

Avaliação do Padrão de Exatidão Cartográfica de imagens Quickbird e RapidEye em uma área do Tapajós, Pará

Maria Antônia Falcão de Oliveira¹
Paulo Cesar Gurgel de Albuquerque¹
Sidnei Siqueira Sant'Anna¹
Luciano Vieira Dutra¹
Daniela Souza dos Anjos¹
Gilson Alexandre Ostwald Pedro da Costa²

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil
{marian, sidnei, dutra, daniela}@dpi.inpe.br, gurgel@itid.inpe.br

²Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - PUC-RJ
Caixa Postal 38097 - 22453-900 - Rio de Janeiro - RJ, Brasil
gilson@ele.puc-rio.br

Abstract. This paper aims to evaluate the geometric quality of Quickbird and RapidEye images using accuracy 0,02m ground control point (GCP). The study area is located between the municipalities Belterra and Santarém in state Pará including a small area UC Flona Tapajós. This review was performed to RapidEye and Quickbird images with 0.60m and 5.0m resolutions respectively. The methodological approach followed the steps: Implementation and measurement of the GCPs coordinates; the processing of the observed data; analysis and evaluation of Cartographic Standard of Accuracy (CAS). The methodology that defines a statistical analysis of the planimetric accuracy is composed by the trend and the accuracy analysis. The trend analysis was accomplished using the Student's-t test with the objective of discover the presence of systematic error in both Cartesian directions. The accuracy analysis was performed using the chi-square statistical test, where sample variances were compared the standard values pre-established by the Brazilian Cartographic Accuracy Standards law. The field data were collected through two surveying realized in August and November of 2013, using static relative positioning, kinematic and stop and go. The surveying resulted samples for geometric image correction and further evaluation needed to study. After application of the methodology, it was observed that the Quickbird and evaluated according to the CAS, in Class B to cartographic document, scale of 1 : 5000 and smaller and RapidEye was evaluated in Class A cartographic products from 1 : 25000.

Palavras-chave: orbital images, remote sensing, positional accuracy, specification, imagens orbitais, sensoriamento remoto, exatidão posicional, especificação.

1. Introdução

A qualidade dos produtos cartográficos originados de imagens orbitais surge como um problema, pois imagens procedentes de sensoriamento remoto são passíveis de distorções advindas da instabilidade das plataformas orbitais precisando ser corrigidas e avaliadas antes de serem utilizadas (MAROTTA; VIEIRA, 2005).

Essa qualidade pode ser avaliada através da comparação de um conjunto de dados, formados pelas coordenadas dos pontos no terreno e as coordenadas dos pontos homólogos extraídas da imagem (ISHIKAWA; SILVA, 2014).

Atualmente existem vários métodos para a avaliação da qualidade posicional, pois o Decreto Lei nº 89.817 não estabelece uma metodologia específica para esta avaliação, o que dá espaço para várias interpretações e ocasiona diversas classificações para o mesmo produto cartográfico, (MOREIRA et al., 2014).

Uma das formas de avaliação de produtos cartográficos é por meio de testes estatísticos para análise de tendência (erros sistemáticos) e análise de precisão (MERCHANT, 1982); (ISHIKAWA; SILVA, 2014), classificando-o, quanto a escala máxima de uso, de acordo com as normas brasileiras do Decreto Lei nº 89.817 de 20 de junho de 1984 - Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional.

O Decreto Lei nº 89.817, (BRASIL, 1984) estabelece normas que regulamentam e classificam os documentos cartográficos quanto à sua qualidade geométrica, em seu capítulo II, seção

1, Art. 8º, estabelece o Padrão de Exatidão Cartográfica - PEC, que deve ser obedecido em todos os documentos cartográficos elaborados no país.

