

Análise da exatidão cartográfica das imagens Rapideye adotadas no Inventário Florestal Nacional do Brasil (IFN-BR)

Clauber Rogério da Costa¹
Naíssa Batista da Luz²
Hideo Araki¹
Yeda Maria Malheiros de Oliveira³
Maria Augusta Doetzer Rosot³
Marilice Cordeiro Garrastazú³
Claudia Pereira Krueger¹

¹Universidade Federal do Paraná - UFPR
Caixa Postal 19001 - 81531-990 - Curitiba - PR, Brasil
{clauber,haraki,ckrueger}@ufpr.br

²Food and Agriculture Organization of the United Nations – ONU/FAO
Caixa Postal 00242 - 70680-900 - Brasília - DF, Brasil
naissa@gmail.com

³Embrapa Florestas
Caixa Postal: 319 - 83411-000 - Colombo – PR, Brasil
{yeda.oliveira, augusta.rosot, marilice.garrastazu}@embrapa.br

Abstract: The National Brazil's Forest Inventory (IFN-BR), conducted by the Brazilian Forest Service (SFB) with support from the FAO (Food and Agriculture Organization - UN) was established aiming to enable continuous monitoring of forest resources, providing information to support the definition of public policy and management and conservation of these resources. Embrapa Forestry in conjunction with the SFB and the FAO seeks to develop a methodology for landscape analysis in the context of IFN-BR. Both are being used for RapidEye images (level 3A) and tested different remote sensing techniques. In this context, this work aims at analyzing the geometric accuracy between 6 scenes acquired in 2011 and 2012. For both a field survey using GPS receivers monofrequency by the absolute method for precise point (PPP) was conducted and implemented a program in Matlab platform capable of calculating the parameters of displacement and the RMS (root mean square error) of each image relative to the ground. Are also calculated the means and variances of the displacements relative to the ground of the images of 2011 and 2012.

Palavras-chave: RapidEye, RMS, accuracy, PEC.

1. Introdução

O Inventário Florestal Nacional do Brasil (IFN-BR), conduzido pelo Serviço Florestal Brasileiro (SFB) com suporte da FAO (*Food and Agriculture Organisation* - ONU), foi estabelecido visando possibilitar o monitoramento contínuo dos recursos florestais, fornecendo informações para subsidiar a definição de políticas públicas e a gestão e conservação desses recursos. A Embrapa Florestas em conjunto com o SFB e a FAO busca desenvolver uma metodologia para a análise da paisagem no contexto do IFN-BR. Para tanto estão sendo utilizadas imagens *RapidEye* (nível 3A), fornecidas pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), através do aplicativo web Geo-Catálogo. Neste contexto é de grande importância avaliar a confiabilidade do posicionamento geométrico das imagens *RapidEye*, considerando que o uso e a cobertura da terra podem alterar-se por fatores naturais ou antrópicos ao longo do tempo. Assim sendo, é necessária a correspondência entre o posicionamento das imagens de diferentes épocas. Este trabalho trata de uma avaliação do posicionamento das imagens em relação ao terreno (absoluto) entre imagens de seis cenas obtidas no ano de 2011 e 2012, distribuídas ao longo do Estado do Paraná, com o intuito de verificar a acurácia das imagens fornecidas, permitindo inferir qual a escala de mapeamento a ser empregada de acordo com o Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC).

1.1 Rapideye

As Imagens *RapidEye* são obtidas por uma constelação de cinco satélites análogos, que têm órbita síncrona com o sol e são equipados com sensores óticos de varredura multiespectral. As imagens são adquiridas em 5 regiões do espectro eletromagnético entre as frequências 440nm à 850nm, conhecidas como azul, verde, vermelho, *red-edge* (região de transição entre o vermelho e o infravermelho próximo) e infravermelho próximo. A resolução espacial de 5m é atingida após processo de ortorretificação realizado pelo fornecedor (*RapidEye*, 2014) mediante o uso dos dados de efemérides e atitude do satélite, do modelo de visada da câmera, além de pontos de controle e modelo de elevação do terreno. Cabe ressaltar que, na geração de imagens nível 3A, os modelos digitais de elevação possuem resolução espacial inferior ao tamanho do pixel das imagens e não são emitidos pelo fornecedor dados indicando o nível de confiabilidade de seu posicionamento.

