

Mapeamento tridimensional de Edificações utilizando Aerofotos digitais de pequeno formato e sistema 3d monoplóter

Professor Edson A. Mitishita ¹
Professor Ayman F. Habib ²
Doutorando Álvaro Muriel Lima Machado ¹
DOUTORANDO ROOSEVELT DE LARA SANTOS ¹

¹ Universidade Federal do Paraná
Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas
81531-990 Curitiba Pr Brasil
{mitishita; alvaroml; rls}@ufpr.br

² University of Calgary
DEPARTMENT OF GEOMATICS ENGINEERING
2500 University Drive NW,
Calgary, Alberta, Canada T2N 1N4
habib@geomatics.ucalgary.ca

Resumo: A utilização de câmara digital de pequeno formato na obtenção de informações espaciais da superfície terrestre tende a ser crescente nos dias atuais. Isto se deve ao aumento da resolução, baixo custo e maior estabilidade geométrica na definição de sua geometria projetiva. A utilização de fotografias digitais integradas com procedimentos computacionais vem proporcionando o desenvolvimento e aprimoramento de novas técnicas de obtenção de informações para diversas aplicações das Engenharias. Procedimentos fotogramétricos de aquisição de dados da superfície terrestre que apresentem facilidades e menor dependência de qualificação operacional, com baixo custo no processo produtivo, estão sendo cada vez mais requisitados nos dias atuais. Apresenta-se neste trabalho a metodologia e resultados obtidos de mapeamento fotogramétrico tridimensional vetorial de edificações, apoiado em visão monocular de aerofotos tomadas com câmara de pequeno formato. Duas imagens digitais provenientes de um recobrimento aéreo realizado com câmara digital modelo Sony DSC-F717, com resolução de 5,2 Mbytes, CCD de 2560 x 1920 "pixel" foram empregadas nesta pesquisa. O recobrimento aéreo foi realizado numa altura aproximada de vôo de 750 m, resultando "pixel" com resolução equivalente no terreno de 25 centímetros. O algoritmo matemático empregado na determinação das coordenadas geodésicas dos cantos das edificações está fundamentado nas equações de colinearidade e interseção fotogramétrica de raios. O procedimento foi implementado no programa computacional 3D Monoplóter, desenvolvido no Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas. Pontos de apoio planialtimétricos foram utilizados para a orientação exterior das imagens fotogramétricas digitais. Através da comparação pontual de entidades mapeadas no sistema 3D Monoplóter e restituição estereofotogramétrica tridimensional, realizada com cobertura convencional métrica (câmara analógica WILD RC-10 e escala de 1/6000) são obtidas as exatidões alcançadas na metodologia apresentada neste trabalho.

Palavras chaves: Câmara digital de pequeno formato, Mapeamento Fotogramétrico Vetorial de Edificações e Visão Monocular.

Abstract: The utilization of the low cost digital small format camera for the obtainment of space information of the terrestrial surface tends to increase in the current days. This is due to the increase of the resolution, low cost and good geometric stability for mathematical parameters that define the interior geometry. The development of this new technique has improved the existent methods applied to obtainment of the space information for several engineering applications. The development of new photogrammetric procedures applied to acquisition of information from the terrestrial surface that presents facility, less qualified operational dependence and low cost in the productive process, is being more and more requested in the current. This paper shows the development of the methodology used and the results obtained from 3D photogrammetric vector building mapping using the monocular restitution and digital aerial images obtained from low cost small format camera. The digital aerial images were provided by an aerial survey performed with digital camera; model Sony DSC-F717, resolution of 5.2 Mbytes, CCD resolution 2560 x 1920 "pixel". The air survey was performed in an approximate height flight of 750 m, giving a ground

sample distance of 25 cm. The mathematical algorithm employed in the determination of the geodetic coordinates of the buildings corners is based in the colinearity equations and photogrammetric intersection of rays. The procedures were implemented in the computational program 3D Monoplotter, which was developed in the Graduation Program Course in Geodetic Sciences in the UFPR. Control points were used to determinate the exterior orientation of the images. The three-dimensional coordinates of entity points were compared. The points were derived from the vector mapping produced by 3D monocular restitution and the conventional 3D stereo restitution performed in the Zeiss Planicomp with conventional metric photos (camera WILD RC-10 and scale of 1/6000). The paper presents the results performed in the comparisons.

