

## MONORESTITUIÇÃO DE IMAGENS DO SATÉLITE DE ALTA RESOLUÇÃO IKONOS 2 (GEO), UTILIZANDO-SE DA TRANSFORMAÇÃO DLT E MODELO DIGITAL DE TERRENO

EDSON A. MITISHITA  
CLAUDIA C. S. SARAIVA  
ÁLVARO LIMA MACHADO

Universidade Federal do Paraná  
Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas  
[mitishit@geoc.ufpr.br](mailto:mitishit@geoc.ufpr.br) [csaraiva@geoc.ufpr.br](mailto:csaraiva@geoc.ufpr.br)  
[amachado@geoc.ufpr.br](mailto:amachado@geoc.ufpr.br)

**Abstract.** In September 1999, with the successful launch of the IKONOS II satellite by Space Imaging, facilitated the civil use of images with 1,0 meter resolution. It has been allowing the development of techniques that have facilitated the obtaining of space information of the terrestrial surface with larger metric accuracy and positional. Nowadays, the satellites images IKONOS, panchromatic and multi spectral, in despite of its high costs, have provoked high expectation of using in several areas of the Engineering that need information up-to-date of the terrestrial surface. Having their images with the geometric very superior resolution regarding other available commercial sensors (1,0 meter for the panchromatic images and 4,0 meters for the multi spectral images). These kinds of images are better used in engineering projects that need larger accuracy in the mapping. To attend this condition, they are necessary more realistic mathematical modeling, which enable a better reconstruction of the existing geometric parameters among coordinate systems involved.

This paper shows the study accomplished with monocular restitution of panchromatic IKONOS image for extracting urban cartographic entities (street and main constructions). The equations DLT (Direct Linear Transform) associate with MDT (Digital Terrain Model) were employed for the transformations between the image coordinate (x,y) to coordinate cartesian geodesic local (X,Y,Z). Results and precisions obtained are showed.

**Keywords:** Monocular restitution, Direct Linear Transform, Digital Terrain Model.

### 1. Introdução

Existem basicamente cinco opções de produto IKONOS para o pancromático e pancromático com fusão de bandas do multiespectral (pan-sharpened) com resolução espacial de 1,0 metro. Dentre as imagens IKONOS, comercialmente disponíveis nos dias atuais, a imagem GEO, em função do menor custo e facilidades para a aquisição do produto, tem sido a mais utilizada. Por outro lado, apresenta a menor precisão absoluta de posição (50m CE90 - 90% dos pontos testados na imagem devem apresentar exatidão planimétrica inferior a 50 metros). Atualmente, várias pesquisas nacionais e internacionais estão sendo realizadas, com este tipo de imagem, visando o desenvolvimento de procedimentos matemáticos que possibilitem a sua utilização com erro médio quadrático de um "pixel" na transformação entre os referenciais envolvidos, ver FRASER, (2000); LI, (2000); FRITSCH, (2000) e BALTSAVIAS, (2001).

O desenvolvimento de modelos matemáticos rigorosos, implica no conhecimento dos dados de calibração do sensor, informações da órbita do satélite e atitude do sensor. Como estes dados encontram-se indisponíveis ou são de difícil obtenção para os produtos IKONOS, torna-se necessário o desenvolvimento de processos que aproximem a exatidão de um "pixel". Modelos matemáticos aproximados, empregados na transformação entre referenciais da imagem e geodésicos são apresentados em MITISHITA, (2002).

Em junho de 2001 a "Space Imaging" disponibilizou para a venda a imagem "Geo Ortho Kit" com o modelo geométrico (IGM – Image Geometry Model) que permite que o usuário produza a ortoimagem com a utilização de pontos de apoio e MDT da região. Entretanto, o

preço deste tipo de imagem chega a ser quase três vezes superior ao preço da imagem convencional GEO e tempo para aquisição muito maior.

