

Integração Geométrica de Imagens Multitemporais Objetivando a Atualização Cartográfica

Prof. Ass. Amilton Amorim ¹

Prof. Dr. Irineu da Silva ²

Prof. Dr. Antonio Maria Garcia Tommaselli ¹

¹ Universidade Estadual Paulista - Unesp. Departamento de Cartografia
FCT - Presidente Prudente SP
✉ amorim@stetnet.com.br

² Universidade de São Paulo - USP. Departamento de Transportes
EESC - São Carlos - SP.
✉ LeicaBR@ibm.net

Conteúdo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Introdução 2. Revisão bibliográfica <ol style="list-style-type: none"> 2.1 Aquisição de imagens digitais 2.2 Câmaras Digitais 3. Metodologia <ol style="list-style-type: none"> 3.1 Formação analítica de um modelo estereoscópico <ol style="list-style-type: none"> 3.1.1 Equação de Colinearidade 3.2 Desenvolvimento 4. Resultados Obtidos <ol style="list-style-type: none"> 4.1 Apoio utilizado para os experimentos. 4.2 Formação dos modelos estereoscópicos 5. Conclusões e Recomendações 6. Agradecimentos 7. Referências Bibliográficas
-----------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Resumo: Este trabalho faz parte de um projeto de pesquisa mais amplo a nível de doutoramento, sendo também parte integrante de um conjunto de trabalhos do Grupo de Pesquisas em Fotogrametria da Universidade Estadual Paulista - UNESP, de Presidente Prudente, o qual possui várias agências financiadoras tais como CAPES, FAPESP e FUNDUNESP. Neste trabalho apresenta-se um estudo de viabilidade sobre uma metodologia rápida e econômica de atualização cartográfica, onde a premissa básica é a utilização de um estereopar híbrido, composto por uma fotografia aérea 23 x 23 cm (que foi utilizada no mapeamento), digitalizada matricialmente, e por uma imagem aérea digital recente. Foram feitos experimentos com pontos de apoio obtidos via GPS visando o melhoramento da precisão na orientação do estereopar híbrido, apresentando-se uma análise dos resultados obtidos até o momento.

Palavras chave:

Abstract: This work is part of a wider research project at doutoramento level, being also integral part of a group of works of the Group of Researches in Fotogrametria of the State University From São Paulo-UNESP, of Presidente Prudente, which possesses several agencies such financiadoras as you CASTRATE, FAPESP and FUNDUNESP. In this work comes a viability study on a fast and economic methodology of cartographic modernization, where the basic premise is the use of a hybrid estereopar, composed by an aerial picture 23 x 23 cm (that was used in the mapeamento), digitalizada matricialmente, and for a recent digital aerial image. They were made experiments with support points obtained through GPS seeking the improvement of the precision in the orientation of the hybrid estereopar, coming an analysis of the results obtained to the moment.

Keywords:

1. Introdução

A atualização cartográfica tem sido objeto de estudo de vários pesquisadores nos últimos anos, objetivando geralmente, implementar metodologias que possibilitem essa atividade com mais rapidez, precisão e que sejam economicamente viáveis, procurando se beneficiar ao máximo do acentuado desenvolvimento tecnológico.

Pode-se notar que cidades de médio porte, ainda através de muitos recursos financeiros, têm contratado serviços de aerolevanteamento, com o objetivo específico de auxiliar na atividade de planejamento municipal.

Num país onde a produção cartográfica em escalas grandes, para utilização em planejamento municipal, é ainda muito pequena, a abordagem deste assunto parece utópica. Mas quando se fala em aerolevanteamento com o objetivo principal de apoiar administrações públicas, os interesses são múltiplos e coerentes.

Segundo AMORIM (1993), os municípios brasileiros vêm passando por uma fase de adaptação quanto ao sistema administrativo, ou seja, várias concepções mudaram com a municipalização de diversas atividades. A tão esperada organização administrativa dos municípios, torna-se um objetivo cada vez mais perto de ser alcançado, mas para isto existe a necessidade de se conhecer a realidade física da área em questão. Este problema é parcialmente resolvido com a cartografia atualizada da referida área.