A imagens *RapidEye* são utilizadas pela EMBRAPA e FAO, para o desenvolvimento de metodologias de processamento que permitam o mapeamento de unidades amostrais de paisagem (UAPs). Tais informações serão destinadas para a avaliação da fragmentação florestal, para o cálculo de métricas de paisagem e também subsidiar a análise da conformidade das áreas de preservação permanente sob a ótica do novo Código Florestal (*Luz et al.*, 2013). Neste contexto, este trabalho visa avaliar o posicionamento das imagens em relação ao terreno das cenas obtidas no ano de 2011 e 2012 distribuídas no Estado do Paraná, devido ao deslocamento observado entre as imagens por *COSTA et al.* (2014).

1.2 Precisão e acurácia

Precisão pode ser definida como o grau de conformidade entre séries de observações da mesma variável aleatória, em que a dispersão da distribuição de probabilidade é um indicador da precisão (*Mikhail & Ackermann*, 1976). A precisão está associada ao desvio padrão e consiste na aproximação ou repetibilidade dos resultados de uma série de medidas ou observações. A acurácia se baseia na proximidade que uma estimativa tem de seu parâmetro, ou seja, proximidade com o valor verdadeiro (*Mikhail & Ackermann*, 1976).

1.3 Erro médio quadrático

O erro médio quadrático (EMQ) consiste na determinação da média da distância euclidiana das diferenças das coordenadas (parâmetros de translação) entre os pontos homólogos nas imagens obtidas no tempo 1 (2011) em relação à imagem obtida no tempo 2 (2012). O EMQ é definido pelas equações 1, 2, 3 e 4 abaixo:

$$\begin{aligned}\Delta E &= E_{t1} - E_{t2} & 1 \\ \Delta N &= N_{t1} - N_{t2} & 2 \\ D &= \sqrt{\Delta E^2 + \Delta N^2} & 3 \\ EMQ &= \frac{\sum_{i=1}^n |D|}{n} & 4\end{aligned}$$

Onde:

ΔE : Diferença entre as Coordenadas planimétricas E_{t1} e E_{t2} (translação na direção Este).

E_{ti} : Coordenada Planimétrica Este (UTM).

ΔN : Diferença entre as Coordenadas planimétricas N_{t1} e N_{t2} (translação na direção Norte).

N_{ti} : Coordenada Planimétrica Norte (UTM).

D : Distância euclidiana entre os pontos homólogos.

1.4 Padrão de exatidão cartográfica

O Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC), foi instituído pelo decreto presidencial de nº 89.817, de 20 de junho de 1984 estabelece as instruções das normas técnicas da cartografia nacional. O enquadramento dos produtos cartográficos nas referidas classes se dá de acordo com os seguintes parâmetros:

Classe A:

PEC – Planimétrico: 0,5mm, na escala da carta, sendo 0,3mm na escala da carta o *EMQ* correspondente.

Classe B:

PEC – Planimétrico: 0,8mm, na escala da carta, sendo 0,5mm na escala da carta o *EMQ* correspondente.

Classe C:

PEC – Planimétrico: 1,0mm, na escala da carta, sendo 0,6mm na escala da carta o *EMQ* correspondente.

No capítulo II, seção I, § 4º do citado decreto consideram-se equivalentes as expressões Erro-Padrão, Desvio-Padrão e Erro-Médio-Quadrático.

1.5 Método de posicionamento absoluto por ponto preciso (PPP)

O Serviço oferecido pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) consiste na determinação de coordenadas precisas no Sistema Geocêntrico da Terra SIRGAS 2000. O IBGE – PPP faz uso do programa CSRS-PPP (GPS Precise Point Positioning) desenvolvido pelo Geodetic Survey Division of Natural Resources of Canada (NRCAN) para os processamentos dos arquivos coletados seja no modo estático ou cinemático de receptores de mono ou dupla frequência. As coordenadas são determinadas com precisão e sua acurácia depende do tempo de rastreamento e da fixação das ambiguidades, este método independe de qualquer ajustamento de rede geodésica (IBGE 2014).

1.6 Área de estudo

Para a realização do estudo foram adotadas seis pares de cenas, adquiridas em diferentes datas (tabela 1), uma obtida no ano de 2011 e a outra no ano de 2012, distribuídas ao longo do Estado do Paraná, conforme se pode observar na figura 01.