Visando melhorar a utilização da imagem IKONOS GEO, que possui a maior facilidade para a aquisição nos dias atuais e aproveitando as condições especiais existentes no processo de Monorestituição, onde se verifica um menor custo na aquisição de equipamentos e facilidade operacional na extração da informação espacial planimétrica, apresenta-se neste trabalho a metodologia desenvolvida para a utilização desta metodologia no Sistema Fotogramétrico Monorestituído Digital (ver MITISHITA, (1999)), com a utilização de imagens de satélites de alta resolução.

Os resultados e precisões alcançadas são apresentados num experimento realizado, onde foi utilizada uma imagem IKONOS GEO pancromática da região urbana do Município de Rio Negro – Paraná.

Empregou-se como base de comparação, obtenção de pontos de apoio e informações altimétricas o mapeamento planialtimétrico existente da região na escala de 1/2000, obtido a partir da restituição aerofotogramétrica de vôo métrico na escala de 1/8000.

## 2. Monorestituição Digital

A monorestituição digital pode ser definida como sendo um procedimento fotogramétrico matemático que permite a obtenção do mapeamento planimétrico vetorial a partir digitalização monocular vetorial da imagem digital.

A monorestituição fundamenta-se na determinação matemática das coordenadas planimétricas no referencial geodésico, de pontos que permitem a definição vetorial da entidade. Os pontos são observados da imagem, no referencial fotogramétrico, são transformados para o referencial geodésico através das equações de colinearidade inversa associada com um MDT da região a ser trabalhada, ver MITISHITA, 1997.

Para a utilização das equações de colinearidade na monorestituição de imagens de satélite são necessários os parâmetros orbitais e geométricos do satélite no instante da captura da imagem. Como estes valores não são disponíveis ou de difícil aquisição. A alternativa implementada foi a de utilizar a transformação DLT que permite recuperar parâmetros que aproximam a os efeitos geométricos da equação de colinearidade.

## 3. Equação DLT – Direct Linear Transform

A equação DLT pode ser considerada como sendo a equação de colinearidade escrita de forma diferente, onde as coordenadas de máquina de pontos observados num monocomparador podem ser transformadas diretamente para coordenadas geodésicas. Este modelo foi introduzido por ABDEL – AZIZ e KARARA, (1971) para permitir a calibração de câmaras não métricas. Esta transformação matemática permite eliminar a orientação interior e exterior, normalmente realizada numa aplicação das equações de colinearidade. Combinado-se a transformação afim geral no plano e a equação de colinearidade, pode-se obter a DLT (eq. 1), ver mais detalhes em LEE, (1996) e NOVAK, (1991).

$$x = \frac{L_1X + L_2Y + L_3Z + L_4}{L_9X + L_{10}Y + L_{11}Z + 1} \quad y = \frac{L_5X + L_6Y + L_7Z + L_8}{L_9X + L_{10}Y + L_{11}Z + 1} \quad (1)$$

(x y) = Coordenadas planas no referencial da imagem;

(X Y Z) = Coordenadas tridimensionais no referencial geodésico local;

(L<sub>1</sub> L<sub>2</sub>.....L<sub>11</sub>) = Parâmetros de transformação.

A utilização da transformação DLT, devido ao fato de não exigir os parâmetros de orientação interior e exterior do sensor, tem sido crescente nas aplicações de relacionamento do espaço objeto R3 para o plano da imagem R2, principalmente quando estes parâmetros não estão disponíveis, como é o caso das imagens IKONOS GEO, ver FRASER, (2000).

Na área de Sensoriamento Remoto a DLT é considerada como sendo um caso particular da transformação matemática denominada de Razão de Polinômios que é vastamente empregada na extração de informações 3D ou 2D a partir de imagens de satélite sem os parâmetros geométricos do sensor e órbita da satélite, ver maiores informações em BALTSAVIAS, (2001).