Contratar um serviço de aerolevamento envolve recursos financeiros, nem sempre disponíveis nos cofres públicos. Além disto, um mapeamento se desatualiza no decorrer do tempo, pela própria atividade humana, que é muito dinâmica. (MILLS & NEWTON, 1996).

As empresas de aerolevamento, normalmente, não são contratadas para a execução de atualizações cartográficas, utilizando-se do mapeamento anterior (desatualizado) e novas fontes de informação, por exemplo, fotografias aéreas recentes, imagens de satélite e levantamentos topográficos. Na realidade, por falta de metodologias adequadas, implementadas nas empresas, executa-se um novo aerolevamento, fato este que pode inviabilizar esta atividade pelo alto custo.

Procura-se neste trabalho, pesquisar métodos rápidos e econômicos de atualização cartográfica. O avanço da tecnologia, nas áreas de informática e eletrônica, tem colaborado em muito com o desenvolvimento de Sistemas Fotogramétricos Digitais e este fato traz à comunidade científica mundial, novas e tentadoras expectativas para a exploração de recursos de automação em Fotogrametria (MILLER et al, 1996; GRUEN, 1996; YOICHI, 1996).

2. Revisão bibliográfica

2.1 Aquisição de imagens digitais

A concepção de baixo custo pode parecer, muitas vezes, contraditória quando se analisam os custos dos equipamentos envolvidos nos ditos procedimentos de baixo custo, para atualização de mapeamento. No entanto, deve-se analisar a sistemática como um todo, isto é, o procedimento de baixo custo envolve não só equipamentos, que podem apresentar altos custos, mas também recursos humanos, e neste caso o tempo é diretamente proporcional ao custo.

O que se procura, em muitas pesquisas, é reduzir o custo mantendo a precisão. Neste sentido existem vários estudos que tratam de equipamentos e/ou tratamentos matemáticos. (MILLS & NEWTON, 1996; MILLER et al, 1996; AL-GARNI, 1996; AGOURIS & STEFANIDIS, 1996; ANDERS & FRITSCH, 1996; MASAHARU et al, 1996)

Sendo assim, uma das metas deste trabalho é estudar a viabilidade de implementação de uma metodologia de atualização cartográfica obtendo significativa melhora de produtividade com o aproveitamento de informações existentes, proporcionando a redução de custo e mantendo o nível de confiabilidade.

De acordo com MILLS & NEWTON (1996), a continuidade do desenvolvimento da tecnologia CCD (Charge - Coupled Device) e dos sistemas de digitalização matricial, para aquisição direta de imagens digitais e conversão de imagens analógicas para digitais, vem colaborando com o aumento de precisão e redução de custo desses equipamentos.

2.2 Câmaras Digitais

Segundo MILLS & NEWTON (1996), a evolução da Fotogrametria, da metodologia analítica para a digital, tem sido acentuada nos últimos anos. Isto, tem gerado a necessidade do desenvolvimento de scanners de alta resolução adequados para a produção de imagens estáveis com a qualidade requerida pela precisão de trabalhos fotogramétricos, além de adquirir dados fotográficos em forma de arquivos compactos. Simultaneamente têm sido desenvolvidos equipamentos para a captura direta de dados digitais, dando início à troca das fotografias convencionais (em papel), para imagens totalmente digitais, usando câmaras CCD.

A aquisição direta de imagens digitais apresenta algumas vantagens sobre as fotografias convencionais, principalmente pelo fato de não necessitar da conversão analógico-digital, isto é, não se introduz as distorções provocadas pelo scanner.

Embora a tecnologia da câmara CCD não seja totalmente nova, desenvolvimentos mais recentes têm apresentado sensores com resolução de 1 mega pixel (1.000.000 de pixels), comparáveis com as resoluções de filmes 35 mm. Uma câmara digital deste tipo é a KODAK DC210 mostrada na figura 94f1, que foi utilizada neste trabalho.