Tabela 1. Momento de aquisição das cenas.

Cena	Tile	Data e hora de aquisição			
		2012		2011	
1	2127325	13/06/2012	14:44:59	14/06/2011	14:49:22
2	2127426	12/08/2012	14:47:53	09/06/2011	14:44:26
3	2227604	03/08/2012	14:14:46	11/09/2011	13:50:27
4	2227409	10/12/2012	13:43:19	10/09/2011	17:29:50
5	2227311	26/09/2012	19:12:27	21/10/2011	09:59:14
6	2127320	24/12/2012	18:08:17	01/10/2011	14:36:53



Figura 1: Disposição das cenas RapidEye estudadas no estado do Paraná

2. Metodologia - análise da geometria das imagens

Nos levantamentos em campo foram realizados os posicionamentos via GPS por meio do método absoluto (PPP) utilizando as seguintes configurações: taxa de gravação de 5 segundos, período de 20 minutos em cada ponto e máscara de elevação de 10°. Após 15 dias a partir de cada levantamento os arquivos brutos RINEX (*Receiver Independent Exchange Format*) foram enviados para o serviço IBGE-PPP um serviço do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) disponibilizado na internet para o pós-processamento de dados GPS que permite a determinação precisa das coordenadas de cada ponto.

Em seguida foram efetuadas as coletas das coordenadas UTM (*Universal Transversa de Mercator*) dos pontos visitados em campo por meio do software Quantum GIS. As coletas foram repetidas de forma não-sequencial para cada ponto visando evitar a tendenciosidade e diminuir erros de coleta. As médias das coletas foram utilizadas para os cálculos dos parâmetros de translação em relação aos obtidos por meio do levantamento GPS. Dessa forma os erros referentes à coleta das coordenadas obtidas no levantamento GPS são considerados

desprezíveis já que os valores de precisões (sigma de 95%) obtidos foram menores que meio pixel. Para o cálculo dos parâmetros de deslocamentos foi implementado um programa na plataforma Matlab que realiza os cálculos, retorna os parâmetros e computa os deslocamentos e os disponibiliza de forma gráfica.

3. Resultados

A imagem 2127325 obtida no ano de 2011 apresentou os maiores deslocamentos entre todas as cenas analisadas, conforme havia sido por COSTA *et al.* (2014), sendo que o EMQ desta cena chegou a 30,52m como exposto na tabela 2. O gráfico 1 mostra que sete dos nove pontos analisados na imagem de 2011 ficaram fora do círculo que representa a escala 1:50.000. Entretanto a avaliação da mesma cena adquirida em de 2012 observa-se que seis entre os nove pontos analisados estão dentro do círculo que representa a escala 1:25.000 e o EMQ apresentou o valor de 11,52m. Para ambas as imagens os deslocamentos apresentam um comportamento sistemático devido à tendência de agrupamento dos pontos.

Tabela 2. Parâmetros obtidos da cena 2127325 (em metros)

ΔE_{2012}	ΔN_{2012}	ΔE_{2011}	ΔN_{2011}	$Dist_{2012}$	$Dist_{2011}$
6,117511	-0,56208	-24,2268	-22,1629	6,955911	32,92343
11,89034	-8,33262	-22,4560	-23,2946	14,64417	32,88113
15,33581	-12,8946	-9,4147	-22,4145	20,16604	27,04938
10,10082	-5,25442	-18,6244	-31,6391	11,77338	36,76029
14,95053	-2,82409	-16,1611	-27,2776	15,21764	31,7631
9,13132	-2,01271	-15,6307	-22,7046	9,673832	27,72816
7,631568	5,23992	-17,4926	-10,4648	9,735197	20,5111
3,422173	-5,77869	-22,1798	-27,8154	6,826941	35,60041
8,621775	0,428247	-17,3695	-23,7321	8,716242	29,44127
$\bar{X}\Delta E_{2012}$	$\bar{X}\Delta N_{2012}$	$\bar{X}\Delta E_{2011}$	$\bar{X}\Delta N_{2011}$	EMQ_{2012}	EMQ_{2011}
9,689095	-3,55456	-18,1728	-23,5006	11,52326	30,51759
$\sigma\Delta E_{2012}$	$\sigma\Delta N_{2012}$	$\sigma\Delta E_{2011}$	$\sigma\Delta N_{2011}$	σEMQ_{2012}	σEMQ_{2011}
3,910	5,279	4,466	5,839	4,410	4,985