O PEC é um indicador estatístico de dispersão relativo a 90% de probabilidade, que define a acurácia (exatidão) do trabalho cartográfico, devendo ser informado obrigatoriamente no rodapé da carta. A probabilidade de 90% corresponde a 1,6449 vezes o EP (erro padrão), ou seja: $PEC = 1,6449 \times EP$. O erro padrão isolado num trabalho cartográfico, não ultrapassará 60,8% do Padrão de Exatidão Cartográfico. Para efeito das presentes instruções contidas nesse Decreto, consideram-se equivalentes as expressões erro padrão, desvio padrão e erro médio quadrático. Considerando os resultados do PEC, as cartas são classificadas em padrões Classe A, Classe B e Classe C.

Portanto, este trabalho tem por objetivo avaliar a qualidade geométrica das imagens Quickbird e RapidEye, a partir de pontos de controle implantados no terreno e das necessidades apresentadas para uso futuro desses dados.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Área de Estudo

A área de estudo está localizada entre os municípios de Belterra e Santarém, no Estado do Pará, abrangendo 1697,05 km² e envolve uma parte da área da Unidade de Conservação Floresta Nacional do Tapajós de aproximadamente 560 km² (Figura 1).

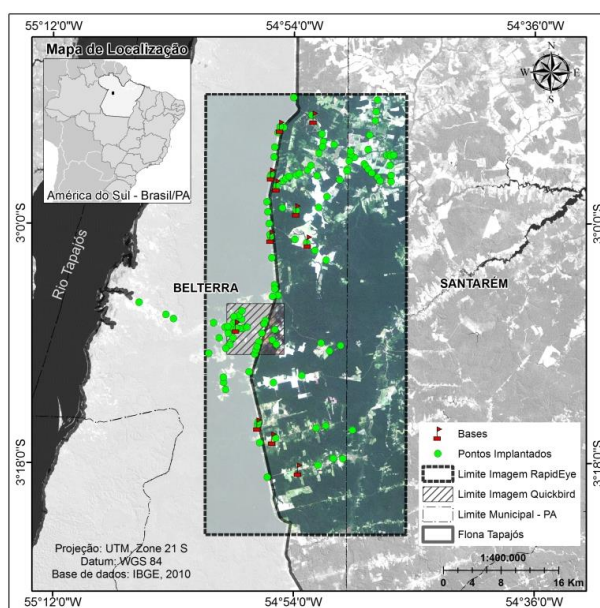


Figura 1. Localização da Área de estudo.

2.2 Materiais Utilizados

Foram utilizadas duas imagens de sensores ópticos, uma proveniente do sensor Quickbird e outra do sensor RapidEye, adquiridas nas datas de 19 e 05 de agosto de 2012, respectivamente.

O sensor abordo do satélite QuickBird fornece imagens com resolução espacial de 0,60 m na banda pancromática e 2,4 m nas quatro bandas multiespectrais. Para este trabalho foi utilizada a imagem fusionada de resolução 0,60 m, composição colorida 321 no espaço RGB. O recorte da imagem Quickbird utilizado cobre uma área de 55,4 km².

A imagem do sensor Rapideye apresenta resolução espacial de 5 m, possui 5 faixas do espectro eletromagnético (do visível ao infravermelho próximo) e abrange toda área de estudo.

Foram utilizadas as bandas multiespectrais 1 (Azul: 0,44 - 0,51 μm), 2 (Verde: 0,52 - 0,59 μm) e 3 (Vermelho: 0,63 - 0,69 μm), composição colorida 321 no espaço RGB. A imagem foi composta por um mosaico de 6 cenas.

No processo de implantação dos pontos, utilizaram-se quatro receptores GNSS (*Global Navigation Satellite System*), sendo dois receptores de dupla frequência (L1L2), Topcon modelo *Hiper* e dois receptores de frequência simples (L1), Sokkia modelo *Stratus* com seus respectivos acessórios e coletoras.

No processo de tratamento das imagens e dos pontos de controle implantados, os aplicativos *ArcMap*, versão 9.3 e *ENVI*, versão 4.7 foram utilizados. Os dados observados no terreno foram processados pelos aplicativos Topcon *Tools*, versão 8 e *Spectrum Survey*, versão 4.20.