Fig. 1: Câmara Digital KODAK DC210.

Um recente modelo lançado é a "MEGA PLUS", apresentando além de alta resolução (16 milhões de pixels) uma área útil (tamanho do chip) de 40 x 40 mm, além de lentes Rolleiflex, características estas importantes para as aplicações fotogramétricas.

Um problema que pode influenciar no êxito das aplicações fotogramétricas das câmaras reside no fato de que estas imagens, capturadas com altas resoluções, produzem arquivos grandes e com uma velocidade de gravação ainda deixando a desejar, quando se trata de obtenção de imagens aéreas, pois o intervalo entre duas exposições é muito pequeno (alguns segundos), principalmente em vôos baixos para a obtenção de imagens em escalas grandes. Além disso, o tamanho da área imageada em cada tomada é muito pequeno, quando comparado até mesmo com uma câmara fotográfica com filme 35 mm, embora a resolução seja equivalente.

A taxa de aquisição de imagens normalmente não é muito alta, isto é, depois de uma exposição o chip CCD deverá transferir os dados coletados rapidamente para um HD ou um cartão memória. Tendo como exemplo a câmara DCS200, utilizada por MILLS & NEWTON (1996), a operação de transferência da imagem é completada em 4 segundos para uma imagem de 1,54 MB. Este tempo, calculado para uma imagem de 24 bits com compressão, pode dificultar uma cobertura fotogramétrica, pois uma câmara acoplada à uma aeronave desloca-se por uma distância de 55,55 m em apenas 1 segundo (200 km/h).

Atualmente existem no mercado, vários tipos de câmaras digitais, e o custo varia, proporcionalmente, à resolução espacial, a capacidade de armazenamento e velocidade de gravação dos dados.

3. Metodologia

3.1 Formação analítica de um modelo estereoscópico

Atualmente, com o avanço tecnológico, a Fotogrametria digital vem sendo apresentada como um instrumento importante de mapeamento, reduzindo o tempo despendido nesses trabalhos e melhorando a precisão.

Os procedimentos de orientação, utilizados na Fotogrametria digital, são executados através de cálculos computacionais, tanto na orientação interior quanto na orientação exterior. Um modelo matemático comumente utilizado, para a formação analítica de um modelo estereoscópico, é o da equação de colinearidade.

3.1.1 Equação de Colinearidade

Sabe-se que a geometria de um par de fotografias aéreas com superposição adequada permite a formação de um modelo estereoscópico, por interseção dos raios homólogos.

O espaço objeto e espaço imagem estão relacionados através da equação de colinearidade:

$$x = c * \frac{m_{11}(X - X_0) + m_{12}(Y - Y_0) + m_{13}(Z - Z_0)}{m_{31}(X - X_0) + m_{32}(Y - Y_0) + m_{33}(Z - Z_0)}$$

$$y = c * \frac{m_{21}(X - X_0) + m_{22}(Y - Y_0) + m_{23}(Z - Z_0)}{m_{31}(X - X_0) + m_{32}(Y - Y_0) + m_{33}(Z - Z_0)}$$

onde:

x e y são as fotocoordenadas (coordenadas refinadas de P no espaço imagem e no sistema fotogramétrico);

c é a constante da câmara (distância focal);

m_{ij} são os elementos da matriz de rotação, em função da atitude da câmara (κ, ϕ, ω):

$$m = \begin{bmatrix} \cos \phi * \cos \kappa & \cos \omega * \sin \kappa + \sin \omega * \sin \phi * \cos \kappa & \sin \omega * \sin \kappa - \cos \omega * \sin \phi * \cos \kappa \\ -\cos \phi * \sin \kappa & \cos \omega * \cos \kappa - \sin \omega * \sin \phi * \sin \kappa & \sin \omega * \cos \kappa + \cos \omega * \sin \phi * \sin \kappa \\ \sin \phi & -\sin \omega * \cos \phi & \cos \omega * \cos \phi \end{bmatrix}$$

X_0, Y_0, Z_0 são as coordenadas do centro perspectivo da câmara;

X, Y, Z são as coordenadas do ponto P no espaço objeto e no sistema de referência estabelecido.