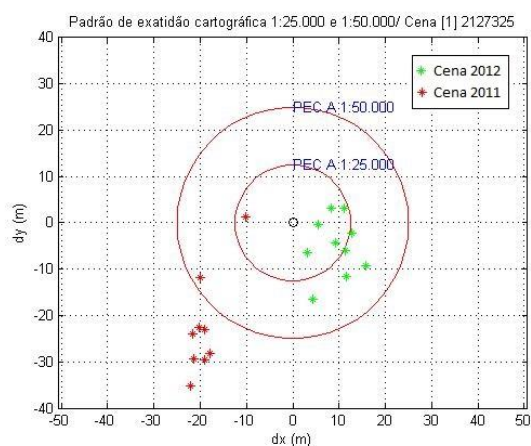


Gráfico 1. Distribuição dos pontos em relação ao terreno da cena 2127325

Para a cena 2127426 e imagem coletada em 2011 foram analisados oito pontos dos quais quatro não atendem as especificações da PEC para a escala 1:50.000 com EMQ de 23,69m. Já na imagem de 2012, todos os pontos ficaram dentro do círculo que representa o limite máximo de precisão necessária para o enquadramento na PEC-A para a escala 1:25.000 (gráfico 2) com o valor de EMQ de 5,36m.

Tabela 3. Parâmetros obtidos da cena 2127426 (em metros)

ΔE_{2012}	ΔN_{2012}	ΔE_{2011}	ΔN_{2011}	$Dist_{2012}$	$Dist_{2011}$
-2,176	10,415	1,307	-14,393	10,869	14,480
-4,080	-1,737	-14,715	-21,499	5,676	26,069
-2,671	4,145	-3,952	-28,587	5,343	28,898
4,744	-0,690	6,411	-21,681	5,343	22,758
-2,409	0,012	-3,308	-20,176	3,031	20,781
1,915	0,937	-3,575	-13,846	2,760	14,544
2,242	-1,820	1,310	-27,042	4,303	27,097
-2,176	10,415	1,307	-14,393	10,869	14,480
-3,114	-4,569	-3,302	-34,370	5,530	34,864
$\bar{X}\Delta E_{2012}$	$\bar{X}\Delta N_{2012}$	$\bar{X}\Delta E_{2011}$	$\bar{X}\Delta N_{2011}$	EMQ_{2012}	EMQ_{2011}
-0,694	0,837	-2,478	-22,699	5,357	23,686
$\sigma\Delta E_{2012}$	$\sigma\Delta N_{2012}$	$\sigma\Delta E_{2011}$	$\sigma\Delta N_{2011}$	σEMQ_{2012}	σEMQ_{2011}
3,193	4,608	6,120	7,030	2,501	7,041

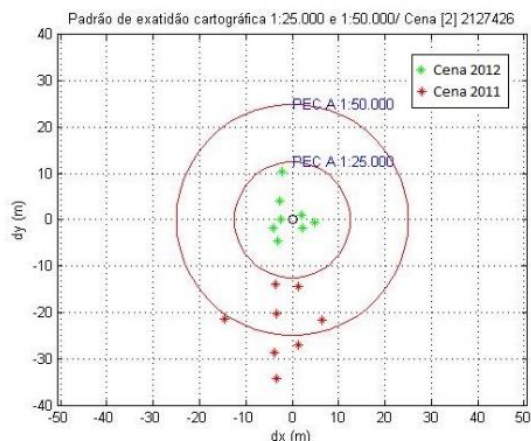


Gráfico 2. Distribuição dos pontos em relação ao terreno da cena 2127426

Para a cena 2227604 e imagem coletada 2011, oito pontos analisados, cinco estão dentro do círculo que representa o limite máximo que representa a escala 1:50.000, sendo que dois estão fora e um dentro do círculo que representa a escala 1:25.000. Na imagem de 2012 apenas um ponto ficou fora do círculo que representa o limite máximo da escala 1:25.000 (gráfico 3). O EMQ para a imagem de 2011 foi de 20,43m e de 7,871m para a imagem de 2012.

