

DETECÇÃO SEMI-AUTOMÁTICA DE ALTERAÇÕES USANDO ESTEREO-PARES HÍBRIDOS

Prof. Ass. Amilton Amorim¹

Prof. Dr. Antonio Maria Garcia Tommaselli¹

Prof. Dr. Irineu da Silva²

¹Universidade Estadual Paulista – Unesp.

Departamento de Cartografia

FCT - Presidente Prudente

e-mail: amorim@stetnet.com.br tomaseli@prudente.unesp.br

²Universidade de São Paulo – USP.

Departamento de Transportes

EESC – São Carlos – SP.

e-mail: LeicaBR@ibm.net

RESUMO

A atualização de documentos cartográficos é um dos problemas que vem sendo discutidos pela comunidade cartográfica brasileira, gerando estudos que procuram alternativas confiáveis, rápidas e econômicas para esta atividade. Na realidade, por falta de metodologias adequadas, implementadas nas empresas, executa-se um novo aerolevantamento, fato este que pode inviabilizar esta atividade pelo custo. Este trabalho apresenta um estudo sobre uma metodologia rápida e econômica de atualização cartográfica, onde a premissa básica será a utilização de um estereopar híbrido, composto por uma fotografia aérea 23 x 23 cm (que foi utilizada no mapeamento existente), digitalizada matricialmente, e por uma imagem aérea digital recente. Além disso, este trabalho apresenta discussões sobre a visualização estereoscópica do estereopar híbrido. Esta estratégia de combinação de fontes diferentes de dados, para a formação de modelos estereoscópicos, pode reduzir os custos e acelerar o processo de revisão e atualização cartográfica. Finalmente, apresenta-se os primeiros resultados obtidos nos experimentos realizados.

ABSTRACT

Updating of cartographic documents is one of the problems that have being discussed by the Brazilian cartographic community, leading to studies that look for reliable, fast and economic alternatives for this activity. Indeed, a new aerial survey is produced instead of updating the old maps, due to the lack of appropriate methodologies in the companies. This can make unfeasible the updating due the high costs of this activity. In this paper a fast and economic methodology for cartographic updating is proposed. The basic concept is the use of a hybrid stereo-pair, which is composed by a scanned aerial photograph 23 x 23 cm (that was used to produce the existing map), and by a recent digital aerial image. A stereoscopic visualisation tool is also proposed. This strategy of combining different sources of data to produce stereoscopic models may reduce the overall costs and speed up the revision and updating process. Some preliminary results are presented assessed.

1. Introdução

Um conjunto de fatores, entre eles a falta de controle físico-espacial e de recursos financeiros dos municípios, vem prejudicando significativamente a Administração Pública Municipal no Brasil.

A falta de políticas consistentes de tributação municipal é um dos problemas ocasionados pela ausência de informações importantes para o estabelecimento de uma sistemática que permita alcançar níveis satisfatórios de arrecadação, além de promover a tão almejada justiça fiscal.

De acordo com GONDIM (1991), a atividade de planejamento é uma peça fundamental no esforço coletivo para solucionar e evitar graves problemas de desenvolvimento urbano. Para tanto, deve ser concebido como um instrumento da gestão eficaz do município, o que requer uma preocupação constante com a eficiência administrativa.

Segundo AMORIM & LOCH (1993), pela atual política brasileira, entende-se que os municípios terão que se tornar auto-sustentáveis em pouco tempo, portanto os mesmos possuem somente uma saída, que é ter uma receita maior que suas despesas, ou seja, gastarem menos do que arrecadam.

Diante dos grandes problemas financeiros, pelos quais passam a maioria dos municípios brasileiros, torna-se necessária a existência de metodologias inovadoras que possibilitem aumentos reais da arrecadação tributária municipal e melhores ações de planejamento, fundamentais para o desenvolvimento do município.

Segundo AMORIM & SILVA (1994), para se realizar um planejamento eficiente deve-se apoiá-lo no conhecimento, o mais preciso possível, da realidade da intervenção. Assim na administração pública municipal busca-se a captação da realidade urbana e rural de forma a poder ser apreendida e manipulada pelos diferentes elementos que atuam na sua gestão.

