

AVALIAÇÃO DA ORTORRETIFICAÇÃO DE IMAGENS DO SENSOR QUICKBIRD II USANDO MODELO DE ORIENTAÇÃO VIA RPCS

Mathias L. Mafort Ouverney¹
Mauro Antonio Homem Antunes²
Luiz Guimarães Barbosa²
Renata de Aquino Sedano³

¹ Bolsista de iniciação científica de Engenharia de Agrimensura.
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ.
mathiasmafort@yahoo.com.br

² Prof. Dr. do Departamento de Engenharia.
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ
mantunes@ufrj.br, luizgb@ufrj.br

³ Aluna da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
renata_ufrj@yahoo.com.br

Abstract. Abstract: The transformation of an image coordinate system to an orthogonal one is important in order to eliminate earth curvature, relief and sensor distortions on the image. Exact models based on the collinearity are not available in some conditions where the Rational Polynomial Coefficients (RPCs) may be used instead. The objective of this paper is to present an evaluation of the RPCs for orthorectifying a Quickbird satellite image. The image was orthorectified using a digital elevation model and the RPC coefficients available from the Quickbird image. The results show that there exists a discrepancy of positioning of 17.28 m with an azimuth of 115°33' at the 95% of confidence interval. We conclude that the RPCs coefficients from Quickbird can be used when it is impossible to use the exact model for the attitudes and positioning of the sensor camera. We recommend further tests to include ground data for testing the actual accuracy of these coefficients..

Palavras-chave: rational polynomial function, Quickbird, orthorectification, função polinomial racional, ortoretificação.

1. Introdução

A utilização de dados e informações espaciais referentes à distribuição de recursos naturais, bem como, da ocupação da superfície terrestre é de importância fundamental para o planejamento e gestão sustentáveis das atividades humanas no espaço geográfico. Portanto, as tecnologias de geração destas informações devem ser desenvolvidas para que estas consigam apoiar e orientar, de forma precisa e eficaz, os processos decisórios necessários ao estabelecimento de formas adequadas de planejamento e gestão das atividades humanas.

O Sensoriamento Remoto é uma das novas tecnologias que permitem a obtenção de dados espaciais em grandes escalas, principalmente com o lançamento de sensores de alta resolução espacial, como Ikonos II e QuickBird. Porém, a geração de produtos de sensoriamento remoto, na maioria das vezes, necessita de dados obtidos “in loco” para que a correlação entre a representação da superfície e a própria superfície possa ser feita de forma suficientemente precisa. Além da impossibilidade de produção de dados confiáveis de locais de difícil acesso. Esta coleta de dados em campo faz com que a geração destes produtos se torne mais dispendiosa.

Sob este ponto de vista, a possibilidade de geração destes dados sem a necessidade de apoio com dados de campo torna se um avanço considerável na produção de dados por sensoriamento remoto. Atualmente uma possibilidade para isto é a utilização de Rational

Polynomial Coefficients (RPCs), que, segundo FRASER(2005) representam uma aproximação derivada empiricamente do rigoroso modelo de orientação do sensor, particularmente uma reparametrização deste modelo.

Após o lançamento em 1999 do satélite IKONOS II, o modelo de RPCs tem sido universalmente aceito e validado, como uma alternativa de modelo de orientação do sensor para imagens de satélites de alta resolução (FRASER,2005).

Embora o uso de RPCs seja uma boa alternativa, existem apenas os sensores QUICKBIRD II e IKONOS II com este modelo implementado. Para a utilização deste recurso, torna-se necessária a avaliação do uso de RPCs no processo de correção geométrica destas imagens, como é o caso da ortorretificação.

2. Sensor Quickbird II

Nos últimos anos alguns satélites com sensores de alta resolução espacial têm sido lançados. Dentre eles tem-se o sensor QuickBird II, lançado em outubro de 2001, tem órbita sol-síncrona de 98° e 450 km de altura média.