Tabela 4. Parâmetros obtidos da cena 2127604 (em metros)

ΔE_{2012}	ΔN_{2012}	ΔE_{2011}	ΔN_{2011}	$Dist_{2012}$	$Dist_{2011}$
0,815	10,771	4,514	-11,379	11,022	13,308
12,262	-9,144	14,876	-10,051	15,358	18,630
3,754	0,249	5,141	-9,457	4,028	10,927
6,951	-7,354	6,932	-21,599	10,228	23,326
6,300	-1,896	12,654	-29,809	6,967	32,765
-3,497	-2,391	-6,302	-19,663	4,566	21,261
2,440	3,805	0,500	-15,346	4,642	15,658
5,190	-3,131	16,405	-22,130	6,155	27,599
0,815	10,771	4,514	-11,379	11,022	13,308
$\bar{X}\Delta E_{2012}$	$\bar{X}\Delta N_{2012}$	$\bar{X}\Delta E_{2011}$	$\bar{X}\Delta N_{2011}$	EMQ_{2012}	EMQ_{2011}
4,277	-1,136	6,840	-17,429	7,871	20,434
$\sigma\Delta E_{2012}$	$\sigma\Delta N_{2012}$	$\sigma\Delta E_{2011}$	$\sigma\Delta N_{2011}$	σEMQ_{2012}	σEMQ_{2011}
4,658	6,291	7,663	7,138	3,990	7,364

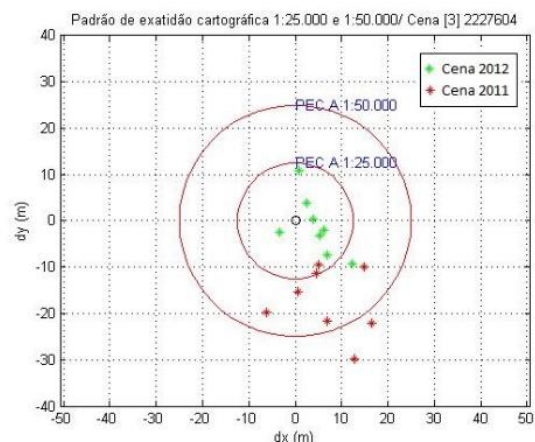


Gráfico 3. Distribuição dos pontos em relação ao terreno da cena 2227604

Para a cena 2227409 a imagem de 2011, apresentou apenas um ponto entre os oito analisados fora do círculo que representa o limite máximo da escala de 1:50.000, e na imagem de 2012 também um ponto ficou fora do círculo máximo que representa da escala de 1:25.000 (gráfico 4). O EMQ da imagem de 2011 foi de 17,79m e da imagem de 2012 foi de 6,24m (tabela 5).

Tabela 5. Parâmetros obtidos da cena 2227409 (em metros)

ΔE_{2012}	ΔN_{2012}	ΔE_{2011}	ΔN_{2011}	$Dist_{2012}$	$Dist_{2011}$
-1,277	-0,447	2,317	-15,349	1,602	15,634
5,533	-0,527	2,321	-15,762	5,571	16,028
2,018	-0,498	1,977	-13,365	2,639	13,697
4,490	-0,074	5,967	-19,677	5,149	20,681
7,154	-1,081	2,905	-11,230	7,698	12,001
4,749	-3,352	5,140	-12,852	5,822	13,911
3,317	-2,480	-1,480	-20,296	4,285	21,176
4,222	-3,984	4,468	-17,204	6,247	17,796
$\bar{X}\Delta E_{2012}$	$\bar{X}\Delta N_{2012}$	$\bar{X}\Delta E_{2011}$	$\bar{X}\Delta N_{2011}$	EMQ_{2012}	EMQ_{2011}
4,222	-3,984	4,468	-17,204	6,247	17,796
$\sigma\Delta E_{2012}$	$\sigma\Delta N_{2012}$	$\sigma\Delta E_{2011}$	$\sigma\Delta N_{2011}$	σEMQ_{2012}	σEMQ_{2011}
2,535	1,502	2,317	3,226	1,977	3,309