Keywords: Small Format Digital Camera, 3D Monocular Restitution and Photogrammetric Vector Mapping of Buildings

1 Introdução

As câmaras digitais de pequeno formato têm-se transformado, nos dias atuais, em instrumentos populares e com resoluções espaciais similares às tradicionais câmaras baseadas em filme fotográfico. A utilização deste sensor em projetos de engenharia que empregam imagens terrestres ou aéreas, para a obtenção de informações métricas, tende a ser crescente em aplicações fotogramétricas. Isto se deve ao contínuo aumento da resolução do elemento sensor baseado em ccd (charged coupled device) ou cmos (complementary metal oxide semiconductor), com diminuição do custo de aquisição e maior estabilidade geométrica da imagem. Verifica-se também, um constante desenvolvimento de procedimentos fotogramétricos analíticos baseados em imagens digitais, acarretando uma maior utilização prática da fotogrametria.

A utilização de câmaras digitais não convencionais nas aplicações fotogramétricas exige um procedimento acurado de calibração de câmaras para determinar os parâmetros definidores da geometria projetiva (Habib et al., 2003).

O desenvolvimento de procedimentos fotogramétricos de obtenção de informações da superfície terrestre que apresentem facilidades e menor dependência operacional qualificada e baixo custo no processo produtivo está sendo cada vez mais requisitado nos dias atuais.

Apresenta-se neste trabalho a metodologia e resultados obtidos de mapeamento fotogramétrico tridimensional vetorial de edificações, apoiado em visão monocular de aerofotos tomadas com câmara de pequeno formato. As coordenadas tridimensionais dos cantos das edificações são determinadas por um procedimento fotogramétrico baseado na interseção de retas e equações de colinearidade. A metodologia foi implementada no sistema fotogramétrico digital 3D Monoplotter desenvolvido no Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da UFPR. O Sistema utiliza o programa CAD MicroStation PC para a realização das observações fotogramétricas e geração do arquivo vetorial 3D, representativo das edificações, no formato DGN.

Utilizou-se um par de aerofotos digitais provenientes de um recobrimento aéreo realizado com câmara digital de pequeno formato modelo Sony DSC-F717, resolução de 5,2 Mbytes, CCD de 2560 x 1920 "pixel". O recobrimento aéreo foi realizado numa altura aproximada de vôo de 750 metros, resultando "pixel" com resolução equivalente no terreno de 25 cm.

Empregou-se também, um recobrimento aéreo, realizado com câmara convencional WILD RC-10 na escala de 1/6000, para a obtenção de pontos de apoio e verificações de exatidões obtidas na metodologia proposta.

2 Área Teste

Um par de imagens digitais que recobrem a região do Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná foi utilizado nesta pesquisa, ver figura 01. Estas imagens fazem parte do recobrimento aéreo realizado pela Empresa AGRITEC Agrimensura e Aerofotogrametria S.A. O vôo, para a tomada das fotos, foi realizado no dia 27 de julho de 2003, por volta das 14h30, a uma altura aproximada de 750 m, e cobrindo uma área de cerca de 1km². O recobrimento longitudinal entre fotos é de aproximadamente 60%.



Figura 01 – Imagens empregadas nesta pesquisa

3 Parâmetros Geométricos da Câmara Digital

Os parâmetros de orientação interior da câmara digital Sony DSC-F717 foram determinados com três calibrações utilizando informações de três datas diferentes. Foram empregadas as mesmas condições operacionais e técnicas para a tomada de imagens do campo de prova existente na Universidade Federal do Paraná – Centro Politécnico. Analisaram-se as condições de estabilidade na determinação destes parâmetros para um determinado período de tempo de utilização da câmara. Os valores empregados nesta pesquisa são apresentados na tabela 01. Outras informações sobre as calibrações realizadas e estabilidade dos parâmetros de orientação interior podem ser encontradas em MACHADO et al., 2003, HABIB et al., 2003 e HABIB et al., 2002.

TABELA 1 – PARÂMETROS GEOMÉTRICOS DA CÂMARA

DISTÂNCIA FOCAL CALIBRADA E PARÂMETROS DE DISTORÇÃO RADIAL E DESCENTRADA	
Parâmetro	Valores Determinados
c	10.082 mm
x_0	0.151 mm
y_0	-0.253 mm
k_1	$-2.18915186e-03 \text{ mm}^{-2}$
k_2	$2.75934941e-05 \text{ mm}^{-4}$
k_3	0.000
P_1	$-1.47185370e-04 \text{ mm}^{-1}$
P_2	$-1.42394475e-05 \text{ mm}^{-1}$

4 Determinação de Pontos de Apoio e de Verificação

Quinze pontos de apoio e cinquenta pontos de verificação em forma de detalhes pontuais foram identificados em aerofotos tomadas com câmara aerofotogramétrica. As suas coordenadas, no referencial geodésico, foram determinadas a partir de observações realizadas em modelos fotogramétricos

previamente orientados no Sistema Analítico Zeiss Planicom C-100, pertencente ao Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da UFPR.