2.3 Procedimentos Metodológicos

O procedimento metodológico obedeceu as etapas de Implantação e medição das coordenadas dos pontos de controle; processamento dos dados observados e análise e avaliação dos resultados do produto decorrente.

2.3.1 Implantação e medição das coordenadas dos pontos de controle

Para a implantação dos pontos de controle foram empregadas duas bases auxiliares, sendo suas coordenadas determinadas a partir das coordenadas de uma base local principal localizada em uma das comunidades existente na área de estudo. As coordenadas da base local principal foram obtidas a partir do sistema Posicionamento por Ponto Preciso (PPP), (IBGE, 2013) e depois, transportadas para as bases auxiliares.

No levantamento dos pontos, foram utilizados os métodos de posicionamento estático relativo, cinemático e semicinemático (*stop and go*).

As posições dos pontos implantados foram escolhidas considerando a identificação na imagem e no terreno respectivamente, além da existência de condições desfavoráveis no entorno. Desta forma, os pontos de controle foram implantados em entroncamentos de rodovias, limites entre diferentes classes de cobertura, entre outros.

O levantamento foi executado nos meses de agosto e novembro de 2013, em aproximadamente nove dias para cada um deles. No levantamento realizado em agosto, foram utilizados os receptores Sokkia L1, modelo *Stratus*, coletora *HP Ipaq* e os métodos de posicionamentos aplicados foram o estático relativo e cinemático.

No segundo levantamento, em novembro, foram utilizados dois receptores L1L2, marca Topcon, modelo *Hiper* com coletora *Trimble*, modelo *Recon* e o receptor Sokkia L1. O método de posicionamento adotado foi o semicinemático (*stop and go*) com a antena do receptor acoplada ao veículo, conforme ilustrado na Figura 2.



Figura 2. Ilustração do receptor acoplado ao veículo.

A distância do ponto base ao ponto móvel obedeceu a seguinte norma: Equipamentos L1, máximo de 20 km e equipamentos L1L2 até 300 Km de comprimento para linha de base.

O tempo de permanência em cada ponto foi de 30 minutos + 2 minutos/km tanto receptores de frequência simples - L1, quanto para receptores de dupla frequência - L1L2 (HOFMANN-WELLENHOF et al., 2001). Para este trabalho, os equipamentos foram configurados conforme os parâmetros definidos na Tabela 1.

Tabela 1. Especificações utilizadas nos levantamentos.

PARÂMETROS	ESPECIFICAÇÕES		
	Estático	Cinemático	Stop and go
Método de levantamento			
Sistema de referência	WGS-84	WGS-84	WGS-84
Equipamentos	L1 ou L1L2	L1 ou L1L2	L1 ou L1L2
Quantidade mínima de satélites	5	5	5
Posicionamento do equipamento	Tripé + base nivelante	Antena acoplada ao veículo	Tripé + base nivelante
Linhas de base para L1	20km	20km	20km
Linhas de base para L1L2	100km	20km	20km
PDOP máximo	5	Melhor que 10	5
Intervalo de gravação	15s	2s	2s
Sessão de rastreamento	SR = 30 + 2 min/km	N/A	5 minutos
Coordenadas	UTM	UTM	UTM
Unidades	Metro	Metro	Metro
Solução do processamento	FIX	Automática	FIX
Precisão da observação	Horizontal 0,02m	Horizontal	Horizontal 0,02 m
Precisão do ponto	1/5 da RGI	N/A	1/5 da RGI

N/A=Não Aplicado; SR = Sessão de Rastreamento; RGI= Resolução Geométrica da Imagem.

2.3.2 Processamento e análise dos dados

Os dados foram processados no sistema WGS-84 e as coordenadas exportadas no UTM. Foram implantados um total de 135 pontos no terreno, porém, apenas 80 foram selecionados para realização da correção geométrica e avaliação do PEC. Dentre estes, 26 pontos (aproximadamente 1/3) distribuídos aleatoriamente na imagem RapidEye utilizaram-se para realizar a avaliação do PEC. Os demais 54 pontos foram usados na correção geométrica da imagem.