Para a utilização da DLT na monorestituição é necessário expressa-la na sua forma inversa (eqs 2, 3 e 4), onde as coordenadas planas no referencial geodésico (X Y) são expressas em função dos parâmetros (L1 L2.....L11), coordenadas planas no referencial da imagem (x y) e coordenada altimétrica (Z)

$$\begin{pmatrix} \hat{e}X \\ \hat{e}Y \end{pmatrix} = A^{-1} C \quad (2) \quad A = \begin{pmatrix} \hat{e}a_{11} & a_{12} \\ \hat{e}a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \hat{e}L_1 - xL_9 & L_2 - xL_{10} \\ \hat{e}L_5 - yL_9 & L_9 - yL_{10} \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$C = \begin{pmatrix} \hat{e}C_{11} \\ \hat{e}C_{12} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \hat{e} - Z(L_3 - xL_{11}) - L_4 + x \\ \hat{e} - Z(L_7 - yL_{11}) - L_8 + y \end{pmatrix} \quad (4)$$

#### 4. Modelo Digital do Terreno

A expressão matemática número 4 mostra necessidade do valor da coordenada altimétrica do ponto a ser transformado. Para a determinação desta coordenada, será empregado um procedimento de interpolação num sistema de modelamento matemático de superfície.

O modelamento matemático de superfícies não consiste somente na construção de um modelo digital poliédrico. O sistema deverá possuir algoritmos de interpolação de valores de “alturas”, em posições não correspondentes aos pontos amostrados.

Geralmente, é empregado nos processos de interpolações, um conjunto limitado de pontos que é conhecido como vizinhança local.

Neste trabalho, empregou-se o procedimento de interpolação, denominado de “Superfície Triangular Plana” que necessita de uma estruturação dos pontos de apoio em forma de triangulação ou grade regular, onde o ponto a ser interpolado encontra-se no interior de um triângulo, ver mais detalhes em MITISHITA, 2000.

Aproximando-se o interior de cada face triangular com um plano médio passante pelos três pontos do triângulo, e o ponto a ser interpolado, contido neste triângulo. A função de interpolação da coordenada altimétrica (Z) pode ser dada por:

$$Z(x, y) = ax + by + d \quad (05)$$

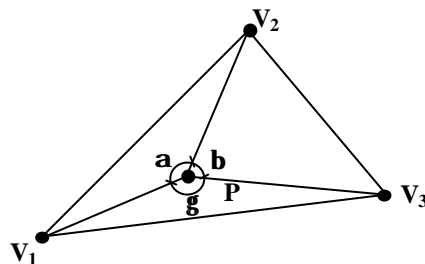
Uma das necessidades para implementação do procedimento de interpolação apresentada será desenvolvimento de um algoritmo matemático que possibilite a determinação do triângulo a ser utilizado na interpolação. Como não se tem uma distribuição espacial de triângulos, mas sim um conjunto de pontos com coordenadas espaciais (X,Y,Z), para definir o triângulo interpolador, será necessário encontrar os seus três pontos.

Neste trabalho, considerou que o ponto de apoio ( $V_1$  - vértice de triângulo) mais próximo do ponto a ser interpolado (P) sempre será um dos vértices do triângulo interpolador. Os outros dois vértices ( $V_2$  e  $V_3$ ) serão os mais próximos do ponto a ser interpolado, desde que satisfaçam as seguintes condições:

- Seja um triângulo de “delaunay”;
- O ponto a ser interpolado deverá estar no seu interior.

A verificação se o ponto encontra-se no interior do triângulo está baseada na formulação matemática apresentada na figura 1 e equação 7

Figura 1 – Mostra o triângulo interpolador e o ponto a ser interpolado



$$\alpha + \beta + \gamma = 360^\circ \quad (7)$$

Com as coordenadas planas (X,Y) dos vértices do triângulo e do ponto a ser interpolado, as distâncias euclidianas entre os vértices do triângulo e entre o ponto e vértices são facilmente determinadas. Com estas distâncias os ângulos ( $\alpha, \beta, \gamma$ ) são calculados. O ponto (P) a ser interpolado estará no interior do triângulo quando for atendida a condição da equação apresentada na equação (7).

O triângulo ( $V_1, V_2$  e  $V_3$ ) será de “delaunay” se não existir nenhum outro vértice no interior do círculo passante pelos três vértices ( $V_1, V_2$  e  $V_3$ ), ver mais detalhes em MITISHITA, 2000.