Para a formação de um modelo estereoscópico utiliza-se duas fotografias, e portanto, envolve-se neste processo dois sistemas fotogramétricos com dois conjuntos de parâmetros de orientação, sendo que os pontos de referência, no espaço objeto, são comuns às duas fotos, como mostra a figura 2.

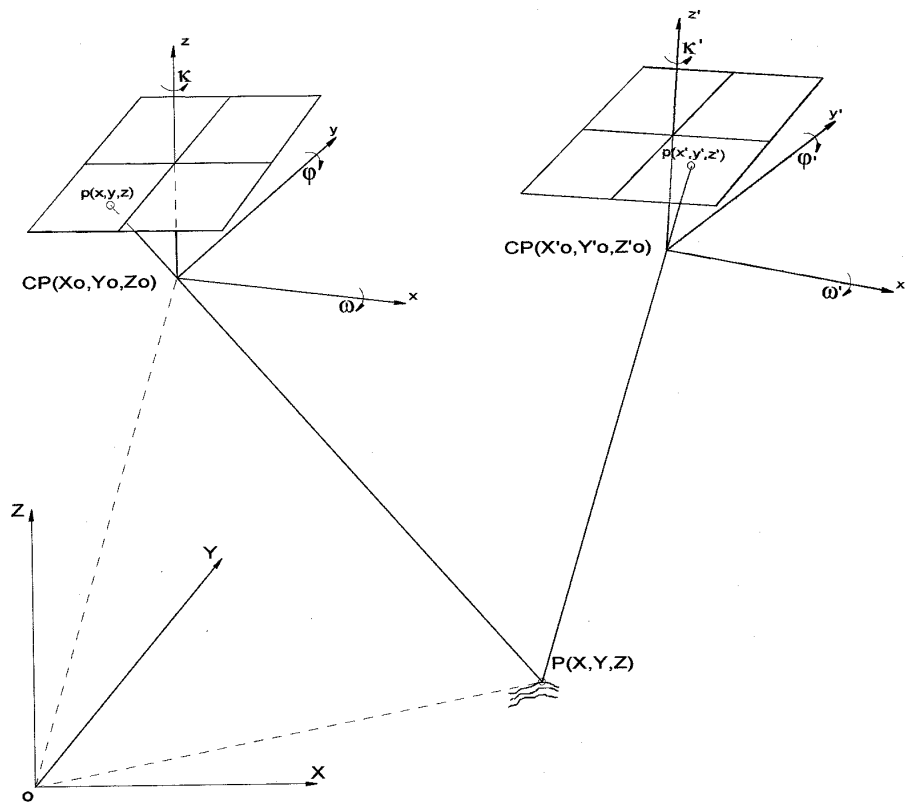


Fig. 2. Formação do modelo estereoscópico a partir da equação de colinearidade.

Segundo LUGNANI (1987), uma solução que fere um pouco o rigor matemático do tratamento, mas simplifica este procedimento, é adotar como fixas (isentas de erros) as coordenadas dos pontos no espaço objeto. O modelo matemático da equação de colinearidade é do tipo explícito, ou seja, as quantidades observadas são funções explícitas das quantidades a serem determinadas (incógnitas), ou seja:

$$L_a = F(X_a)$$

Este modelo, linearizado produz:

$$A * X - L = V$$

onde:

$$L = L_o - L_b$$

L_b = vetor das observações $(x_1, y_1, \dots, x_n, y_n)$

$$L_o = F(X_o)$$

X_o = vetor dos parâmetros aproximados $(\kappa'_o, \phi'_o, \omega'_o, X'_o, Y'_o, Z'_o, \kappa''_o, \phi''_o, \omega''_o, X''_o, Y''_o, Z''_o, X_o, Y_o, Z_o, \dots, X^n_o, Y^n_o, Z^n_o)P$

$\kappa_o, \phi_o, \omega_o$ são os movimentos da câmara

3.2 Desenvolvimento

A premissa básica deste trabalho, é a utilização de um estereopar híbrido composto por uma fotografia aérea 23 x 23 cm (que foi utilizada no mapeamento), digitalizada matricialmente, e por uma imagem aérea digital recente, como mostra a figura 3.