Na imagem Quickbird, relativamente menor que a imagem RapidEye, apenas 23 pontos cobriam a área da imagem. Para esse conjunto de dados, aproximadamente 1/3, que corresponde a 7 pontos foram selecionados aleatoriamente na imagem para avaliação do PEC, sendo 16 pontos utilizados na correção geométrica.

Os pontos que cobriam a imagem Quickbird, pertenciam ao conjuntos de pontos implantados no primeiro levantamento, ou seja, apenas pelo método estático relativo.

Na Figura 3 é representada a distribuição dos pontos utilizados na avaliação e correção geométrica das imagens Quickbird e RapidEye.

A correção geométrica das imagens foi realizada no ENVI, versão 4.7, por meio da ferramenta *Registration*. A imagem foi corrigida aplicando-se a transformação polinomial de 1ª ordem e amostragem pelo vizinho mais próximo. O erro médio quadrático (*Root Mean Square* - RMS) resultante foi menor que 1 pixel na imagem, correspondendo a 0,39 para imagem Quickbird e 0,82 para imagem RapidEye.

2.3.3 Análise estatística dos dados e avaliação do Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC)

A avaliação da exatidão posicional tem como base a análise dos resíduos entre as coordenadas dos pontos de controle implantados no terreno e das coordenadas desses pontos medidos a partir de uma imagem ou produto cartográfico decorrente.

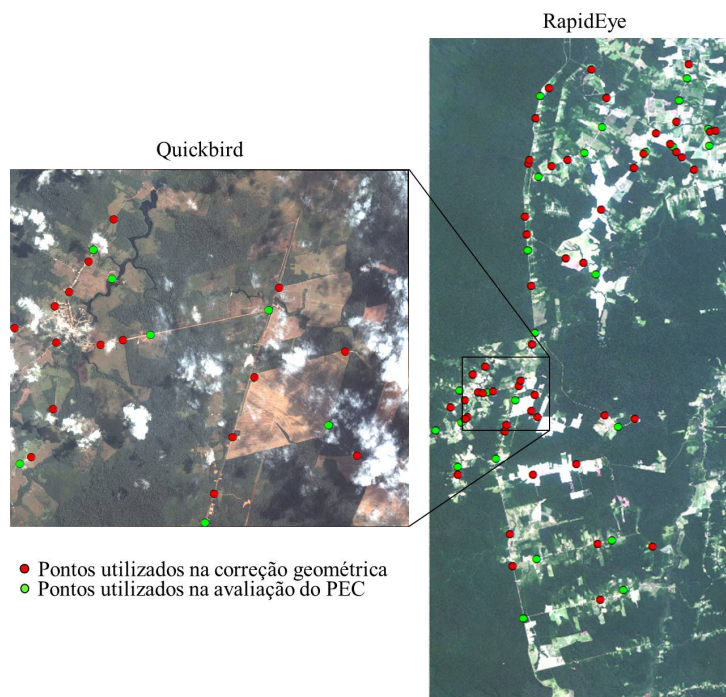


Figura 3. Distribuição dos pontos.

O Decreto Lei nº. 89.817, publicado pelo Diário Oficial da União em 20/06/1984, estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional, contemplando nos artigos 8º e 9º das seções 1 e 2 respectivamente, do Capítulo II, as especificações gerais para essas avaliações.

No Capítulo II, artigo 8º, a norma relata que as cartas (produtos decorrentes) devem obedecer ao Padrão de Exatidão Cartográfica - PEC, segundo critério: Noventa por cento dos pontos bem definidos numa carta, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao PEC. O PEC é um indicador estatístico por dispersão, relativo a 90% (noventa por cento) de probabilidade, que define a exatidão dos trabalhos cartográficos (SANTOS; VIEIRA, 2009).