A cobertura aerofotogramétrica foi realizada em julho de 2000 na escala de 1/6000. Empregou-se uma câmara aerofotogramétrica WILD RC-10 com distância focal nominal igual a 153,000 mm. Os modelos contam com pontos fotogramétricos artificiais (PUG). As suas coordenadas foram determinadas por aerotriangulação de ajustamento simultâneo de fotos. Considerou-se neste trabalho que as coordenadas dos pontos de apoio e dos pontos de verificação provenientes da leitura de modelos fotogramétricos são isentas de erros para serem tomadas como base de verificação dos resultados obtidos com a metodologia proposta neste trabalho.

5 Metodologia Utilizada

A interseção de retas (figura 02) foi o procedimento fotogramétrico empregado neste trabalho para a determinação das coordenadas geodésicas dos cantos das edificações. Ver mais detalhes em Andrade, 2003; Mitishita, 1997. Primeiramente, com as observações fotogramétricas realizadas em pontos de apoio, próximos às posições definidas por "Von Gruber" são determinados os parâmetros de orientação exterior das fotos $[(Xo_i, Yo_i, Zo_i, \chi_i, \phi_i, \omega_i), i=1,2]$ que formam o modelo fotogramétrico. O modelo matemático empregado para determinação dos parâmetros de orientação exterior foi o das equações de colinearidade (equações 1 e 2), com ajustamento por Mínimos Quadrados através do Método Paramétrico com injunções de peso ou posição (equações 11 a 13) ver GEMAEL, 1994 e MITISHITA et al., 2001. As coordenadas no referencial geodésico de um ponto P (canto da edificação) são determinadas com as equações 14 a 33, com base nos parâmetros de orientação exterior e as observações monoculares realizadas nas fotos da esquerda (x^1_p, y^1_p) e direita (x^2_p, y^2_p) do modelo fotogramétrico. As coordenadas geodésicas locais que definem os vértices da edificação são transformadas para o sistema de projeção UTM (Universal Transverse Mercator) para a representação vetorial no CAD (Computer Aided Design) Microstation PC, ver figura 05.

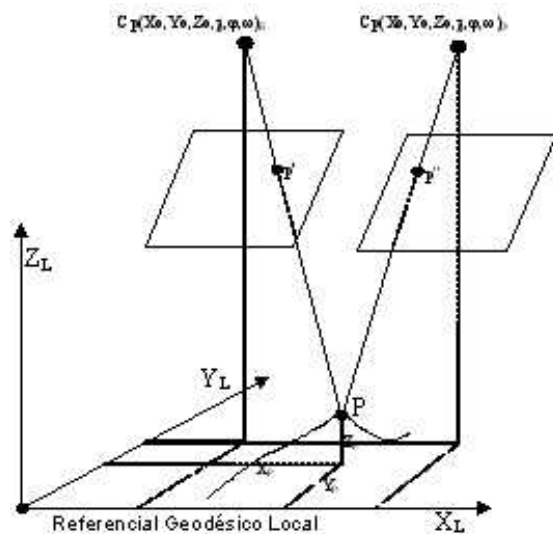


Figura 02 – Interseção Fotogramétrica

$$x_p = -c \frac{m_{11}(X_L - X_o) + m_{12}(Y_L - Y_o) + m_{13}(Z_L - Z_o)}{m_{31}(X_L - X_o) + m_{32}(Y_L - Y_o) + m_{33}(Z_L - Z_o)} \quad (1)$$

$$y_p = -c \frac{m_{21}(X_L - X_o) + m_{22}(Y_L - Y_o) + m_{23}(Z_L - Z_o)}{m_{31}(X_L - X_o) + m_{32}(Y_L - Y_o) + m_{33}(Z_L - Z_o)} \quad (2)$$

