

AVALIAÇÃO DA PRECISÃO DE ORTO-IMAGENS IKONOS

ROSANA OKIDA

SILVIA LUIZ

CLEBER GONZALES DE OLIVEIRA

Geoambiente Sensoriamento Remoto

Av. Anchieta 117 – 12242-280 - São José dos Campos - SP, Brasil

{rosana, silvia, cleber}@geoambiente.com.br

Abstract. This paper describes the methodology and results of an orthorectification with high-resolution imagery (Geo Ortho Kit product of IKONOS Satellite) using OrthoEngine IKONOS Models software (PCI Geomatics). Thirteen ground control points (GCPs) were collected with a differential GPS and they were used together with an 1 m digital elevation model (DEM) of 1:2,000 scale to orthorectify. In this case, the root mean square (RMS) at the GCPs was 0,73 m.

Keywords: high-resolution, IKONOS, orthorectification, precision, Brasília.

1. Introdução

A ortorretificação é um tipo de correção geométrica de alta precisão, baseada no método utilizado por Toutin e Carbonneau (1992).

Com o uso de um modelo digital de elevação (DEM), é possível gerar orto-imagens IKONOS a uma precisão geométrica de 0,6 m. Tais imagens são tão precisas quanto os produtos Precision e de custo muito inferior (Ganas et al., 2002 e Toutin e Cheng, 2000).

A ortorretificação é baseada em uma fundamentação matemática e geométrica, que reflete a realidade física da geometria de visada do sensor. Essa fundamentação leva em consideração as distorções que ocorrem na formação da imagem, isto é, distorções relativas à plataforma, ao sensor, à Terra e à projeção cartográfica.

O IKONOS-2 foi o primeiro satélite comercial com alta resolução (Tabela 1). Seus dados permitem várias aplicações, principalmente voltadas ao mapeamento e monitoramento de detalhe (urbanismo, desastres naturais, agricultura, floresta, mineração, telecomunicações, transportes, etc.).

Tabela 1 – Características das bandas do satélite IKONOS

Fonte: Space Imaging (2002).

Bandas	Comprimento de onda (mm)	Resolução espacial (m)
Pancromática	0,45-0,90	1
1 (azul)	0,45-0,52	4
2 (verde)	0,51-0,60	4
3 (vermelho)	0,63-0,70	4
4 (infravermelho próximo)	0,76-0,85	4

Os produtos IKONOS apresentam várias categorias ou níveis, de acordo com a acurácia do posicionamento. Essa acurácia é definida pelo erro circular com 90% de confiança ou CE90 (Tabela 2).

A área-teste compreende a área urbana de Brasília, tendo essa, aproximadamente, 27 km². A área apresenta relevo plano.

O objetivo do trabalho foi testar o pacote de ortorretificação para imagens IKONOS, *OrthoEngine IKONOS Models*, da *PCI Geomatics*, e averiguar a precisão do produto ortorretificado em relação aos dados pré-existentes (GCPs obtidos com GPS diferencial e

produto resultante de restituição fotogramétrica na escala 1:2.000). Também comparou-se os dados de elevação obtidos a partir dos GCPs com os do DEM gerado no *OrthoEngine*.

Tabela 2 – Características dos produtos IKONOS

Fonte: adaptado de Space Imaging (2002).

Produtos	CE90 (m)	RMS (m)	NMAS	Aplicações/Outras informações
Geo(*)	50	23,2	1:100.000	Interpretação visual e mapeamento de grandes áreas/georreferenciado, ângulo de elevação de 60° a 90°, \$ 40/km ² (***)
Reference (**)	25,4	11,8	1:50.000	Mapeamento regional de grande áreas e aplicações em GIS/ortorretificado, ângulo de elevação de 60° a 90°, \$ 100/km ²
Pro (**)	10,2	4,8	1:12.000	Transportes, infra-estrutura e planejamento e avaliação do desenvolvimento econômico/ortorretificado, ângulo de elevação de 66° a 90°, \$ 170/km ²
Precision	4,1	1,9	1:4.800	Planejamento urbano, estimativa de floresta/ortorretificado, ângulo de elevação de 72° a 90°, \$ 210/km ²
Precision Plus	2	0,9	1:2.400	Mapeamento de precisão, análise avançada para detalhamento urbano e mapeamento de infra-estrutura e cadastral/ortorretificado, ângulo de elevação de 75° a 90°

(*) O Geo Ortho Kit consiste de um modelo geométrico de imageamento (IGM) e um produto Geo “integrado” (pan com multiespectral), com resolução de 1 m (colorida ou *pan sharpened*).