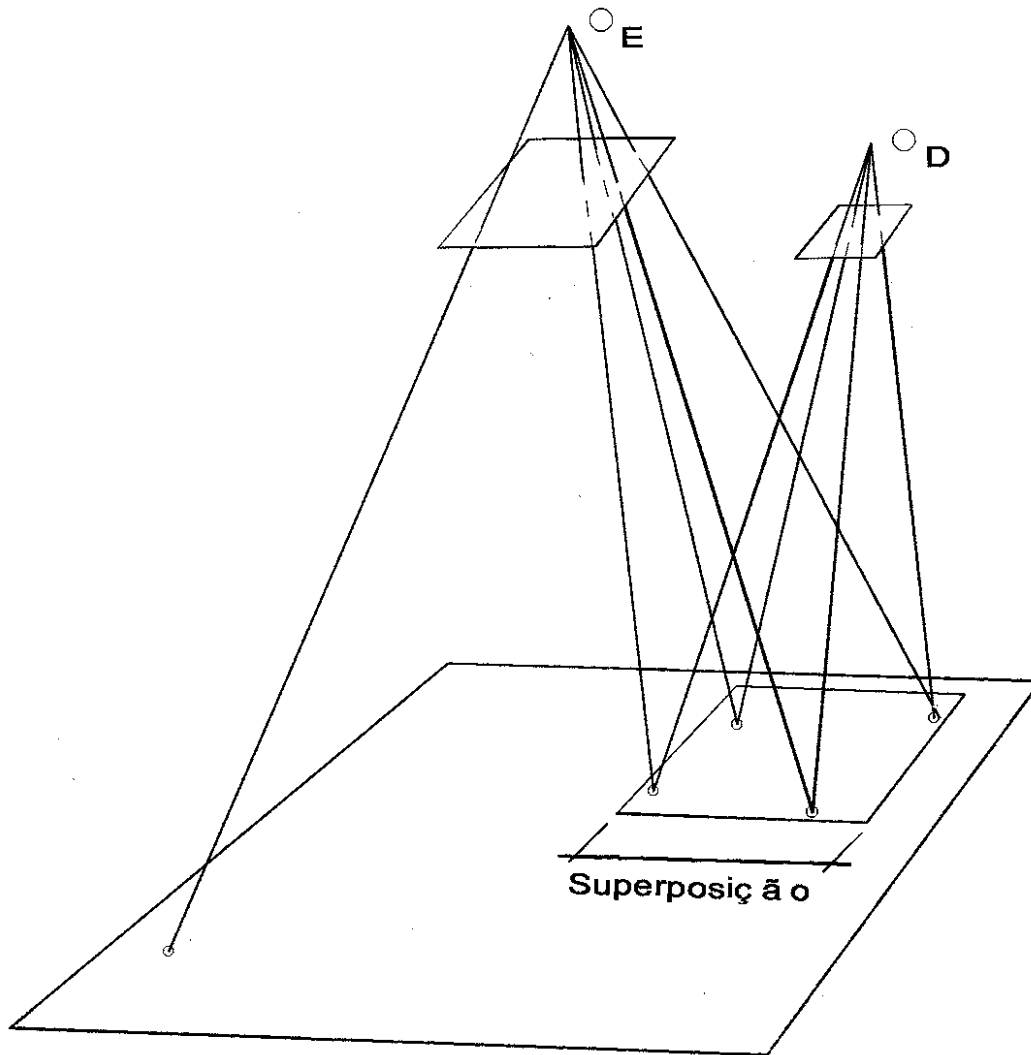


Fig. 3: Formação de um modelo estereoscópico híbrido.