Cada cena do Quickbird II tem 16,5 Km de largura de faixa de imageamento, porém com recursos de visada lateral é possível coletar até 165 Km em cada passagem pelo mesmo lugar, o que equivale a 10 cenas. O campo de visada lateral do sensor é de 30° off-nadir, permitindo assim a obtenção de pares estereoscópicos para a geração de dados altimétricos por estereo correlação de imagens. As principais características do sensor são expostas abaixo na **Tabela1**.

Tabela 1-Características do Sensor QuickBird II.

| Sensor | Bandas Espectrais | Resolução Espectral | Resolução Espacial | Resolução Temporal | Faixa Imageada |
|--------------|--------------------------|---------------------|--------------------|--------------------------------------|----------------|
| Quickbird II | PANCROMÁTICA | 450 - 900 nm | 61 a 72 cm | 1 a 3,5 dias, dependendo da latitude | 16,5 x 16,5 km |
| | MULTIESPECTRAL (Visível) | 450 - 520 nm | 2,4 a 2,8 m | | |
| | | 520 - 600 nm | | | |
| | | 630 - 690 nm | | | |

Outra característica bastante relevante deste sensor é a alta resolução radiométrica de suas imagens, pois possuem 2048 níveis de cinza, o que equivale a 11 bits de resolução. Isto permite aumentar consideravelmente o poder de distinção entre alvos.

4. Processo de ortorretificação

Segundo SCHOWENGERDT (1997), a ortorretificação é o processo de correção da imagem, pixel por pixel, das distorções causadas pelo relevo, fazendo com que a imagem seja representada em perspectiva ortogonal. A ortorretificação é uma correção geométrica extremamente necessário em imagens de sensores remotos, especialmente quando as imagens representam superfícies bastante irregulares e com declividades acentuadas.

Este processo de correção é necessário principalmente pelo fato de que as imagens de satélites são obtidas por meio de perspectiva central, ou seja, são representadas em projeções cônicas. Estes erros gerados pela geometria de aquisição destas imagens são demonstrados pela **Figura 3**.

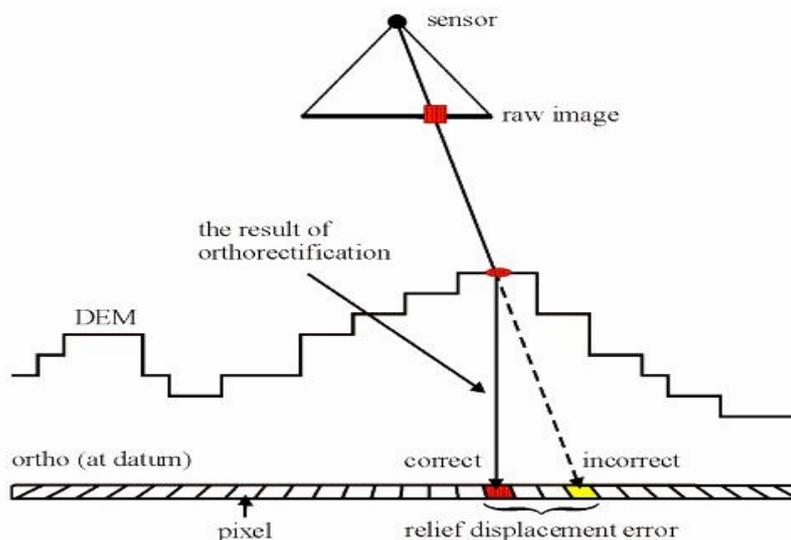


Figura 3 - Geometria das distorções causadas pelo relevo na imagem (PCI GEOMATICS, 2003).

Para que as imagens possam ser retificadas, ou seja, transformadas de projeção cônica para projeção ortogonal, torna-se necessário conhecer o comportamento do relevo da região imageada. Esta informação pode ser fornecida pelo Modelo Digital de Elevação (MDE), que é uma grade espacial regular ou irregular de valores de elevação.

Muitas técnicas diferentes podem ser usadas para extrair um MDE, dependendo da disponibilidade de dados, ferramentas ou da tecnologia: digitalização e interpolação de mapas, estéreo correlação de imagens ópticas, interferometria, laser altimétrico, etc (KASSER e EGELS, 2002).