No artigo 9º do Capítulo II descreve a classificação das cartas quanto à sua exatidão, conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Valores do PEC e respectivas escalas segundo as Normas Técnicas da Cartografia Nacional.

CLASSES	ESCALAS DOS DOCUMENTOS								
	1000	2000	3000	5000	8000	10000	20000	25000	Unid
A 0,5 mm x Escala	0,5	1	1,5	2,5	4	5	10	12,5	
B 0,8 mm x Escala	0,8	1,6	2,4	4	6,4	8	16	20	m
C 1,0 mm x Escala	1	2	3	5	8	10	20	25	

O controle de qualidade posicional ou geométrica através da avaliação do PEC pode ser realizado pela comparação entre a posição de pontos de fácil identificação na imagem (E_r, N_r), com suas respectivas coordenadas de referência obtidas por pontos no terreno (E_T, N_T). Obtendo-se estas coordenadas, pode-se assim avaliar as discrepâncias por $(\Delta E_i, \Delta N_i) = (E_{Ti} - E_{ri}, N_{Ti} - N_{ri})$ e calcular os resíduos da resultante das coordenadas planimétricas, expresso por:

$$\Delta abs = \sqrt{(E_{ri} - E_{Ti})^2 - (N_{ri} - N_{Ti})^2} \quad (1)$$

A partir do cálculo dos resíduos, é possível obter as estatísticas de Média ($\overline{\Delta E}$, $\overline{\Delta N}$) e Desvio Padrão (S) para cada uma das componentes. Com estas estatísticas amostrais, são realizados testes específicos.

Segundo MERCHANT (1982), a análise estatística da acurácia planimétrica é composta pelas análises de tendências e de precisão.

O teste de tendência é realizado a partir das análises das discrepâncias médias amostrais. Caso as discrepâncias médias amostrais sejam estatisticamente iguais a zero, dentro de um nível de significância, admite-se a não existência de tendência.

O teste de precisão é realizado a partir da comparação entre a variância das discrepâncias amostrais com os valores pré-estabelecidos no Decreto Lei nº 89.817 de 1984. Estes testes são realizados a partir de testes de hipóteses sobre a média e o desvio padrão amostral das discrepâncias obtidas em cada uma das coordenadas planimétricas.

Para o teste de tendência aplicou-se o teste t de *Student*, observando um nível de confiança (α) igual a 90%, onde $\alpha = 0,10$. A partir do número de pontos coletados, obtém-se um valor limite $t_{n-1, \alpha/2}$ tabelado. O teste t de *Student* é calculado por:

$$\bar{t}_a = \frac{\overline{\Delta a}}{S_{\Delta a}} \cdot \sqrt{n} \quad (2)$$

Em que: $a \in \{N; E\}$; n = número de amostras; $S_{\Delta a}$ = Desvio Padrão das amostras.

Com base no teste t de *Student* calculado obtém-se que: Se $|tN| < t_{n-1, \alpha/2}$ e $|tE| < t_{n-1, \alpha/2}$, então a imagem estará livre de erros sistemáticos nas coordenadas N e E, respectivamente.

Para o teste de precisão, foi utilizado o teste *Qui-quadrado* (χ^2), obedecendo-se os valores do Erro Padrão (EP) definido pelo Decreto Lei nº 89.817 de 1984, como o objetivo de verificar em qual classe o produto analisado se enquadra. O cálculo do erro padrão (σ) das componentes N e E é dado por:

$$\sigma_a = \frac{EP}{\sqrt{2}} \quad (3)$$

A imagem analisada atenderá à precisão nas direções N e E, se $\chi^2 E < n-1$, e $\chi^2 N < n-1$, respectivamente. As hipóteses para o teste do *Qui-quadrado* testam se a variância dos resíduos (amostra) é igual à variância estabelecida pelo Decreto Lei nº 89.817 de 1984. O teste do *Qui-quadrado* pode ser obtido por:

$$\chi_a^2 = \frac{(n-1) \cdot S_a^2}{\sigma_a^2} \quad (4)$$

Em que: $a \in \{N; E\}$; χ^2 = Qui-quadrado; S^2 = Variância da amostra; σ^2 = Variância estabelecida pelo Decreto Lei nº 89.817 de 1984.