(**) Possuem “subprodutos” estéreo, com 1 m de resolução. Esses vêm com um arquivo coeficiente polinomial racional (RPC).

(***) Preços, aproximados, em dólar americano, para dado *pan sharpened* multiespectral.

2. Dados, Equipamentos e Metodologia

Os seguintes dados e equipamentos foram utilizados:

1) Produto Geo Ortho Kit IKONOS, da *Space Imaging*, colorido (4 bandas), em formato GeoTIFF, com IGM. A imagem em CD-ROM, possui 11 *bits* por pixel, resolução de 1 m, 7.714 pixels x 10.063 linhas e ângulo de elevação de 78°54'25". A data de passagem é 12/06/2001 e o número de ordem 84.836. As coordenadas geográficas do retângulo envolvente são: 1) 15,74604941° sul e 47,94076093° oeste, 2) 15,74604941° sul e 47,93944955° oeste, 3) 15,74700797° sul e 47,86754280° oeste, 4) 15,83785973° sul e 47,86882220° oeste, com projeção UTM, hemisfério sul, zona 23 e datum WGS84;

2) Levantamento fotogramétrico elaborado pela Engefoto, com documentação da fotoidentificação do posicionamento, aproximado, dos GCPs. Também foram utilizadas as curvas de nível do levantamento, na escala 1:2.000, com equidistância de 1 m. Esses dados estão em sistemas UTM-SICAD (coordenadas) e EGM96 (elevação), com acurácias horizontal e vertical de 0,010 m + 1 ppm;

- 3) *Softwares ImageWorks, Xpace e OrthoEngine IKONOS Models*, da PCI Geomatics, versão 8.1, para a geração do DEM e ortorretificação da imagem;
- 4) *Software Arcview*, versão 3.2, para a visualização das imagens e dados pré-existentis;

2.1. Importação da Imagem IKONOS

Para a ortorretificação da imagem (RGB), essa foi importada para o *OrthoEngine*, juntamente com o DEM, onde foi criado um projeto com coordenadas UTM, em zona 23, row L e datum WGS84 (D000).

O *OrthoEngine* utiliza um modelo de satélite desenvolvido pelo Dr. Therry Toutin, do Canadian Centre for Remote Sensing (CCRS), que é similar ao usado para o Landsat, SPOT, entre outros (modelo rigoroso).

2.2. Geração do DEM

O Modelo Digital de Elevação (DEM) é um Modelo Numérico do Terreno (MNT) que representa a variação da elevação do relevo (Burrough 1987).

Os valores de elevação fornecidos pelo DEM são, extremamente, relevantes para o processo de ortorretificação. Isto ocorre pelas distorções dentro de uma imagem serem proporcionais às mudanças de elevação do terreno.

O DEM foi gerado em um projeto (UTM, zona 23, row L e datum Astro-Chuá), a partir de curvas de nível pré-existentis, em formato *shape*, em 32 bits, com resolução de 1 m, tolerância 1,00 e número de interações igual à 10.

2.3. Ortorretificação da Imagem IKONOS

Para a ortorretificação da imagem, foram utilizados 13 GCPs, obtidos a partir de GPS diferencial (Tabela 3, Figura 1), com coordenadas e elevação relativa, datum Astro-Chuá e localização em coluna e linha. Os GCPs possuem fácil reconhecimento na imagem e estão distribuídos de forma regular na área.

Tabela 3 – GCPs em Astro-Chuá

GCPs	E (m)	N (m)	H (m)	Coluna	Linha
GCP_01	187554.739	8254048.4	1146.226	2645.1875	2946.1875
GCP_02	192208.698	8254114.9	1051.038	7294.9375	2876.4375
GCP_03	192100.997	8249388.6	1022.41	7186.3125	7601.0625
GCP_04	187733.965	8249512.1	1087.507	2821.6250	7481.6250
GCP_05	189640.986	8252098.7	1122.626	4732.3750	4894.8750
GCP_06	188862.238	8253365.3	1135.337	3952.3125	3631.0625
GCP_07	190631.001	8251065.3	1095.37	5720.3750	5928.8750
GCP_08	191125.899	8252923.3	1075.754	6214.1875	4069.0625
GCP_09	188552.212	8250835.8	1115.792	3641.8125	6159.1875
GCP_10	189555.346	8249755.5	1092.416	4644.0625	7239.0625
GCP_11	191072.935	8253621.8	1083.086	6160.8125	3370.5625
GCP_12	187789.464	8252545.4	1162.669	2881.8125	4450.9375
GCP_13	192426.526	8251430.3	1071.39	7513.9375	5562.3125



Figura 1 – Distribuição dos GCPs na área-teste, sem escala.