Durante o processo de ortorretificação, a imagem é projetada numa superfície de projeção cartográfica, usando uma superfície de representação para a Terra e um sistema de coordenadas, com o objetivo de gerar a maior correspondência possível entre o posicionamento de pontos na imagem e o de pontos homólogos na superfície terrestre imageada, como mostra a **Figura 4**.

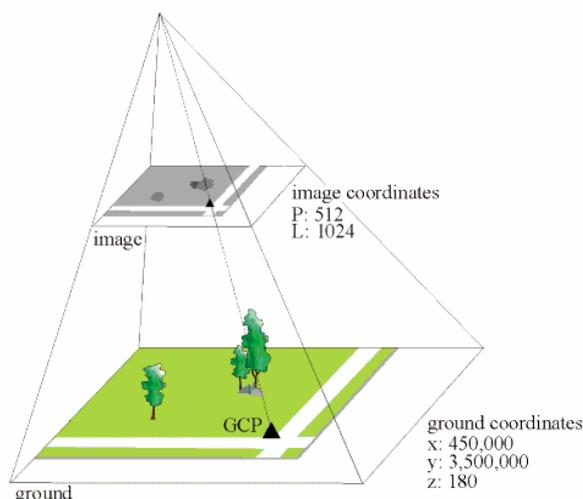


Figura 4 - Relação entre o sistema de coordenadas de campo e o sistema de coordenadas da imagem (PCI GEOMATICS, 2003).

Para a ortorretificação usando o modelo de funções racionais não é necessária a utilização de pontos de controle para o georreferenciamento da imagem, pois por meio dos metadados RPCs calculados pela empresa distribuidora das imagens, é possível a obtenção dos parâmetros de orientação exterior do satélite no momento da tomada da imagem.

III Materiais e métodos.

Para gerar a ortorretificação e a avaliação da exatidão do modelo de orientação exterior usando RPCs, foi obtida uma imagem do sensor Quickbird de parte do município de Seropédica. A imagem abrange uma área total de aproximadamente 2.598 ha e as suas principais características são expostas abaixo na **Tabela 2**.

Tabela 2 - Características da imagem Quickbird.

| Característica | Imagem Quickbird |
|--|--|
| Nome do arquivo | 04JUN11130158-S2AS-005523384010_01_P001_8BITS.TIF |
| Tipo de processamento | Pan Sharpened |
| Coordenadas do retângulo envolvente no sistema UTM | X1=629792.59; Y1=7470699.48 X2=636936.33; Y2=7477836.48 |
| Data | 2004-09-14 |
| Horário | 13:14:19.22 GMT |
| Ângulo de elevação solar | 55.2° |
| Azimute solar | 45.2° |
| Bandas presentes | 1, 2 e 3 |

Para a obtenção do MDE utilizaram-se as cartas Pae258c1, Pae258d1, Pae258e1, Pae258f1 na escala 1:10.000, elaboradas pela FUNDREM (atual Fundação CIDE), com curvas de nível de 5m de equidistância.

As cartas topográficas acima citadas foram digitalizadas, ou seja, passaram por um processo de conversão da forma analógica para a digital por meio de um *scanner*. Este processo de varredura gerou documentos em formato *raster*, que posteriormente foi submetido a procedimentos de restauração e melhoria de contraste e brilho. A **Figura 1** abaixo mostra a carta topográfica Pae258d1 utilizada para a geração do MDE. As curvas de