Nota-se que a fotografia da direita, mostrada na figura 94f3, tem a geometria diferente da fotografia da esquerda, pois uma (esquerda) foi tomada com uma câmara fotogramétrica convencional e outra (direita) com uma câmara fotográfica digital.

Esta estratégia de combinação de fontes diferentes de dados, para a formação de modelos estereoscópicos, não tem sido mencionada na literatura e constitui-se no principal objeto de estudo deste trabalho, pois muito deverá contribuir para o desenvolvimento de uma nova metodologia de atualização cartográfica.

Procura-se neste trabalho, adotar os parâmetros de orientação, utilizados na formação do modelo estereoscópico convencional, como injeção para a formação do novo modelo (híbrido).

Para isso, foi necessária a utilização de um algoritmo de orientação relativa dependente, considerando as variações da distância focal entre as fotos.

Tomando-se um ponto comum nas duas fotos, e utilizando-se o modelo matemático da equação de colinearidade, pode-se escrever duas equações (x,y) para este ponto, na foto da esquerda (convencional), como segue:

$$x_E = c * \frac{m_{11}(X - X_0) + m_{12}(Y - Y_0) + m_{13}(Z - Z_0)}{m_{31}(X - X_0) + m_{32}(Y - Y_0) + m_{33}(Z - Z_0)}$$
$$y_E = c * \frac{m_{21}(X - X_0) + m_{22}(Y - Y_0) + m_{23}(Z - Z_0)}{m_{31}(X - X_0) + m_{32}(Y - Y_0) + m_{33}(Z - Z_0)}$$

onde:

x_E e y_E são as fotocoordenadas (coordenadas de P no espaço imagem e no sistema fotogramétrico, na foto da esquerda);

c é a constante da câmara fotogramétrica convencional (distância focal)

m_{ij} são os elementos da matriz de rotação, em função da atitude da câmara (ω, ϕ, κ):

Ξ_0, Ψ_0, Z_0 são as coordenadas do centro perspectivo da câmara convencional;

Ξ, Ψ, Z são as coordenadas do ponto P no espaço objeto no sistema referencial estável;

Nota-se que, como a foto é estereométrica, os pontos orientados são os pontos do modelo estereométrico (isto é, como duas fotos estereométricas, os elementos da matriz de rotação são os pontos do modelo estereométrico, portanto, os pontos do modelo estereométrico são os pontos do modelo estereométrico).

$$x_D = c \cdot \frac{m_{11}(X - X'_0) + m_{12}(Y - Y'_0) + m_{13}(Z - Z'_0)}{m_{31}(X - X'_0) + m_{32}(Y - Y'_0) + m_{33}(Z - Z'_0)}$$

$$y_D = c \cdot \frac{m_{21}(X - X'_0) + m_{22}(Y - Y'_0) + m_{23}(Z - Z'_0)}{m_{31}(X - X'_0) + m_{32}(Y - Y'_0) + m_{33}(Z - Z'_0)}$$

onde:

$\xi_{\Delta}, \psi_{\Delta}, z_{\Delta}$ são as coordenadas do ponto P no espaço imagem no sistema fotogramétrico (isto é, na foto digital);

χ é a constante da câmara digital (distância focal digital).

μ_{ij} são os elementos da matriz de rotação, em função da atitude da câmara (ω, ϕ, κ):

Ξ_0, Ψ_0, Z_0 são as coordenadas do centro perspectivo da câmara digital;

Ξ, Ψ, Z são as coordenadas do ponto P no espaço objeto no sistema referencial estável;

Segundo LYGNANI (1987), ao se optar por orientar relativamente um estereopar com pontos de apoio, tem-se o mesmo que se optar por orientar relativamente um estereopar com pontos de apoio. É importante lembrar que, ao se optar por orientar relativamente um estereopar com pontos de apoio, tem-se o mesmo que se optar por orientar relativamente um estereopar com pontos de apoio.