A técnica de interpolação apresentada, necessita neste trabalho, de uma grande de pontos definidores do relevo da região no referencial da imagem, pois o ponto a ser transformado para o referencial geodésico encontra-se no referencial da imagem. Desta forma, utilizando-se das equações DLT (1), as coordenadas geodésicas planas (X,Y) de pontos que descrevem o relevo da região são transformadas para o referencial da imagem (x,y). Assim a grade de pontos definidores do relevo da região será composta de pontos com coordenadas (x,y,Z), sendo as coordenadas planas no referencial da imagem e a altimétrica no referencial geodésico.

## 5.0 Área de Estudo

Utilizou-se para a avaliação da metodologia proposta um recorte de 3.000 x 3.000 “pixels” de uma imagem IKONOS GEO pancromática, com resolução de 1,0 metro, do município de Rio Negro no estado do Paraná. A tabela 01 mostra os dados de aquisição as imagens trabalhadas.

Região do recorte cobre uma parte da área urbana da cidade de Rio Negro. Apresenta conformação de relevo relativamente plana, com máxima variação de altitude o valor aproximado de 45,00 metros.

Distribuído por toda a imagem, existem vinte e nove (29) pontos de apoio obtidos de carta planialtimétrica digital na escala de 1/2000. Os pontos de apoio são detalhes pontuais identificados na imagem e na carta planialtimétrica digital na escala de 1/2000. As suas

coordenadas no referencial da carta foram admitidas, neste trabalho como corretas e isentas de erros. As imagens encontram-se no referencial geodésico WGS-84 e a carta no sistema geodésico Nacional (SAD-69).

Uma grade regular com 46000 pontos, com intervalo linear de 10,0 metros foi empregada para a representação do relevo da região a trabalhada. A grade foi obtida por um processo de interpolação, a partir de informações altimétricas obtidas de curvas de nível com intervalo vertical de 1,0 metro, proveniente do mapeamento planialtimétrico digital na escala de 1/2000.

Tabela 1 – Dados de aquisição da imagem IKONOS GEO

Data – hora	Azimute - Sensor	Elevação - Sensor	Azimute - Sol	Elevação - Sol
02-05-2000 - 13:23	296,69680 °	61,59505 °	36,5324 °	40,27637 °

## 6. Ajustamento da Transformação DLT

Do conjunto de vinte e nove pontos de apoio existentes na imagem, foram utilizados onze (11) pontos de apoio na determinação dos parâmetros com a técnica de ajustamento por mínimos quadrados. Os pontos de apoio foram distribuídos por toda a imagem, como pode ser visto na figura 3. Dezoito pontos de apoio foram utilizados como pontos de verificação. As suas coordenadas planimétricas foram calculadas a partir da transformação determinada (equações 2, 3 e 4) e comparadas com as obtidas da carta planialtimétrica. Nesta verificação não foi utilizado o MDT para a determinação da coordenada altimétrica. As coordenadas altimétricas dos pontos de verificação foram utilizadas na aplicação da equação 4. Os principais resultados obtidos no ajustamento e comparações realizadas são apresentados nas tabelas 2 e 3.

Tabela 2 – Resultados principais obtidos da análise de resíduos provenientes do ajustamento M.M.Q realizado para a determinação dos parâmetros da transformação DLT

ANÁLISE DE RESÍDUOS – Pontos de apoio			
Coordenadas	X(m)	Y(m)	Z(m)
Média abs. dos res.	0,341	0,459	0,203
Desvio Padrão	0,280	0,331	0,154
Máx. result. Planim.	1,245 m		
Mín. result. Planim.	0,283 m		

Tabela 3 - Resultados principais obtidos da análise das discrepâncias planimétricas nos pontos de verificação

DISCREPÂNCIAS PLANIMÉTRICAS – Pontos de Verificação		
Coordenadas	X(m)	Y(m)
Média abs. das discr.	1,011	0,687
Desvio Padrão	0,671	0,461
Máx. result. Planim.	2,423 m	
Mín. result. Planim.	0,443 m	
Média result. Planim.	1,368 m	
Desvio padrão	0,515 m	