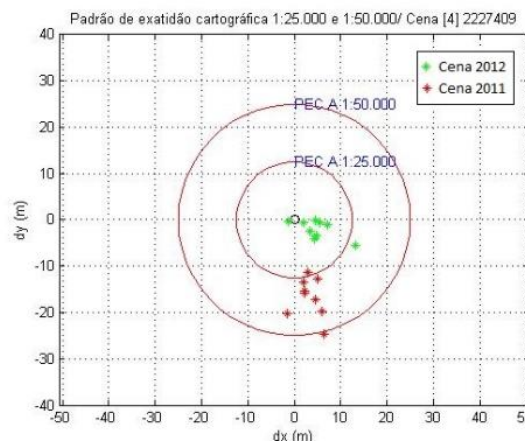


Gráfico 4. Distribuição dos pontos em relação ao terreno da cena 2227409

Para cena 2227311 na imagem de 2011 resultou em três pontos fora do círculo que representa o limite máximo para a escala 1:25.000, entretanto todos os pontos da imagem de 2012 se mantiveram dentro do círculo que representa o limite máximo para a escala 1:50.000 (gráfico 5). Os EMQ foram de 10,17m para imagem de 2011 e 7,33 para a imagem de 2012.

Tabela 6. Parâmetros obtidos da cena 2227311 (em metros)

ΔE_{2012}	ΔN_{2012}	ΔE_{2011}	ΔN_{2011}	$Dist_{2012}$	$Dist_{2011}$
6,726	1,017	-0,174	-14,999	6,841	15,017
-7,847	6,225	-0,660	-3,458	13,374	4,595
2,411	1,372	-2,196	-4,508	4,499	5,134
-0,016	1,048	-1,311	-13,481	1,251	13,556
1,096	2,749	4,064	-10,492	3,605	11,260
-4,544	9,520	-6,793	2,797	10,769	7,695
2,111	6,032	-9,928	-9,637	6,478	13,837
9,096	7,349	3,556	-8,534	11,846	10,276
6,726	1,017	-0,174	-14,999	6,841	15,017
$\bar{X}\Delta E_{2012}$	$\bar{X}\Delta N_{2012}$	$\bar{X}\Delta E_{2011}$	$\bar{X}\Delta N_{2011}$	EMQ_{2012}	EMQ_{2011}
1,129	4,414	-1,680	-7,789	7,333	10,171
$\sigma\Delta E_{2012}$	$\sigma\Delta N_{2012}$	$\sigma\Delta E_{2011}$	$\sigma\Delta N_{2011}$	σEMQ_{2012}	σEMQ_{2011}
5,496	3,284	4,755	5,822	4,285	4,003

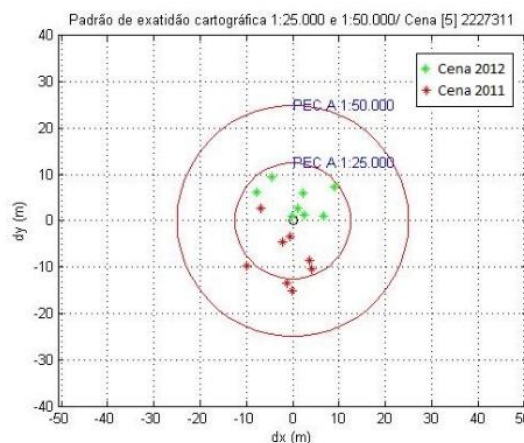


Gráfico 5. Distribuição dos pontos em relação ao terreno da cena 2227311

A cena 2227320 foi a que apresentou melhor resultado, na imagem de 2011 apenas dois pontos ficaram fora do círculo que representa o limite máximo para a escala 1:25.000, e na imagem de 2012 todos os pontos ficaram dentro do círculo que representa o limite máximo da escala 1:25.000. O valor de EMQ para imagem de 2011 foi de 8,11m, e de 10,27m para 2012.

Tabela 7. Parâmetros obtidos da cena 2227320 (em metros)

