 145.000.000ha de seu território que são áreas rurais, planas a suave onduladas, e que ainda não foram certificadas pelo INCRA.

Os dados referentes aos cálculos das áreas utilizadas para determinação da porção do território

brasileiro passível de aplicação da metodologia são apresentados na Tabela 7.

Área plana a suave ondulado e rural	507.279.221,20 ha
Área certificada pelo INCRA	
Publica	47.190.385,90 ha
Privado	105.022.446,19 ha
Glebas Federais	132.767.061,17 ha
SIGEF	77.593.424,45 ha
Total certificado	362.573.323,71 ha
Área plana rural não certificada	144.705.897,49 ha
% aplicação da metodologia	28%

Tabela 7 Áreas passíveis de uso da metodologia (Fonte: adaptado de INCRA, 2015).

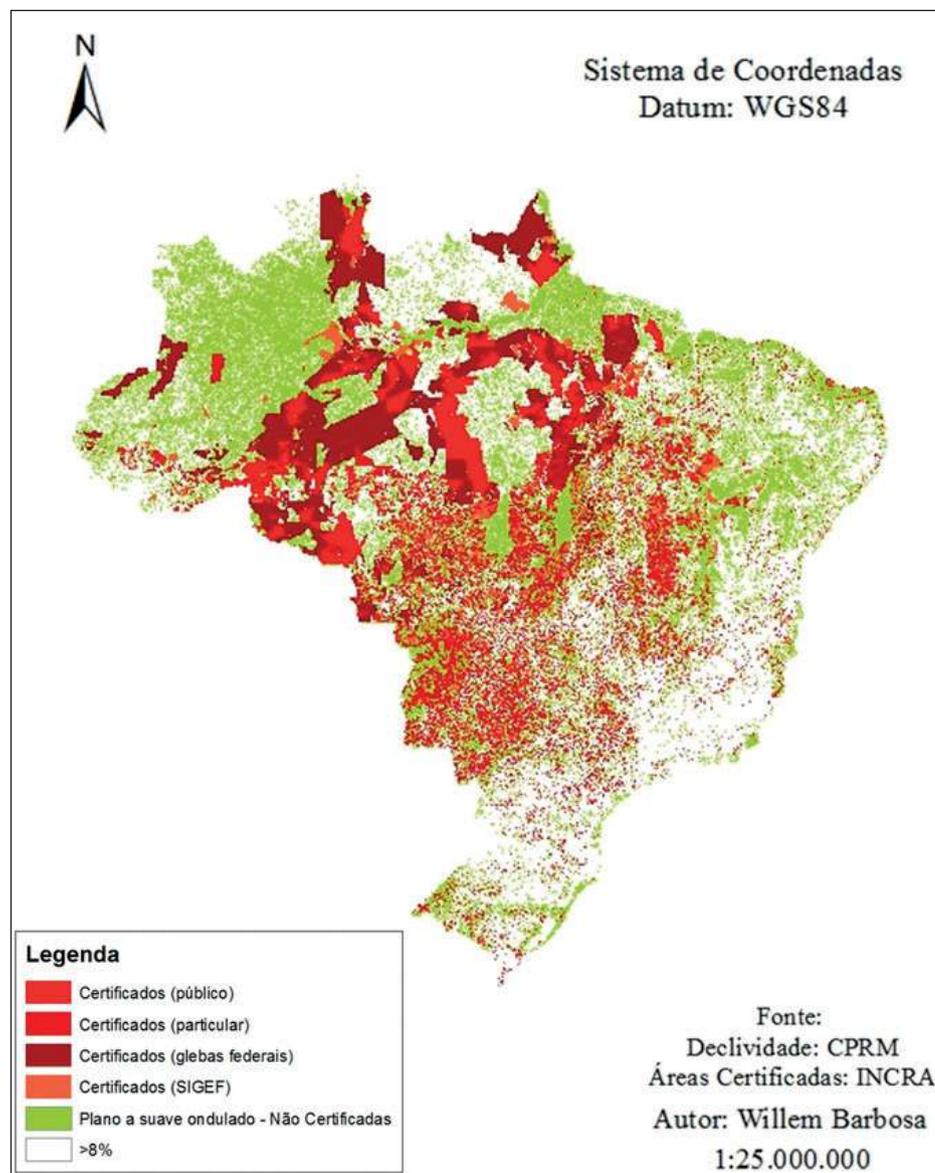


Figura 17 Áreas rurais planas a suave onduladas e não certificadas.