A Cartografia é um importante instrumento utilizado em Planejamento que tem a função de fornecer dados com as devidas precisões, requeridas para determinados fins.

Quando se trata de uma atividade com tanta especificidade, como é o caso da Cartografia, muitos cuidados devem ser tomados para evitar problemas futuros. Entre esses problemas, que podem ser gerados pela falta de conhecimento do contratante, destaca-se a relação custo – benefício. Nem sempre existe a necessidade de se contratar aerolevantamentos de alta precisão, para determinadas finalidades, pois o custo varia com a precisão.

A falta de documentos cartográficos atualizados tem se mostrado como um dos problemas que influenciam na atividade de planejamento. A comunidade cartográfica brasileira, vem realizando estudos que procuram alternativas rápidas e econômicas para a atividade de atualização cartográfica. As empresas de aerolevantamento, 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 aerolevantamento, fato este que pode inviabilizar esta atividade pelo alto custo. Neste sentido, este trabalho apresenta um breve relato de várias metodologias utilizadas para a atualização cartográfica e cadastral, utilizando Fotogrametria.

2. Fotogrametria Convencional

A evolução da Fotogrametria nos últimos anos, tem contado com significativa contribuição da Informática, uma vez que complexos cálculos matemáticos podem ser programados, obtendo bons resultados, principalmente, em termos de redução de tempo e aumento de precisão nos trabalhos fotogramétricos.

De acordo com LUGNANI (1987), o desenvolvimento de equipamentos, programas e técnicas de modelagem de erros sistemáticos

proporcionaram sensível elevação da precisão e confiabilidade dos resultados obtidos em Fotogrametria.

Uma área pode ser mapeada tridimensionalmente a partir de duas fotografias aéreas convencionais (23 x 23 cm) tomadas com uma câmara ocupando duas posições distintas, proporcionando uma superposição de parte da mesma área, como mostra a figura 01.

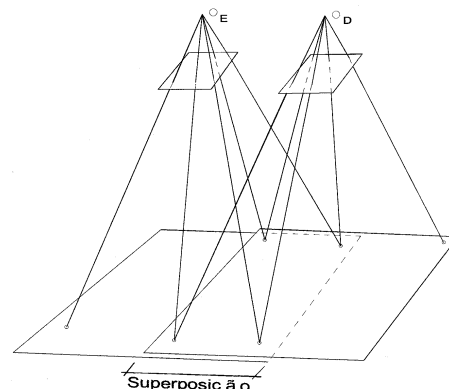


Figura 01 - Geometria da cobertura estereoscópica.

Segundo WONG (1966), cada fotografia pode ser considerada como um registro dos raios luminosos que partem do espaço objeto, passando pelo sistema de lentes da câmara e sensibilizando o filme fotográfico. Este feixe de raios pode ser reconstruído através de instrumentos específicos, e combinando os feixes de duas fotografias consecutivas (superposição) dará origem ao chamado modelo estereoscópico.

A reconstrução do feixe de raios de uma fotografia aérea pode ser feita inserindo um diapositivo em um projetor, executando a centragem do mesmo num porta-placas através das marcas fiduciais, e esta operação, chamada orientação interior analógica, recupera a geometria interna do feixe de raios.

Pode-se dizer que um segundo projetor, contendo a segunda fotografia aérea, também orientada, pode ser inclinado e transladado até que assuma a mesma posição, em relação à primeira fotografia, que a câmara ocupava no momento da tomada da segunda fotografia. Este processo é chamado de orientação relativa analógica.

Concluído o processo de orientação relativa, o modelo formado precisa ser nivelado e colocado em escala, através de pontos constantes das fotos que tenham coordenadas conhecidas no espaço objeto, processo este chamado de orientação absoluta. As orientações relativa e absoluta fazem parte do processo conhecido como orientação exterior.

Os procedimentos de orientação, utilizados na Fotogrametria analítica, 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.