Portanto, para uma determinada escala, a imagem será classificada com a classe A, B ou C em função dos resultados obtidos nos testes de precisão.

3. Resultados e Discussão

Para a realização dos testes de tendência, foram calculadas as médias, os desvios padrões, os erros máximos e os erros mínimos das variações entre as coordenadas homólogas, conforme apresentados nas Tabelas 3 e 4.

De posse dos dados estatísticos calculados através dos pontos de controle coletados nas feições homólogas em estudo, realizaram-se os testes de tendência ao nível de significância $\alpha = 10\%$ definidos pelo Decreto Lei nº 89.817. Foi utilizado o teste t de *Student* com $n = 7$

Tabela 3. Síntese das discrepâncias média e desvios-padrão para a imagem Quickbird.

	ΔE (m)	ΔN (m)	Δabs (m)
Média	0,480	-0,508	1,771
Desvio Padrão	1,828	1,125	1,2,31
Máximo	4,057	0,770	4,130
Mínimo	-1,357	-2,103	0,509

Tabela 4. Síntese das discrepâncias média e desvios-padrão para a imagem RapidEye.

	ΔE (m)	ΔN (m)	Δabs (m)
Média	-3,167	1,581	6,705
Desvio Padrão	5,171	4,327	3,334
Máximo	8,077	12,773	13,910
Mínimo	-11,831	-6,131	0,375

Os valores de σ_N e σ_E são estabelecidas pelo Decreto Lei n° 89.817 e variam em função da escala da carta utilizada (Tabela 5). São dados pela equação (3).

Tabela 5. Tabela dos valores do PEC e do EP para as três classes de documentos cartográficos e os respectivos valores de N e E para as escalas das imagens.

CLASSE	PEC	EP	QUICKBIRD		RAPIDEYE	
			Escala 1:5000		Escala 1:25000	
			σ_N	σ_E	σ_N	σ_E
A	0,5 mm	0,3 mm	1,06075	1,06075	5,3033	5,3033
B	0,8 mm	0,5 mm	1,7678	1,7678	8,8388	8,8388
C	1,0 mm	0,6 mm	2,1213	2,1213	10,6066	10,6066

amostras para imagem Quickbird e $n = 26$ para imagem RapidEye. Na Tabela 6 estão apresentados os valores obtidos nos testes de tendência e precisão.

O teste de tendência, obtido pelo teste t de *Student*, mostrou que não existe tendência nas direções E e N para a imagem Quickbird, sugerindo que existe coerência nos dados avaliados. Comparando-se o valor limite $\chi^2 = 10,6446$ com os valores das classes A, B e C, observa-se que a imagem Quickbird se enquadraria pelo método da avaliação do PEC, na classe B na escala de 1:5000.

Tabela 6. Resultados dos produtos derivados das imagens Quickbird e RapidEye.

QUICKBIRD				RAPIDEYE			
PEC através de teste de hipóteses							
Teste de Tendência - t de <i>Student</i>							
$t_{calculado}E$	0,695	$t_{calculado}N$	-1,196	$t_{calculado}E$	-3,123	$t_{calculado}N$	1,863
Limite $t_{(6;0;10)} = 1,943$				Limite $t_{(25;0;10)} = 1,708$			
Não existe tendência				Não existe tendência			
$\chi^2 E$ - Classe A	17,817	$\chi^2 N$ - Classe A	6,749	$\chi^2 E$ - Classe A	23,211	$\chi^2 N$ - Classe A	11,354
$\chi^2 E$ - Classe B	6,414	$\chi^2 N$ - Classe B	2,429	$\chi^2 E$ - Classe B	8,356	$\chi^2 N$ - Classe B	4,087
$\chi^2 E$ - Classe C	4,454	$\chi^2 N$ - Classe C	1,687	$\chi^2 E$ - Classe C	5,803	$\chi^2 N$ - Classe C	2,838
Limite $\chi^2_{(6;0;10)} = 10,6446$				Limite $\chi^2_{(25;0;10)} = 34,382$			
Classificação: Classe B (Escala de 1: 5000)				Classificação: Classe A (Escala de 1:25000)			

O teste de tendência para a imagem RapidEye mostrou que existe tendência em N, pois o valor calculado apresentou-se maior que o limite $t = 1,708$, porém o valor calculado para E, indica a não tendência pelo teste de t de *Student*.