Após a coleta dos GCPs, processou-se a ortorretificação com *background* de -150 para o DEM e testou-se dois tipos de interpoladores, vizinho-mais-próximo e cúbico, procurando obter um RMS de, no máximo, 1 m.

As imagens ortorretificadas foram analisadas com os dados de restituição e GCPs.

3. Resultados Obtidos

A imagem ortorretificada, em projeção Astro-Chuá, apresentou resultados bastante satisfatórios tanto em relação aos erros quadráticos médios (RMS), quanto em relação às distorções dos dados do levantamento fotogramétrico e GCPs.

O RMS total foi de 0,73 m, em X igual à 0,41 m e em Y igual à 0,60 m, que pode ser justificado pelo pequeno gradiente do terreno (100 metros), pela dimensão da área de estudo e pelo ângulo de elevação solar. Os RMSs dos GCPs podem ser visualizados na Tabela 4.

Tabela 4 – RMS dos GCPs obtidos na ortorretificação

Pontos	RMS Total (m)	RMS (X) (m)	RMS (Y) (m)
GCP_01	0,233	-0,046	0,228
GCP_02	0,341	0,323	-0,107
GCP_03	0,331	0,263	0,200
GCP_04	0,196	-0,091	0,173
GCP_05	1,552	0,765	1,351
GCP_06	1,486	-0,667	-1,328
GCP_07	0,357	-0,017	-0,357
GCP_08	0,165	0,164	-0,015
GCP_09	0,357	-0,338	-0,112
GCP_10	0,556	-0,020	-0,556
GCP_11	0,431	-0,300	0,310
GCP_12	0,574	0,504	0,275
GCP_13	0,544	-0,540	-0,063

Nas Figuras 2 e 3 é possível observar detalhes da imagem ortorretificada, com interpolador vizinho-mais-próximo. Verifica-se uma ótima justaposição dos vetores da restituição, bem como do GCP, com as feições da imagem.

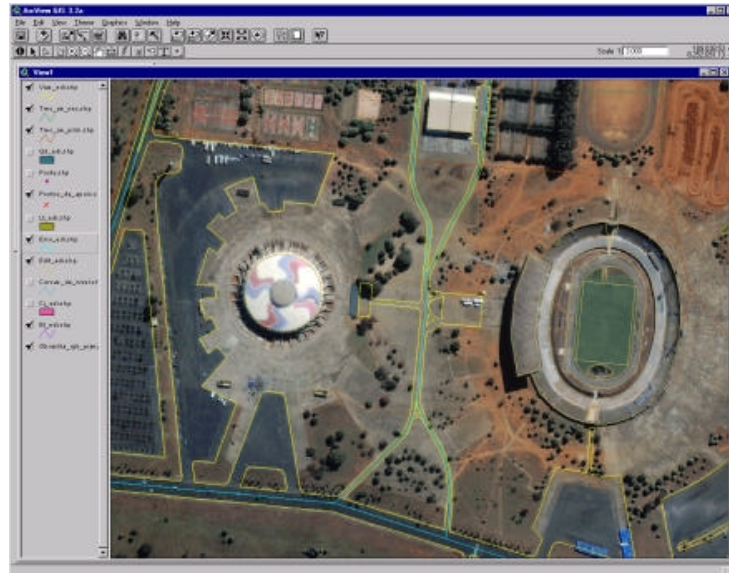


Figura 2 – Detalhe da imagem IKONOS ortorretificada, com interpolador vizinho-mais-próximo, e vetores da restituição, em ambiente Arcview, sem escala.

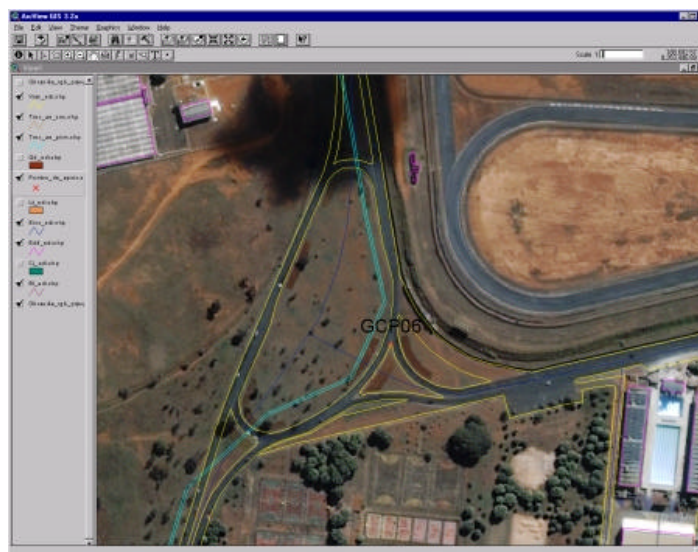


Figura 3 – Detalhe da imagem IKONOS ortorretificada, com interpolador vizinho-mais-próximo, vetores da restituição e GCP, sem escala.