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:

$$\begin{aligned} x &= c * \frac{m_{11}(X - X_0) + m_{12}(Y - Y_0) + m_{13}(Z - Z_0)}{m_{31}(X - X_0) + m_{32}(Y - Y_0) + m_{33}(Z - Z_0)} \\ y &= c * \frac{m_{21}(X - X_0) + m_{22}(Y - Y_0) + m_{23}(Z - Z_0)}{m_{31}(X - X_0) + m_{32}(Y - Y_0) + m_{33}(Z - Z_0)} \end{aligned} \quad (1)$$

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).

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:

$$L_a = F(X_a) \quad (2)$$

Este modelo, linearizado produz:

$$A * X - L = V \quad (3)$$

onde:

$$L = L_0 - L_b$$

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

$$L_0 = F(X_0)$$

X_0 = vetor dos parâmetros aproximados ($\kappa'_0, \phi'_0, \omega'_0, X'_0, Y'_0, Z'_0, \kappa''_0, \phi''_0, \omega''_0, X''_0, Y''_0, Z''_0, X_0, Y_0, Z_0, \dots, X^n_0, Y^n_0, Z^n_0$)p

$\kappa_0, \phi_0, \omega_0$ são os movimentos da câmara

X_0, Y_0, Z_0 são as coordenadas do Centro Perspectivo

A é a matriz das derivadas parciais, resultado da linearização de $F(X_a)$, no ponto de expansão X_0 .

$$A = \frac{\partial F}{\partial X_a} \Big|_{X_0}$$

X_a é o vetor dos parâmetros ajustados ($\kappa'_0, \phi'_0, \omega'_0, X'_0, Y'_0, Z'_0, \kappa''_0, \phi''_0, \omega''_0, X''_0, Y''_0, Z''_0, X_0, Y_0, Z_0, \dots, X^n_0, Y^n_0, Z^n_0$)p

As observações, no modelo de colinearidade, são as coordenadas imagem dos pontos no sistema fotogramétrico e o instrumento que mede essas coordenadas não possui seu sistema coincidente com o sistema fotogramétrico (no caso analógico).

Isso acontece pela impossibilidade de se orientar perfeitamente o diapositivo, por motivos como:

- trabalho do filme;
- não coincidência do centro fiducial com o ponto principal.

A transformação do sistema de máquina para o sistema fiducial é feita a partir de modelos matemáticos de transformações geométricas, que possibilitam correções de diversas distorções, entre elas as provocadas pela deformação que o filme sofre a partir da ação de agentes físicos, como temperatura, pressão, umidade e outras.

O modelo matemático da transformação afim (6 parâmetros), segundo TOMMASELLI (1985), é o mais aceitável para esta operação, utilizando-se as coordenadas das marcas fiduciais, fornecidas pelo fabricante da câmara, como coordenadas fixas.

O modelo matemático matricial, da transformação afim, é apresentado pela seguinte equação:

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a1 & a2 \\ a3 & a4 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x'o \\ y'o \end{bmatrix} \quad (4)$$

onde:

X e Y são as coordenadas calibradas (fixas)

x' e y' são as coordenadas lidas no comparador

$a1, a2, a3, a4, x'_0$ e y'_0 são os parâmetros de transformação.

3. Modelo estereoscópico híbrido

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 02.

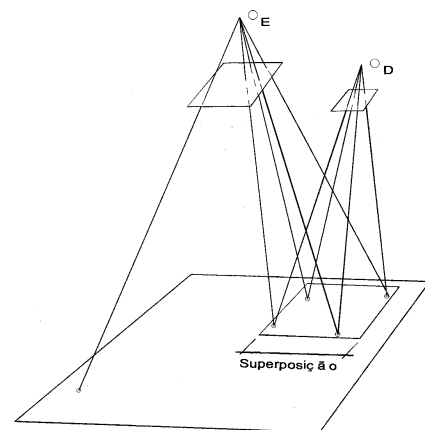


Figura 02 - Formação de um modelo estereoscópico híbrido.

Nota-se que a fotografia da direita, mostrada na figura 02, 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, e deverá contribuir para o desenvolvimento de uma nova metodologia de atualização cartográfica.