Considerando o custo médio do georreferenciamento, expresso pela Equação 2, e a área passível da aplicação da metodologia, tem-se um custo de cerca de R\$10.000/km² para levantamentos convencionais em áreas de baixa complexidade fundiária. Já o custo de aquisição da imagem orbital gira em torno de R\$330,00/km², incluindo os pares estéreos, o que associado a base de dados dos imóveis rurais georreferenciados do INCRA, pode proporcionar extensa cobertura territorial, especialmente as pequenas propriedades (até quatro módulos fiscais), tendo em vista que a Lei Nº 10.267/2001 garante isenção de custos financeiros aos proprietários de imóveis rurais para a realização de georreferenciamento e certificação. Nesse sentido torna-se interessante ao INCRA, do ponto de vista operacional e financeiro, a aquisição de imagens de alta resolução espacial para sua posterior ortorretificação e possível disponibilização para os processos de georreferenciamento de imóveis rurais em áreas que possuem características passíveis desta aplicação.

$$\sqrt{\text{Área}(\text{ha}) \times \text{salário mínimo}} \quad (2)$$

4 Conclusão

A compatibilização de uso dos dados altimétricos originados do SRTM, para os processos de ortorretificação em áreas planas a suave onduladas é um grande avanço quando se trata de um país com porções territoriais extensas como o Brasil. O modelo SRTM traz uma vantagem, uma vez que métodos clássicos de levantamento caracterizam-se, entre outros fatores, pelo alto tempo gasto para situações mais complexas, bem como os custos relacionados a logística para aquisição de dados. Desta forma, os progressos nas técnicas de geoprocessamento são considerados uma evolução, pois permitem a redução de custos e tempo de trabalho.

As ortoimagens originada tanto das curvas de nível (1:10.000), quanto dos dados SRTM, atingiram PEC classe A, numa escala de 1:5.000, o que é cinco vezes melhor do que o estipulado pela 3ª NT-GIR para vértices obtidos por sensoriamento remoto (1:25.000). Destaca-se ainda que a média das discrepâncias posicionais da ortoimagem (7 pontos de controle), foi de 0,73m, o que se aproxima bastante das precisões dos vértices tipo M e P, que exigem acurácia de até 0,5m no georreferenciamento de imóveis

rurais, possibilitando aprofundamento em pesquisas com imagens de resolução espacial ainda melhores que as utilizadas neste projeto, como a Worldview 3, que possui 0,31m de resolução espacial.

5 Agradecimentos

Ao Programa de Pós-graduação do Instituto de Geociências (IG), da Universidade de Brasília (UnB) pelo apoio institucional. A Universidade Católica de Brasília (UCB) pelo apoio logístico relacionado ao uso de equipamentos e softwares necessários para o desenvolvimento da pesquisa. A empresa DigiBase pela cessão da imagem orbital *Worldview 2*.

6 Referências

- Aguilar, M.A.; Saldaña, M.M. & Aguilar, F.J. 2013. Assessing geometric accuracy of the orthorectification process from GeoEye-1 and Worldview 2 panchromatic images. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 21: 427-435.
- Augusto, E.A. 2006. Georreferenciamento de Imóveis Rurais: conceito de unidade imobiliária. *Revista do Instituto de Registro Imobiliário do Brasil*, 327: 120-126.
- Bosquilia, R.W.D.; Fiorio, P.R.; Duarte, S.N. & Silva, P.P. 2016. Diferentes imagens de satélite no mapeamento visual de drenagens e nascentes em amostras circulares. *Interciência*, 41(4): 254-259.
- Debiase, P.; Souza, S. & Mitishita, E. 2011. Ortorectificação de imagens CCD CBERS 2 através da transformação DLT. *Pesquisas em Geociências*, 38(1): 55-66.
- Grip Jr., J.; Soares, V.P.; Ribeiro, C.A.A.S.; Souza, A.L. & Gleriani, J.M. 2010. Use of geoprocessing techniques for mapping Permanent Preservation Areas (PPAs) and Legal Reserve Areas (LRA) in farms. *Revista Ceres*, 57(4): 459-468.
- INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. 2015. Números gerais acervo fundiário. Disponível em: <http://acervo.fundiario.incra.gov.br/acervo/dados_acervo.php#>. Acesso em: 13 abr. 2018.
- Meneghetti, G.T. 2013. *Classificação da cobertura da terra do município de raposa (MA) com imagens worldview-2 utilizando o aplicativo INTERIMAGE e mineração de dados*. Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais de São José dos Campos, Dissertação de Mestrado, 116p.
- Padwick, C.; Deskevich, M.; Pacifici, F. & Smalwood, S. 2010. Worldview 2 Pan Sharpening. In: 10th ANNUAL CONFERENCE PROCEEDINGS, American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS), San Diego, 2010. *Archives*, p. 14-36.
- Souza, G.F.; Gutierrez, L.A.R.; Barbassa, A.P.; Pereira, L.E.; Cândido, A.K.A.A.; Marcato Jr., J.; Oliveira, J.R.S. & Filho, A.C.P. 2016. Uso de Diferentes Sensores de Satélite na Discriminação de Alvos Naturais. *Anuário do Instituto de Geociências*, 39(1): 13-22.
- Toledo, B.H.C. & Bertotti, L.G. 2014. Breve histórico da certificação de imóveis rurais no Brasil e apresentação do sistema de gestão fundiária - SIGEF. *Ambiência Guarapuava*, 10(3): 839-847.
- Tricart, J. 1977. *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro, IBGE. 97 p.
- Yang, B. & Xin, Y. 2014. Remote sensing image classification of geoeye-1 high-resolution satellite. In: INTERNATIONAL ARCHIVES OF THE PHOTOGRAMMETRY, REMOTE SENSING AND SPATIAL INFORMATION SCIENCES, Volume XL-4, ISPRS Technical Commission IV Symposium, Suzhou, 2014. *Archives*, Suzhou, p. 325-328.