A Figura 4 mostra a imagem original (sem ortorretificação), com os vetores da restituição. Desta forma, é possível comparar o deslocamento dos vetores sobre a imagem com a Figura 2 (ortorretificada). As figuras são do mesmo local.

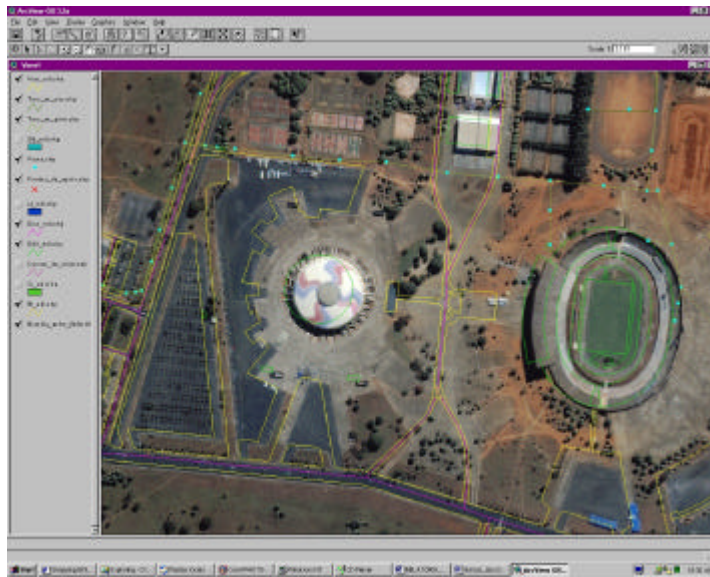


Figura 4 – Detalhe da imagem IKONOS original, com vetores da restituição, sem escala.

Na Figura 5 é possível verificar a mesma região da Figura 2, porém essa imagem foi ortoretificada com interpolador cúbico. Neste caso, as distorções que ocorrem na segunda imagem são semelhantes às da primeira e o tempo de processamento foi, praticamente, o mesmo.

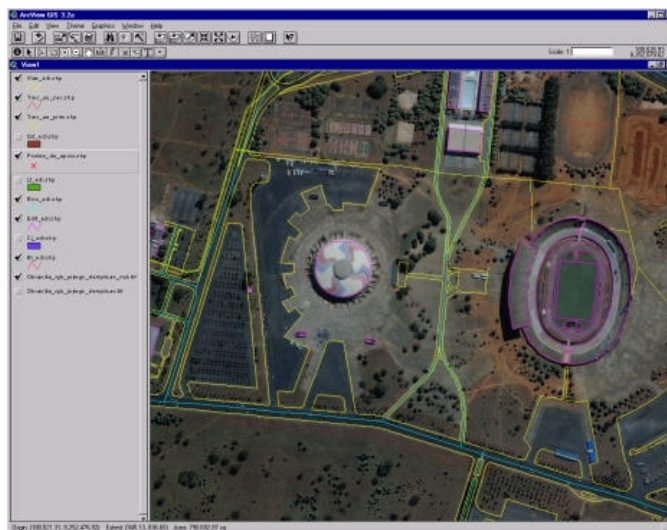


Figura 5 – Detalhe da imagem IKONOS ortoretificada, com interpolador cúbico, sem escala.

A partir da imagem ortoretificada, com interpolador vizinho-mais-próximo, pode-se fazer várias comparações entre as feições desta e dos dados vetoriais da restituição e GCPs, além de uma análise das variações entre a elevação obtida a partir do GPS diferencial e o DEM (Figura 7 e Tabela 6).

A distância média entre a imagem IKONOS ortoretificada e os vetores da restituição foi de 0,82 m.

A distância média entre a imagem IKONOS ortoretificada e os GCPs foi de 0,33 m.

A distância média entre os vetores da restituição e os GCPs foi de 0,81 m.