Procura-se adotar os parâmetros de orientação, utilizados na formação do modelo estereoscópico convencional, como injeção para a formação do novo modelo (híbrido). Para isso, foi necessário 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:

$$\begin{aligned} x_E &= c_{conv} * \frac{m_{11}(X-X_0) + m_{12}(Y-Y_0) + m_{13}(Z-Z_0)}{m_{31}(X-X_0) + m_{32}(Y-Y_0) + m_{33}(Z-Z_0)} \\ y_E &= c_{conv} * \frac{m_{21}(X-X_0) + m_{22}(Y-Y_0) + m_{23}(Z-Z_0)}{m_{31}(X-X_0) + m_{32}(Y-Y_0) + m_{33}(Z-Z_0)} \end{aligned} \quad (5)$$

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 (κ , ϕ , ω);
- X_0 , Y_0 , Z_0 são as coordenadas do centro perspectivo da câmara convencional;
- X , Y , Z são as coordenadas do ponto P no espaço objeto e no sistema referencial estabelecido.

Nota-se que, como a foto da esquerda já foi orientada quando da formação do modelo estereoscópico com as duas fotos convencionais, os elementos da matriz de rotação já são conhecidos, podendo se escrever mais duas equações para o mesmo ponto na foto digital (direita), como segue:

$$\begin{aligned} x_D &= c_{Dig} * \frac{\dot{m}_{11}(X-X'_0) + \dot{m}_{12}(Y-Y'_0) + \dot{m}_{13}(Z-Z'_0)}{\dot{m}_{31}(X-X'_0) + \dot{m}_{32}(Y-Y'_0) + \dot{m}_{33}(Z-Z'_0)} \\ y_D &= c_{Dig} * \frac{\dot{m}_{21}(X-X'_0) + \dot{m}_{22}(Y-Y'_0) + \dot{m}_{23}(Z-Z'_0)}{\dot{m}_{31}(X-X'_0) + \dot{m}_{32}(Y-Y'_0) + \dot{m}_{33}(Z-Z'_0)} \end{aligned} \quad (6)$$

onde:

- x_D e y_D são as fotocoordenadas (coordenadas de P no espaço imagem e no sistema fotogramétrico, na foto da direita);
- c é a constante da câmara digital (distância focal);
- m'_{ij} são os elementos da matriz de rotação, em função da atitude da câmara (κ , ϕ , ω);
- X'_0 , Y'_0 , Z'_0 são as coordenadas do centro perspectivo da câmara digital;
- X , Y , Z são as coordenadas do ponto P no espaço objeto e no sistema referencial estabelecido.

Segundo LUGNANI (1987), ao se optar por orientar relativamente um estereopar com movimentos de uma só câmara, tem-se todos os movimentos da outra câmara fixos. Este é o procedimento proposto neste trabalho, ou seja, como já se conhece a posição real da câmara da esquerda, determinada na orientação relativa original, resta determinar X'_0 , Y'_0 , Z'_0 , ω_2 , ϕ_2 , κ_2 .

De acordo com LUGNANI (1987), esta é a chamada orientação relativa dependente, que utiliza valores fixos (injeções) para os parâmetros de orientação de uma câmara, calculando-se apenas os parâmetros de orientação da outra.

O modelo matemático da injeção é dado pela seguinte equação:

$$X_a = L_x \quad \text{ou} \quad L_x = G(X_a) = X_a \quad (6)$$

Da equação (2), temos:

$$L_a = F(X_a)$$

Linearizando, temos:

$$\begin{aligned} AX + L &= v \\ CX + Lx' &= vx \end{aligned} \quad (7)$$

Onde:

- $L_{x'}$ = $L_0 - L_x$ e $L_0 = G(X_0)$ ou $L_0 = X_0$
- L_0 = valor do parâmetro estimado
- L_x = valor do parâmetro fixado (injeção)

3.1 Primeiros resultados

Foi executado um experimento para testar a viabilidade de uso desta metodologia, avaliando-se a precisão geométrica alcançada na formação analítica do modelo em questão. Para este teste, os pontos de apoio foram planejados em feições bem definidas e geometricamente bem distribuídos no modelo estereoscópico a ser orientado.