Comparando os testes calculados para cada classe com o teste tabelado, pode-se concluir

que a imagem RapidEye, enquadra-se na Classe A na escala 1:25000, pois os valores das Classes A, B e C apresentaram-se menores que o limite $\chi^2 = 34,382$.

A tendência em N resultante para a imagem RapidEye pode estar relacionada a qualidade/métodos de posicionamento dos pontos implantados no terreno. Outro aspecto a ser observado, seria a adaptação do aparelho ao veículo podendo ter prejudicado a localização exata dos pontos na imagem, já que o ponto poderia estar localizado em um raio de abrangência maior o que pode ter levado a identificação errônea do ponto na imagem.

Outra explicação seria a distribuição destes pontos na imagem, visto que tais pontos foram implantados apenas em vias de acesso, não contemplando áreas de floresta por ser de difícil acesso e além disso, a identificação terreno/imagem é praticamente impossível.

4. Conclusões

A partir da metodologia aplicada foi possível avaliar a exatidão posicional de produtos do sensoriamento remoto, através do Padrão de Exatidão Cartográfica, definidos no Decreto Lei nº 89.817/1984.

Por se tratar de métodos baseados em experimentos relativamente simples para aplicação, estes métodos oferecem uma alternativa para avaliar a acurácia de imagens digitais e classificá-las respeitando-se as normas estabelecidas para o controle de qualidade de produtos cartográficos.

Contudo, os resultados podem ser melhorados, portanto, sugere-se a implantação de novos pontos de controle em que estes possam contemplar toda área da imagem, de forma que se possa obter uma distribuição mais homogênea possível.

Agradecimentos

Ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio (MMA), por meio da Autorização SISBIO de Número: 38157-2 e ao Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (*Large-Scale Biosphere Atmosphere Experiment in Amazonia* - LBA).

Referências

BRASIL. Decreto lei nº 89.817 de 20 de junho de 1984. Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional, estabelece as instruções reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional. **Diário Oficial da União**, 1984.

HOFMANN-WELLENHOF, B.; LICHTENEGGER, H.; COLLINS, J. **GPS: Theory and Practice**. : New York: Springer-Verlag, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Posicionamento por Ponto Preciso PPP**. 2013. <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/ppp/default.shtm>>. Acesso em: 11 fev. 2013.

ISHIKAWA, G. I.; SILVA, E. A. da. Determinação da escala máxima de uso de imagem IKONOS-GEO para aplicação em áreas urbanas: estudos de caso - Araçoiaba da Serra - SP. **Sociedade & Natureza, Urbelândia**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 17, n. 32, p. 77–85, 2014.

MAROTTA, G. S.; VIEIRA, C. A. O. Aplicação do Padrão de Exatidão Cartográfica em imagens orbitais Aster para fins de atualização de mapeamentos. In: : XXII Congresso Brasileiro de Cartografia, 2005.

MERCHANT, D. C. Spatial accuracy standards for large scale line maps. *Proceedings of the Technical Congress on Surveying and Mapping*, v. 1, p. 222–231, 1982.

MOREIRA, G. L.; LEMOS, O. L.; ROCHA, L. S.; SANTOS, K. C. O. Análise comparativa entre receptores GNSS no mapeamento topográfico e Padrão de Exatidão Cartográfica. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 10, n. 18, p. 214 – 223, 2014.

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. In: **Anais...** : XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 2009. p. 1021–1030. ISBN 0-7803-8742-2.