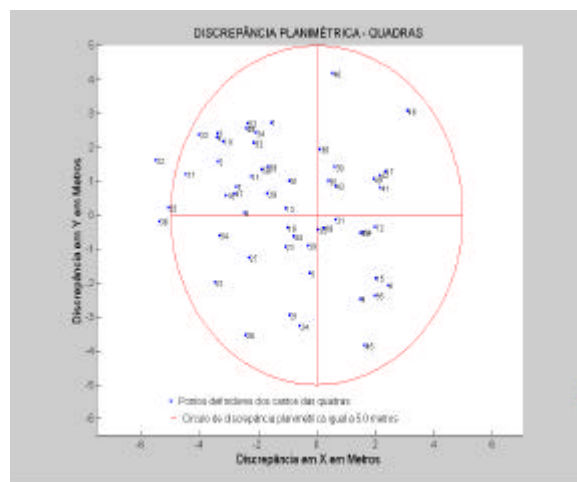
## 7. Monorestituição de Arruamentos

Utilizando-se a metodologia apresentada, foram restituídas quatorze quadras distribuídas por todas as regiões da imagem. Os pontos definidores das quadras foram posicionados em locais que definem o limite entre a rua e a calçada. A tabela 4 e figura 02 mostram os resultados obtidos da comparação entre coordenadas dos pontos determinados pela monorestituição e as retiradas do mapeamento fotogramétrico digital na escala de 1/2000.

Tabela 4 - Resultados principais obtidos da análise das discrepâncias planimétricas nos pontos que definem os cantos das quadras

DISCREPÂNCIA PLANIMÉTRICA – QUADRAS		
Coordenadas	X(m)	Y(m)
Média abs. das discrep.	2,058	1,510
Desvio Padrão	1,320	1,029
Máxima result. Planim.	5,746 m	
Mínima result. Planim.	0,424 m	
Média result. Planim.	2,757 m	
Desvio padrão	1,301 m	

Figura 02 – Verificação gráfica das discrepâncias planimétricas obtidas nos pontos que definem os cantos das quadras monorestituídas



A resolução espacial de 1,0 metro, existente na imagem não permitiu a identificação exata do limite existente entre a rua e calçada nas quadras monorestituídas. Esta condição provocou uma imprecisão na monorestituição desta entidade, no posicionamento dos pontos que permitem a definição vetorial dos limites das quadras. A resultante planimétrica média obtida na monorestituição desta entidade cartográfica está duas vezes maior que o valor obtido na aplicação do modelo de transformação em pontos isolados (detalhes perfeitamente identificados). A figura 4 verifica-se que as discrepâncias estão bem distribuídas nos quatro quadrantes, sem tendências acentuadas e apresentam uma distribuição normal nos seus valores.

A exatidão de um mapeamento planimétrico pode ser verificada pelas condições apresentadas no Decreto 89.817 de 20 de junho de 1984, que trata do Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) para mapeamentos no território nacional. Neste decreto, as cartas são classificadas em A, B e C, de acordo com o PEC em milímetros na escala da carta, respectivamente de 0,5, 0,8 e 1,0. O Decreto também estabelece no seu artigo 8º que 90% dos pontos bem definidos numa carta, quando comparados com o terreno não deverão apresentar erro superior ao Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC). As figuras 06 e 07 apresentam os resultados obtidos na avaliação do PEC de acordo com o Decreto 89.817.

O círculo na figura 4 define o limite da discrepância planimétrica de 5,0 metros. Os pontos que definem as quatorze quadras monorestituídas somam um total de cinquenta e seis. Deste total verifica-se na figura 4 que somente três pontos (5,36%) estão acima do limite de 5,0 metros. Considerando-se o mapeamento aerofotogramétrico digital na escala de 1/2000 como sendo exato, o PEC – Padrão de exatidão cartográfica e a exatidão obtida na monorestituição realizada de arruamentos, pode-se concluir que a metodologia proposta, permite obter carta planimétricas na escala de 1/10.000 no padrão A.