Com os parâmetros de orientação exterior da fotografia convencional conhecidos, e de posse da fotografia aérea digital em escala 1:25000, da área de interesse, próxima ao campus da Unesp de Presidente Prudente - SP, foi orientado o modelo híbrido, utilizando o programa CCESC (GALO, 1993). O modelo usado 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 01 - Resultados do teste executado com 2 pontos de apoio (7,12)

Pontos	E	N	h	ΔE (m)	ΔN (m)	Δh (m)
8	457977,38	7553655,23	437,675	0,113	0,593	-0,800
9	457653,21	7553953,66	424,609	0,055	-2,259	-1,235
15	457845,67	7554012,82	426,352	0,346	0,367	-0,975
16	457828,51	7553967,36	432,311	0,087	1,047	-1,658
17	457819,53	7553546,27	442,784	0,210	0,449	-0,559
18	458223,00	7553870,00	424,679	-0,373	-0,354	0,302
19	458121,57	7553689,71	436,697	-0,675	0,304	-0,373
22	457775,75	7553703,28	435,125	0,091	-0,319	0,574
23	458091,67	7553924,99	427,832	-0,368	0,112	-0,385
25	457706,25	7553901,08	425,684	0,087	0,345	-0,671
Desv. Pad.				0,319	0,902	0,666
Média				-0,043	0,028	-0,578
t (E,N,h)				-0,42349	0,099864	-2,7435
t(0,10;9)				1,38	1,38	1,38
QUIQUAD(9;0,9)				14,70	14,70	14,70
QUIQUAD(E,N,h)				0,814324	6,523824	1,432368

Pelos resultados apresentados na tabela – 01 pode-se notar que, a precisão foi boa, mas o teste de detecção de tendência mostra que as coordenadas h (altitude) foram afetadas por um erro sistemático.

Um fato interessante que vale ser ressaltado é a calibração da câmara digital ter sido feita em laboratório, com a distância (simulando a altura do voo) de 1,5 a 2,0 metros. Como a câmara digital DC 210 possui auto-foco e distância focal variável, pode ocorrer uma diferença no valor da distância focal quando se afasta ou se aproxima do objeto a ser fotografado, e acredita-se que esta pode ter sido a origem do erro sistemático que afetou os resultados. Deste modo, é recomendável para experimentos futuros que a calibração seja executada com fotos aéreas e pontos pré-sinalizados.

Os testes de precisão e tendências foram executados com as coordenadas de pontos determinados fotogrametricamente, portanto possuem uma precisão menor do que pontos determinados com GPS geodésico. Para uma análise mais aprofundada da exatidão do Produto Cartográfico pretende-se executar testes futuros com determinação de pontos com GPS geodésico.

Outra consideração importante é que este experimento foi realizado com o objetivo principal de verificar o comportamento da orientação de um modelo híbrido, ou seja, com fotografias de características geométricas diferentes. Neste momento é importante que os pontos de apoio e checagem sejam bem definidos nas duas fotos. Este fato não ocorrerá quando o objetivo for a atualização cartográfica, pois as feições novas constarão somente da foto mais recente (fotografia digital).

4. Detecção de alterações através da visualização estereoscópica.

A utilização de ferramentas automáticas e/ou semi-automáticas, para a atualização cartográfica, é de fundamental importância atualmente, época em que encontra-se em expansão a utilização de Sistemas de Informações Geográficas, sendo que os mesmos utilizam bancos de dados gráficos, sujeitos a alterações, e portanto, necessitando de atualizações constantes (AGOURIS & STEFANIDIS, 1996; ANDERS & FRITSCH, 1996; MASAHARU et al, 1996; JOHNSON, 1996).

Tendo em vista a necessidade de rapidez e agilidade no processo de atualização cartográfica, nota-se a importância da detecção das alterações a serem incorporadas ao mapeamento.