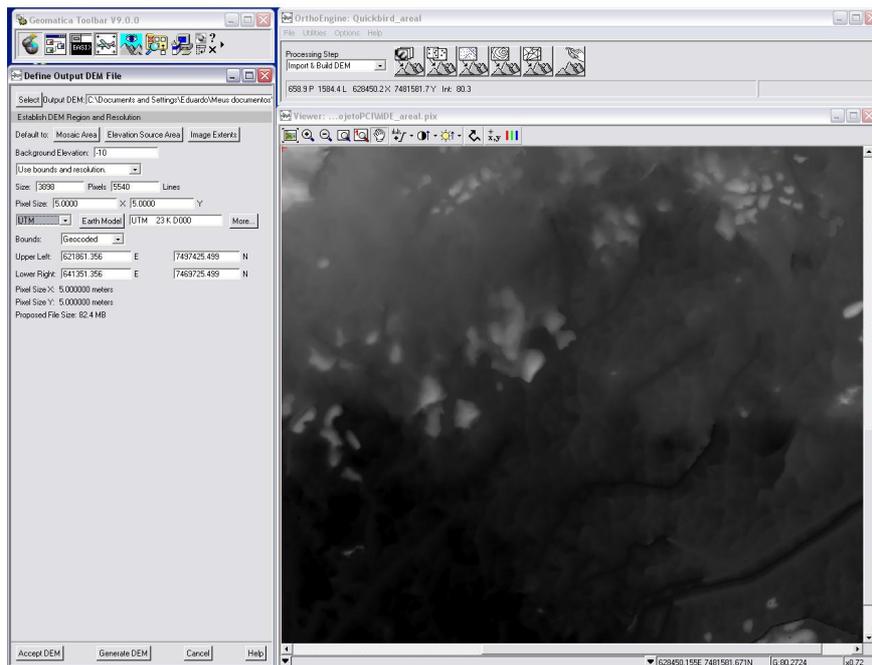


Figura 2 - Geração do MDE no *OrthoEngine* no PCI Geomática.

Para este caso foi utilizado o sistema de projeção cilíndrico transversal, ou seja, o sistema UTM (Universal Transverse Mercator), utilizando como modelo da Terra o WGS 84 (World Geodetic System 84).

A avaliação da exatidão da ortorretificação da imagem, no que se relaciona com a acurácia do posicionamento planimétrico de um ponto ou feição espacial qualquer, foi executada com base na comparação dos valores de coordenadas planimétricas de pontos aleatórios na imagem (homogeneamente espaçados) com seus homólogos no terreno determinados com a tecnologia GPS.

Para tanto, foram coletados 13 pontos de controle por meio de ocupação estática com receptores de monofreqüência GPS Promark II. Segundo ROCHA (2000), no método estático cada estação é ocupada até que uma quantidade suficiente de dados tenha sido coletada em quatro ou mais satélites, e o tempo de observação varia conforme a quantidade de satélites, as condições atmosféricas, o tipo de receptor e o comprimento da linha de base.

5. Resultados e discussões

Com o MDE correspondente a região da imagem e o arquivo RPC denominado “04SEP14131419-S2AS-005523384010_01_P002_8BITS.RPB”, foi possível a execução do processo de ortorretificação da imagem Quickbird.

A **Figura 5** mostra a imagem Quickbird II ortorretificada pelo modelo matemático de funções racionais implementado no módulo *OrthoEngine* do PCI Geomatica.



Figura 5 - Trecho da imagem ortorretificada.

A **Tabela 3** abaixo mostra os pontos coletados com a tecnologia GPS bem como suas coordenadas planimétricas.

Tabela 3 - Pontos de controle coletados em campo.

| Pontos de controle | Coordenadas dos pontos (m) |
|--------------------|----------------------------|
| 1 | E=634385,63 ; N=7475721,69 |
| 2 | E=634269,85 ; N=7475629,66 |
| 3 | E=631541,54 ; N=7473988,51 |
| 4 | E=631850,07 ; N=7473587,33 |
| 5 | E=632183,28 ; N=7473630,54 |
| 6 | E=636102,64 ; N=7471957,35 |
| 7 | E=635907,90 ; N=7471839,34 |
| 8 | E=636175,15 ; N=7471698,77 |
| 9 | E=636006,07 ; N=7471105,08 |
| 10 | E=634561,76 ; N=7473656,67 |
| 11 | E=634656,84 ; N=7473527,00 |
| 12 | E=632928,45 ; N=7472427,18 |
| 13 | E=632893,57 ; N=7472341,83 |

Com base na comparação entre as coordenadas dos pontos coletados em campo e suas coordenadas homólogas na imagem ortorretificada, foi possível a geração das análises de erros