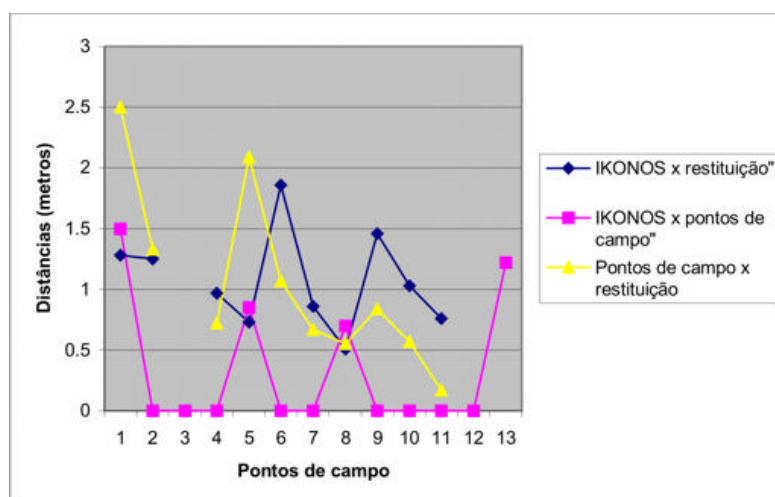


Figura 7 – Distâncias dos dados analisados (IKONOS ortorretificado x restituição, IKONOS ortorretificado x GCPs e GCPs x restituição).

Tabela 6 - Elevação dos GCPs x altimetria do DEM

Pontos	H do GCP (m)	H do DEM (m)	DH (GCP – DEM) (m)
GCP_01	1146,226	1146,1	0,126
GCP_02	1051,038	1051,2	-0,162
GCP_03	1022,41	1022,6	-0,19
GCP_04	1087,507	1087,8	-0,293
GCP_05	1122,626	1122	0,626
GCP_06	1135,337	1135,6	-0,263
GCP_07	1095,37	1095,5	-0,13
GCP_08	1075,754	1075,9	-0,146
GCP_09	1115,792	1115,9	-0,108
GCP_10	1092,416	1090,8	1,616
GCP_11	1083,086	1083,5	-0,414
GCP_12	1162,669	1162,6	0,069
GCP_13	1071,39	1071,1	0,290

4. Conclusões

Neste trabalho ratifica-se as considerações de Ganas et al. (2002) e Toutin e Cheng (2002) para a ortorretificação do produto Geo Ortho Kit.

No caso em questão, os resultados obtidos mostraram-se bastante satisfatórios (RMS de 0,73 m).

A partir dos vetores da restituição, observou-se uma diferença, média, de 0,82 m entre esses e a imagem ortorretificada. Tal diferença pode ser reflexo tanto da restituição, como da pontaria ao posicionar os GCPs na imagem.

O desempenho do interpolador vizinho-mais-próximo também foi considerado muito bom, sendo que o mesmo apresentou resultado bem semelhante ao cúbico, tanto em termos de tempo de processamento, quanto do produto final (deslocamentos e aspecto visual).

Desta forma, a imagem IKONOS ortorretificada é uma excelente opção para se trabalhar em grandes áreas e com grande detalhe (monitoramento de áreas sujeitas a movimentos gravitacionais de massa, de cavas de minerações, para mapeamento urbano básico e cadastral, etc.), pois seu custo é bem inferior ao de outros produtos, como fotografias aéreas e mesmo o

produto Precision (IKONOS). No caso de fotografias aéreas, seria necessário uma grande quantidade de fotos para recobrir a mesma área de uma imagem IKONOS, além dos custos com o aerolevanteamento, logística, etc.. Para o Precision, o custo é muito superior ao do produto Geo, sendo que o resultado obtido na ortoretificação com o Geo é bem semelhante ao do produto Precision.

Agradecimentos Os autores agradecem à *Space Imaging*, em nome do Sr. Maurício Braga Meira, e à Companhia Energética de Brasília, na pessoa do Sr. Edílson de Souza Bias, pela concessão dos dados (imagem, dados vetoriais e GCPs) e autorização para publicação do trabalho.

Referências

Burrough, P.A. *Principles of geographic information systems for land resource assessment*:. Oxford, Claredon Press, 1987, 193p.

Ganas, A.; Lagios, E.; Tzannetos, N. An investigation on the spatial accuracy of the IKONOS 2 Orthoimagery within an urban environment. *International Journal of Remote Sensing*, v. 23, n. 17, p. 3513-3519, 2002.

Space Imaging *IKONOS Imagery Products and Product Guide*, 2002, 20p.

Toutin, T.; Carbonneau, Y. La création d'ortho-images avec mne: description d'un nouveau système: *Canadian Journal of Remote Sensing*: v. 18, n. 3, p. 136-141, 1992.

Toutin, T.; Cheng, P. Demystification of IKONOS. *Earth Observation magazine*, v. 9, n. 7, p. 17-21, 2000.