Neste sentido, foram executados vários experimentos esperando-se, visualizar não só o modelo estereoscópico, mas também as feições a serem atualizadas.

4.1 Visualização estereoscópica utilizando estereoscópio de espelho.

Num primeiro momento, foi feito um experimento onde o principal objetivo foi identificar alterações através da visualização estereoscópica de um modelo formado com as fotografias aéreas digital e convencional impressas em papel, mas devido a grande diferença geométrica entre as referidas fotos e também pela diferente orientação da linha de voo, isso não foi possível. Partiu-se então para a visualização desse modelo utilizando o método de Cintilamento ou Luz Intermitente.

4.2 Visualização estereoscópica por Cintilamento ou Luz Intermitente.

Esta técnica procura separar os campos visuais dos olhos, projetando alternadamente as imagens da direita e da esquerda, durante aproximadamente 1/60 de segundo, usando o entrelaçamento dos monitores de vídeo, e vedando com óculos de cristal líquido, o campo visual do olho direito, enquanto a imagem da esquerda está sendo projetada e vice versa.

Os resultados, tanto na formação do modelo estereoscópico híbrido quanto na identificação das feições a serem mapeadas, não atenderam as expectativas, pois a grande diferença geométrica entre as fotos, novamente influenciou significativamente os resultados, e a identificação das novas feições foi prejudicada pela alta frequência em que as imagens são observadas. Ao mesmo tempo que a alta frequência é importante para a visualização estereoscópica, prejudica a identificação de novas feições, pois se as imagens fossem alternadas com baixa frequência as novas feições “piscariam”.

4.3 Visualização estereoscópica por Anaglifo.

De posse dos resultados anteriores, mais uma tentativa foi executada, agora utilizando-se o método Anaglifo, onde novamente a diferença geométrica prejudicou os resultados, mas em contrapartida as feições foram identificadas apresentando resultados significativos.

Acredita-se que a diferença geométrica, que tanto prejudica a visualização do modelo estereoscópico, pode ser minimizada executando uma recessão espacial nas fotografias e orientando a fotografia digital (nova) em relação à fotografia convencional, além da retificação e reamostragem epipolar. Este experimento ainda encontra-se em desenvolvimento.

5. Considerações finais

Quanto a atualização de mapeamentos, pode-se dizer que o uso de fotografias aéreas digitais será inevitável nos próximos anos e a comunidade cartográfica brasileira deverá implementar soluções rápidas e econômicas, com o objetivo de atender à demanda de serviços, provocada principalmente pela atividade de planejamento municipal.

No que diz respeito à precisão, pode-se notar que a mesma depende das escalas do mapeamento anterior (fotografias aéreas utilizadas e restituição) e das novas fotografias (digitais).

A necessidade de se visualizar o modelo estereoscópico, para a determinação de coordenadas no espaço objeto é questionável, pois pode-se trabalhar com a coleta das fotocoordenadas simultaneamente nas duas fotos, independentemente de se estar visualizando o modelo tridimensional.

6. 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).
- AMORIM, A. & LOCH, C. **Utilização de Câmaras de Pequeno Formato na atualização de mapeamentos**. In: Congresso Brasileiro de Cartografia, 16º, 1993, Rio de Janeiro (RJ), Anais ... p. 381-389.
- AMORIM, A. & SILVA, R. S. **“Cadastro multifinalitário urbano georeferenciado, como instrumento para a administração pública, em municípios de médio porte”**. In: Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, 1º, 1994, Florianópolis - SC, Anais ... p. 100 - 105. Tomo - III.
- 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).
- GONDIN, L., org. **PLANO DIRETOR E O MUNICÍPIO: novos tempos, novas práticas**. Rio de Janeiro: IBAM, 1991.
- 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, Áustria. 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, Áustria. 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”**. Revista Brasileira de Cartografia, Nº 41. Rio de Janeiro RJ, 1987.
- WONG, K. W. **“Basic Mathematics of Photogrammetry”**. In: Manual of Photogrammetry. American Society of Photogrammetry. Falls Church. Va. 1966.