## 8. Monorestituição de Principais Edificações

Dezoito edificações bem distribuídas por todas as regiões da imagem foram monorestituídas. Foram representadas por um polígono contendo quatro pontos, que definem os seus cantos. As coordenadas de setenta e dois pontos, provenientes da monorestituição desta entidade foram comparadas com as obtidas do mapeamento fotogramétrico digital na escala de 1/2000.

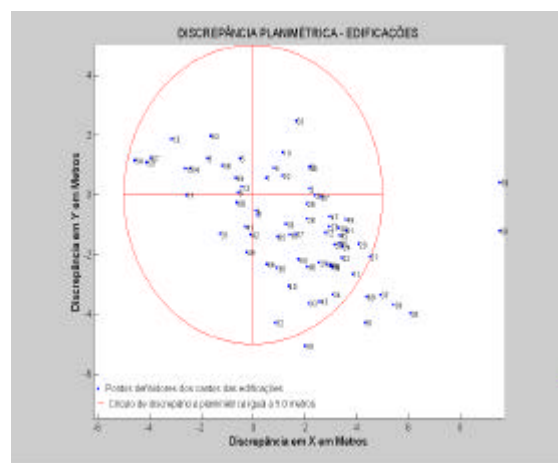
Os resultados apresentados na tabela 5 mostram que as discrepâncias planimétricas obtidas na monorestituição de edificações estão acima dos valores obtidos na monorestituição de arruamentos. Neste caso, as discrepâncias existentes não são devidas a imprecisão de identificação dos cantos da edificação, pois geralmente são bem visíveis na imagem. A causa principal das diferenças encontradas entre as coordenadas, está ligada com a deficiência no MDT. Para a correta retificação da edificação é necessário o conhecimento da altura da edificação. O modelamento matemático da superfície, realizado a partir de informações existentes na representação do relevo com curvas de nível, não permite determinar as alturas das edificações. A figura 3 confirma a existência de um erro sistemático no conjunto, pois a distribuição das discrepâncias não se dá em todos os quadrantes, concentrando-se no quadrante SE.

A imprecisão da monorestituição, no caso de não ser tratada a altura da edificação, está diretamente ligada com a elevação do sensor. Imagens tomadas com ângulo de elevação próximo de 90° apresenta menores deslocamentos das posições das entidades que possuem alturas em relação à superfície do terreno. A imagem trabalhada, nesta pesquisa possui a elevação do sensor o valor de 61,59°, justificando os valores das discrepâncias planimétricas encontradas.

Tabela 5 - Resultados principais obtidos da análise das discrepâncias planimétricas nos pontos que definem os cantos das edificações

DISCREPÂNCIA PLANIMÉTRICA - EDIFICAÇÕES		
Coordenadas	X(m)	Y(m)
Média abs. das discrep.	2,514	1,637
Desvio Padrão	1,834	1,150
Máxima result. Planim.	9,615 m	
Mínima result. Planim.	0,511 m	
Média result. Planim.	3,196 m	
Desvio padrão	1,859 m	

Figura 03 – Verificação gráfica das discrepâncias planimétricas obtidas nos pontos que definem os cantos das quadras monorestituídas



## 9. Conclusões

Neste trabalho foram apresentados os resultados e metodologia implementada para a realização da monorestituição de imagens de satélite IKONOS GEO no sistema Monorestituído Digital. Os resultados experimentais são animadores e mostram viabilidade do processo implementado. Foram verificadas as seguintes considerações:

- Os resultados obtidos na modelagem matemática dos parâmetros orbitais com a função de transformação DLT foram satisfatórios, permitindo aproximar a aplicação rigorosa com as equações de colinearidade, onde são conhecidos os parâmetros geométricos da órbita e do satélite;
- A discrepância linear média obtida na verificação da exatidão do modelo de transformação DLT em pontos de apoio, perfeitamente visíveis e identificáveis na imagem, aproximou a exatidão desejável de um “pixel”;
- A monorestituição de entidades planimétricas identificáveis na imagem, apresentou exatidão planimétrica duas vezes superior à exatidão obtida com pontos de verificação, perfeitamente visíveis na imagem. Esta imprecisão está ligada com resolução espacial da imagem de 1,0 metro que não permitiu a localização exata da entidade a ser mapeada;
- A monorestituição de edificações não apresentou exatidão planimétrica aceitável, pois o MDT adotado não considerou a altura de objetos existentes na superfície;
- A elevação do sensor é um parâmetro diretamente ligado com exatidão da monorestituição de edificações, no caso de não ser parametrizado as alturas da mesma;
- Considerando do Decreto lei 89.817 e a exatidão planimétrica obtida na monorestituição de arruamentos, permitiu classificar o mapeamento planimétrico realizado, na classe A para a escala de 1/10.000;

## Referências

- ABDEL-AZIZ, Y.I.; KARARA, H. M. Direct Linear Transform From Comparator Coordinates Into Object Space Coordinates in Close-Range **Photogrammetry, Proceedings of the AUI/UI Symposium on Close-Range Photogrammetry**, Urbana, 1-18, 1971.
- BALTSAVIAS, E. PATERAKI, M. ZHANG, L. Radiometric and Geometric Evaluation of Ikonos Geo Images and Their Use For 3D Gilding Modelling. **ISPRS joint Workshop “High Resolution Mapping From Space 2001”**, Hanover, Germany, 19-21 September 2001.
- FRASER, C. S.; HANLEY H. B.; YAMAKAWA, T. Sub-Metre Geopositioning With Ikonos Geo Imagery. **ISPRS joint Workshop “High Resolution Mapping From Space 2001”**, Hanover, Germany, 19-21 September 2001.
- FRITSCH, D.; STALLMANN, D. Rigorous Photogrammetric Processing of High Resolution Satellite Imagery. **International Archives of Photogrammetry & Remote Sensing**, Vol. XXXIII, Part B7. Amsterdam, 2000. CD-ROM.
- FRASER, C. S. High-Resolution Satellite Imagery: A Review of Metric Aspects. **International Archives of Photogrammetry & Remote Sensing**, Vol. XXXIII, Part B7. Amsterdam, 2000. CD-ROM.
- LEE, C. K. **Dynamic Monitoring With Video Systems**. Department of Geodesy and Geomatics Engineering, University of New Brunswick, P.O. Box 4400, Fredericton, B.B. Canada, 1996.
- LI, R.; ZHOU G.; YANG, S.; TUELL, G.; SCHMIDT, N.J.; FOWLER, C. A Study of the Potential Attainable Geometric Accuracy of Ikonos Satellite Imagery. **International Archives of Photogrammetry & Remote Sensing**, Vol. XXXIII, Part B7. Amsterdam, 2000. CD-ROM.
- MITISHITA, Edson Aparecido. **Monorestituição Digital de Aerofotos, Associada com Sistema de Computação Gráfica C.A.D., para fins de Mapeamento na Área Florestal**. Curitiba, 1997. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná.
- MITISHITA, E. A.; MACHADO, A. M. L. Sistema monorestituído digital. **XIX Congresso Brasileiro De Cartografia, Recife: 1999**. Anais do Congresso, CD-Rom, Fotogrametria, Recife, 1999.
- MITISHITA, EDSON A.; TREVIZAN, Sérgio. Técnicas De Interpolação Altimétrica Baseadas Numa Estrutura De Dados Triangular (Triangulação). **II Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas – 30 anos de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas no Brasil**. Anais do Colóquio, CD-Rom, Curitiba, 2001.
- MITISHITA, EDSON A.; SARAIVA, C. Claudia. Modelos Matemáticos para Fins de Monorestituição de Imagens de Alta Resolução Ikonos 2 - GEO. **Simpósio Brasileiro de Geomática – Anais do Simpósio**, CD-Rom, UESP – Presidente Prudente, 9 –13 de julho de 2002.
- NOVAC, K. **Analytical Photogrammetry**. Department of Geodetic Science and Surveying. Ohio State University. Columbus, OH. 1991.