$$x_f = a.x_g + b.y_g + e \quad (3)$$

$$y_f = c.x_g + d.y_g + f \quad (4)$$

$$x_p = x_f - x_o - \Delta r(x_f - x_o) - \Delta dx \quad (5)$$

$$y_p = y_f - y_o - \Delta r(y_f - y_o) - \Delta dy \quad (6)$$

$$\Delta r = (k_1 r^2 + k_2 r^4 + k_3 r^6) \quad (7)$$

$$\Delta dx = P_1(r^2 + 2(x_f - x_o)^2) + 2P_2(x_f - x_o)(y_f - y_o) \quad (8)$$

$$\Delta dy = 2P_1(x_f - x_o)(y_f - y_o) + P_2(r^2 + 2(y_f - y_o)^2) \quad (9)$$

$$r^2 = (x_f - x_o)^2 + (y_f - y_o)^2 \quad (10)$$

$$XLgo = XLg \quad (11)$$

$$YLgo = YLg \quad (12)$$

$$ZLgo = ZLg \quad (13)$$

$$A1XL + A2YL + A3ZL = A4 \quad (14)$$

$$B1XL + B2YL + B3ZL = B4 \quad (15)$$

$$C1XL + C2YL + C3ZL = C4 \quad (16)$$

$$D1XL + D2YL + D3ZL = D4 \quad (17)$$

$$A1 = m'31.x' + m'11.c \quad (18)$$

$$A2 = m'32.x' + m'12.c \quad (19)$$

$$A3 = m'33.x' + m'13.c \quad (20)$$

$$A4 = A1Xoe + A2Yoe + A3Zoe \quad (21)$$

$$B1 = m'31.y' + m'21.c \quad (22)$$

$$B2 = m'32.y' + m'22.c \quad (23)$$

$$B3 = m'33.y' + m'23.c \quad (24)$$

$$B4 = B1Xoe + B2Yoe + B3Zoe \quad (25)$$

$$C1 = m''31.x'' + m''11.c \quad (26)$$

$$C2 = m''32.x'' + m''12.c \quad (27)$$

$$C3 = m''33.x'' + m''13.c \quad (28)$$

$$C4 = C1Xod + C2Yod + C3Zod \quad (29)$$

$$D1 = m''31.y'' + m''21.c \quad (30)$$

$$D2 = m''32.y'' + m''22.c \quad (31)$$

$$D3 = m''33.y'' + m''23.c \quad (32)$$

$$D4 = D1Xod + D2Yod + D3Zod \quad (33)$$

$(xg \ yg)^T$ = Coordenadas no referencial gráfico;

$(xf, yf)^T$ = Coordenadas de pontos no referencial de “imagem”;

$(xp, yp)^T$ = Coordenadas de pontos no referencial fotogramétrico;

$(a \ b \ c \ d \ e \ f)$ = Parâmetros da transformação afim geral no plano;

(k_1, k_2, k_3) = Parâmetros da distorção radial simétrica;

(P_1, P_2) = Parâmetros da distorção descentrada;

(xo, yo) = Coordenadas do ponto principal no referencial de “imagem”;

c = Distância focal da câmara;

$(Xo \ Yo \ Zo)^T$ = Coordenadas da estação de exposição;

$(Xoe \ Yoe \ Zoe)^T$ = Coordenadas da estação de exposição esquerda;

$(Xod \ Yod \ Zod)^T$ = Coordenadas da estação de exposição direita;

m_{ij} = Elementos da matriz de rotação $(R(\chi).R(\varphi).R(\omega))$;

m'_{ij} = Elementos da matriz de rotação $(R(\chi).R(\varphi).R(\omega))$ da estação de exposição esquerda;

m''_{ij} = Elementos da matriz de rotação $(R(\chi).R(\varphi).R(\omega))$ da estação de exposição direita;

$(XL \ YL \ ZL)^T$ = Coordenadas de pontos no referencial geodésico local;

$(XLgo \ YLgo \ ZLgo)^T$ = Coordenadas observadas de ponto de apoio;

$(XLg \ YLg \ ZLg)^T$ = Coordenadas calculadas de pontos de apoio.

Neste trabalho foi utilizada a origem do referencial de “imagem” como sendo o centro da imagem. A metodologia proposta foi implementada no programa computacional 3D MONOLOTTER, (ver figura 03) desenvolvido no Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da UFPR.