ΔE_{2012}	ΔN_{2012}	ΔE_{2011}	ΔN_{2011}	$Dist_{2012}$	$Dist_{2011}$
5,273	-7,714	5,122	-11,854	9,827	13,088
-1,956	-6,790	-0,140	-10,197	8,675	11,426
-5,508	-3,848	-6,854	-7,297	7,536	10,931
2,181	-6,164	0,023	-8,274	7,543	8,527
4,263	-3,399	7,076	-6,792	6,481	11,061
6,149	3,009	8,238	8,122	6,939	11,998
0,324	-3,356	1,447	-5,214	5,775	6,900
3,022	0,767	7,859	-2,932	8,764	10,251
$\bar{X}\Delta E_{2012}$	$\bar{X}\Delta N_{2012}$	$\bar{X}\Delta E_{2011}$	$\bar{X}\Delta N_{2011}$	EMQ_{2012}	EMQ_{2011}
2,547	-2,988	3,016	-5,554	8,112	10,268
$\sigma\Delta E_{2012}$	$\sigma\Delta N_{2012}$	$\sigma\Delta E_{2011}$	$\sigma\Delta N_{2011}$	σEMQ_{2012}	σEMQ_{2011}
4,017	4,705	4,611	6,468	1,496	2,876

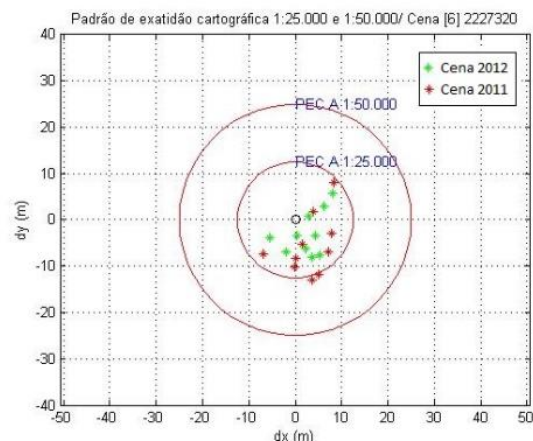


Gráfico 6. Distribuição dos pontos em relação ao terreno da cena 2227320

4. Conclusões

As análises efetuadas neste trabalho permitem afirmar que existe deficiência no posicionamento absoluto em algumas imagens de 2011. Verifica-se que o EMQ das imagens sofre variação nos seus valores e, em alguns casos, supera sua resolução espacial, levando em conta a PEC de classe A para a escala 1:25.000. As escalas determinadas para as imagens foram de 1:25.000 até 1:100.000. As cenas que apresentaram os piores resultados foram 2127325 e 2127426 ambas no fuso UTM 21. É de grande importância que a geometria entre as imagens sejam coincidentes, para que as análises temporais para detecção de mudanças de paisagem nas cenas sejam efetuadas com melhor qualidade, sem a necessidade de realizar o registro entre as imagens. Entretanto as imagens de 2012 apresentaram bons resultados sempre atendendo a escala para mapeamento de 1:25000. Neste trabalho foi apresentada uma metodologia alternativa com a finalidade de otimizar o controle geométrico de imagens oriundas de plataformas orbitais, através de métodos de controle de qualidade de produtos cartográficos. A simplicidade destes métodos e dos experimentos torna-se uma boa alternativa no momento de avaliar a acurácia das imagens e qualifica-las de acordo com as normas de controle de qualidade de produtos cartográficos.

Referências

- Costa, C. R., Luz, N. B. da, Oliveira, Araki, H. **Análise do comportamento geométrico entre imagens RapidEye adotadas no Inventário Florestal Nacional do Brasil (IFN-BR)**. In: XXII Jornadas de Jóvenes Investigadores da Asociación de Universidades Grupo Montevideo – AUGM. Chile, 2014.
- Intituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Manual do Usuário Aplicativo Online-Posicionamento por Ponto**. Disponível em < www.ppp.ibge.gov.br/manual_ppp.pdf>. Acesso em: 29.out.2014.
- Luz, N. B. da, Oliveira, Y. M. M., Rosot, M. A. D., Garrastazu, M. C., & Franciscon, L. **Classificação de imagens RapidEye baseada em objetos e análise da ecologia da paisagem como suporte ao componente geoespacial do Inventário Florestal Nacional**. Resumos do II Simpósio Nacional de Inventário Florestal – 2013, 2013. 146p.
- Machado E Silva, A. J.F, Eduardo, B. F. S., & Fazan, A. J. Avaliação da Qualidade Geométrica das Imagens RapidEye Ortoretificadas. In: **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE. 2013.
- Mikhail, E., Ackermann, F. **Observations and Least Square**. University Press of America, 1976. 497p.

RapidEye. **Satellite Imagery Product Specifications**. Disponível em: <http://www.rapideye.com/upload/RE_Product_Specifications_ENG.pdf>. Acesso em: 25.out.2014.