4 Resultados Obtidos

4.1 Apoio utilizado para os experimentos.

Os pontos de apoio foram planejados em feições bem definidas e geometricamente bem distribuídos nos modelos estereoscópicos a serem orientados, e podem ser vistos na figura 4.



Fig. 4: Fotografia aérea digital com pontos de apoio
- para escala 1:1 clicar na imagem -

As coordenadas dos pontos de apoio foram determinadas executando-se um levantamento com GPS, trimble 4600, de propriedade da Fundação de Ciência, Tecnologia e Ensino - FUNDACTE, da Unesp de Presidente Prudente.

Tabela 1 - Coordenadas dos pontos de apoio (SAD-69)

Pontos	E (m)	N (m)	H (m)
7	457957.083	7553615.724	440.272
8	457976.194	7553655.491	438.627
9	457649.619	7553952.258	423.956
11	457964.118	7554123.618	414.381
12	458291.881	7553935.930	406.678
13	458046.059	7553987.596	424.035
14	458051.780	7553959.571	424.029

4.2 Formação dos modelos estereoscópicos

4.2.1 Orientação do modelo estereoscópico convencional

Para a orientação deste modelo, foi utilizado o programa CCECSC de autoria do Professor Assistente Maurício Galo, do Departamento de Cartografia da FCT-UNESP de Presidente Prudente. Este modelo foi formado com as fotografias aéreas convencionais, em escala 1:25000, digitalizadas matricialmente via scanner, diretamente a partir do diapositivo, com 1200 dpi.

O objetivo da formação deste modelo foi obter os parâmetros de orientação exterior da foto da esquerda, para utilizá-los como injeção na orientação do modelo estereoscópico híbrido, principal objeto de estudo deste trabalho.

4.2.2 Orientação do modelo híbrido

Com os parâmetros de orientação exterior da foto da esquerda conhecidos, e de posse da fotografia aérea digital em escala 1:25000, da área de interesse, próxima ao campus da Unesp, foi orientado o modelo híbrido, utilizando o também o programa CCECSC, pois o mesmo é foto-variante, ou seja, permite orientar modelos estereoscópicos utilizando fotografias tomadas com diferentes distâncias focais, que é o caso em estudo, pois a distância focal da câmara convencional utilizada foi de 153,52mm enquanto a distância focal nominal da câmara digital foi de 58mm.

Tabela 2 - Diferenças entre as coordenadas dos pontos levantados em campo e seus correspondentes calculados após a orientação do modelo híbrido

Pontos	dE (m)	dN (m)	dh (m)
7	0.000	0.000	0.000
8	0.000	0.000	-0.005
9	-0.001	0.000	0.007
11	0.000	0.000	-0.004
12	0.000	-0.001	-0.005
13	-1.051	0.457	-10.192
14	0.550	-2.704	14.003

OBS.: Os pontos de 7 à 12 foram usados como apoio e os pontos 13 e 14 são de checagem.

4.2.3 Orientação do modelo estereoscópico com duas fotos aéreas digitais

Foi feito um recobrimento com 70 % de superposição longitudinal na área de interesse com as fotografias digitais, em escala 1:25000, para possibilitar a formação de um modelo utilizando duas fotos com a mesma câmara, ou seja, a mesma geometria.

O objetivo deste teste foi comparar os resultados desta orientação com os resultados do modelo híbrido, principalmente com vistas aos pontos de checagem.

Tabela 3 - Diferenças entre as coordenadas dos pontos levantados em campo e seus correspondentes calculados após a orientação do modelo digital

Pontos	dE (m)	dN (m)	dh (m)
7	0.000	0.000	0.008
8	0.000	0.000	-0.008
9	0.000	0.000	0.000
11	0.000	0.000	0.002
12	0.000	0.000	-0.001
13	-0.443	0.062	1.043

14	-0.292	0.669	-0.850
----	--------	-------	--------

OBS.: Os pontos de 7 à 12 foram usados como apoio e os pontos 13 e 14 são de checagem.