Inicialmente foi calculada a média das diferenças (ME) entre o posicionamento dos pontos na imagem e suas coordenadas obtidas em campo:

$$ME = \frac{\sum_{i=1}^n ER_i}{n} \quad (1)$$

Onde o erro em um ponto qualquer (ER_i) é dado por:

$$ER_i = \sqrt{(E_{i\text{-imagem}} - E_{i\text{-GPS}})^2 + (N_{i\text{-imagem}} - N_{i\text{-GPS}})^2} \quad (2)$$

Sendo:

n = número total de pontos;

$E_{i\text{-imagem}}$ = coordenada E do ponto i na imagem;

$E_{i\text{-GPS}}$ = coordenada E do ponto i obtido com GPS;

$N_{i\text{-imagem}}$ = coordenada E do ponto i na imagem;

$N_{i\text{-GPS}}$ = coordenada E do ponto i obtido com GPS.

Calculando o valor de ME obtém-se:

$$ME = 17,28\text{m}$$

Calculando o desvio padrão (Eq):

$$Eq = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (ER_i - ME)^2}{n - 1}} \quad (3)$$

$$Eq = 1,8\text{m}$$

Calculando o erro da média (EM) das discrepâncias de posicionamento, teremos:

$$EM = \frac{Eq}{\sqrt{n}} \quad (4)$$

$$EM = 0,5\text{m}.$$

Modelando os dados segundo a curva de Gauss de distribuição normal e estabelecendo confiabilidade de 95% no valor mais provável da discrepância de posicionamento (E_p) dos pontos na imagem do sensor Quickbird II usando o modelo de orientação exterior baseado em RPCs e com ortorretificação, tem-se: $E_p = 17,28\text{m} \pm 0,95\text{m}$.

Para a constatação da taxonomia do erro direcional de posicionamento, ou seja, se o deslocamento direcional da imagem é proveniente de erros aleatórios ou sistemáticos, foi necessária a análise dos azimutes dos erros entre os pontos na imagem ortorretificada e os seus homólogos coletados em campo (com exatidão superior). Assim temos:

Média dos Azimutes das discrepâncias (M_{AZ}):

$$M_{AZ} = 115^\circ 33'$$

Desvio padrão das discrepâncias:

$$Eq_{AZ} = 8^\circ 02'$$

Erro da média dos azimutes das discrepâncias (EM_{AZ}):

$$EM_{AZ} = 2^\circ 19'$$

Estabelecendo 95% de confiança na determinação do azimute provável (AZ_p) da direção do erro de orientação do sensor, teremos;

$$AZ_p = 115^\circ 33' \pm 4^\circ 33'.$$

6 – Conclusões e considerações finais

Com base nas análises anteriores, pode-se afirmar que os erros de posicionamento de orientação causados pela utilização do modelo de Rational Polynomial Coefficients (RPCs), são provenientes de erros sistemáticos no processo de obtenção das imagens pelo sensor. Sendo assim, possivelmente pode-se gerar resultados satisfatórios com muito menos pontos de controle, o que permite a produção de dados de sensoriamento remoto das imagens Quickbird de obtenção forma menos dispendiosa.

A conclusão final deste trabalho é que, para aplicações de menor rigor de posicionamento, os RPCs podem ser utilizados quando não se dispõe de pontos de controle de campo para a obtenção dos elementos de orientação exterior do satélite (coordenadas X, Y, e Z do centro ótico da câmara e atitudes da plataforma, ω , ϕ , e κ).

Referências

FRASER, C.S., DIAL, G., GRODECKI, J., Sensor orientation via RPCs. **ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing** 60 (2006) 182–194. disponível na internet via: www.elsevier.com/locate/isprsjprs

ROCHA, C.H.B. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar**. Edição do autor. 2ª edição, Juiz de Fora, MG, 2000.

PCI GEOMATICS, **OrthoEngine User guide version 9.0**. Canadá, 2003.

SCHOWENGERDT, R.A. **Remote sensing: models and methods for image processing**. Academic Press, 2ª edição, San Diego, USA, 1997.