5. Conclusões e Recomendações

Pode-se notar que as diferenças nos pontos utilizados como apoio foi, nos dois modelos, muito pequena, mas o que expressa significativamente o resultado são as diferenças nos pontos de checagem. As diferenças em planimetria dos pontos de checagem não comprometeram tanto o resultado, por terem sido utilizadas fotografias aéreas em escalas 1:25000. Já as diferenças em altimetria, nota-se que no modelo digital, as mesmas ficaram na ordem de 1,00 metro, mas no modelo híbrido estão acima de 10 metros.

Várias fontes de erro podem ter afetado os resultados, entre elas pode-se citar principalmente as diferenças de geometria entre as câmaras convencional e digital, erros de pontaria, pois as fotos são de épocas diferentes e a pouca diferença de nível detectada entre os pontos de apoio, sendo que a mesma ficou em aproximadamente 2,4 % da altura de voo.

Uma forma de melhorar estes resultados é a prévia calibração da câmara digital; Uma vez que a câmara convencional possui o certificado de calibração, pode-se entrar com as distâncias focais calibradas como injunção na orientação relativa dependente a ser executada no modelo híbrido.

Recomenda-se ainda, para este tipo de trabalho, um maior número de pontos de apoio e de checagem, para possibilitar análises mais consistentes dos resultados através de testes estatísticos.

6. Agradecimentos

À FUNDUNESP pelo apoio financeiro para a aquisição da Câmara Digital e das fotografias aéreas convencionais digitalizadas de Presidente Prudente;

À FUNDACTE, pela concessão de uso do GPS e pelo apoio financeiro para as horas de voo;

Ao Prof. Ass. Maurício Galo, pela disponibilização do programa CCESC;

Ao Prof. Dr. Júlio K. Hasegawa, pelas colaborações técnicas;

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos;

À FAPESP, pelo apoio financeiro para a aquisição de software e hardware.

7. Referências Bibliográficas

AGOURIS, P. & STEFANIDIS, A. "Integration of photogrammetric and geographic databases". International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. ISPRS. Commission - IV. Viena, Áustria. 1996. p.24-29.

AL-GARNI, A. "Urban photogrammetric data base for multi-purpose cadastral based information system: the Riyadh city case". ISPRS Journal Photogrammetry & Remote Sensing. Vol. 51, February, 1996. p- 28-38.

AMORIM, A. "Utilização de câmaras de pequeno formato no cadastro técnico urbano". Universidade Federal de Santa Catarina UFSC. 1993. 105p. (Dissertação de Mestrado).

ANDERS, K. H. & FRITSCH, D. "Automatic Interpretation of digital maps for data revision". International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. ISPRS. Commission - IV. Viena, Áustria. 1996. p.90-94.

GALO, M. "Calibração e aplicação de câmaras digitais". Universidade Federal do Paraná - UFPR. 1993.(Dissertação de Mestrado).

GRUEN, A. "Digital photogrammetric stations revisited". International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. ISPRS. Commission - II. Viena, Austria. 1996. p.127-134.

LUGNANI, J. B. "Introdução à Fototriangulação". UFPR. Curitiba PR, 1988.

MASAHARU, H. et al "Semi-automatic detection of land use change from digital aerial". International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. ISPRS. Commission - IV. Viena, Austria. 1996. p.547-552.

MILLER, S. B. et al "Automation in digital photogrammetric systems". International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. ISPRS. Commission - II. Viena, Austria. 1996. p.250-255.

MILLS, J. P. & NEWTON, I. "New approach to the verification and revision of large-scale mapping". ISPRS Journal Photogrammetry & Remote Sensing. Vol. 51, February, 1996. p- 17-27.

TOMMASELLI, A. M. G. "Construção analítica de modelos e suas aplicações: uma abordagem utilizando injunções relativas". UNESP, 1985. (Apostila)

YOICHI, O. "Semi-Automatic digital photogrammetric system on PC". International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. ISPRS. Commission - II. Viena, Austria. 1996. p.288-293.