6 Resultados Obtidos

6.1 Orientação exterior

Empregando-se as equações de colinearidade (01 e 02) e ajustamento MMQ determinou-se os parâmetros de orientação exterior das imagens que compõem o modelo fotogramétrico. Para a realização do ajustamento foram observados nove pontos de apoio próximos às posições de “Gruber”. As coordenadas destes pontos no referencial fotogramétrico foram obtidas das observações realizadas na imagem digital com o programa 3D Monoplotter e o CAD MicroStation PC, e as coordenadas no referencial geodésico local foram obtidas da observação de modelos fotogramétricos no sistema analítico ZEISS PLANICOMP C-100, conforme descrito no item 4.0 deste trabalho. Os resultados principais obtidos no ajustamento são:

Foto da esquerda

Kappa (χ) =	0,39445623	$\sigma_{(\chi)}$ =	0,00053623
Phi (φ) =	0,00629649	$\sigma_{(\varphi)}$ =	0,00317309
Ômega (ω) =	-0,01258057	$\sigma_{(\omega)}$ =	0,00218926
Xo(m) =	108,14092901	$\sigma_{(Xo)}$ =	2,39641399
Yo(m) =	-78,59597825	$\sigma_{(Yo)}$ =	1,73314743
Zo(m) =	1652,11182055	$\sigma_{(Zo)}$ =	0,47783889

Foto da direita

Kappa (χ) =	0,39879159	$\sigma_{(\chi)}$ =	0,00057097
Phi (φ) =	0,00331348	$\sigma_{(\varphi)}$ =	0,00306965
Ômega (ω) =	-0,02770835	$\sigma_{(\omega)}$ =	0,00222494
Xo(m) =	293,08856867	$\sigma_{(Xo)}$ =	2,28709423
Yo(m) =	22,97872108	$\sigma_{(Yo)}$ =	1,77214559
Zo(m) =	1650,69150735	$\sigma_{(Zo)}$ =	0,65154432

- Desvio padrão dos resíduos nas coordenadas fotogramétricas: ((x) = 0,002 mm e (y) = 0,001 mm);
- Máximos resíduos nas coordenadas fotogramétricas: (x = 0,005 mm e y = 0,002 mm);
- Desvio padrão dos resíduos nas coordenadas geodésicas locais: ((X) = 0,097 m; (Y) = 0,065 m; (Z) = 0,025 m);
- Máximos resíduos nas coordenadas geodésicas locais: (XL = 0,284 m; YL = 0,199 m; ZL = 0,080 m).

6.2 Interseção fotogramétrica

Utilizando-se o Programa 3D Monoplotter, as coordenadas tridimensionais de alguns cantos de edificações (XL, YL e ZL) foram obtidas, conforme metodologia apresentada no item 5.0. Os valores determinados, com as equações 14 a 33, foram comparados com as coordenadas obtidas com a leitura de modelos fotogramétricos no Sistema ZEISS PLANICOMP C-100, conforme descrito no item 4.0 deste trabalho. Para a verificação da exatidão do mapeamento 3D proposto nesta pesquisa, considerou-se que as coordenadas tridimensionais dos cantos das edificações obtidas no PLANICOMP C-100 são corretas, isentas de erros de observação e de outros erros ligados com o processo fotogramétrico utilizado.

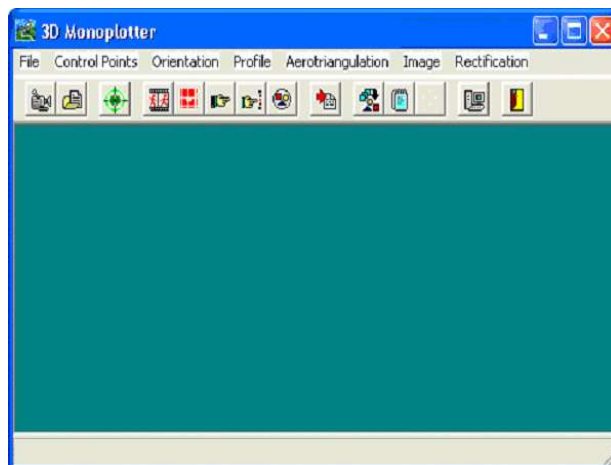


Figura 03 – Página principal do programa 3D Monoplotter

O quadro 01 mostra os resultados de exatidão obtidos no procedimento fotogramétrico empregado nesta pesquisa, visando o mapeamento 3D de edificações existentes na região do modelo considerado. As siglas DX, DY e DZ são as discrepâncias em metros nas três coordenadas tridimensionais do ponto e Dpla é a discrepância planimétrica existente.

A figura 04 mostra a distribuição espacial das discrepâncias planimétricas apresentadas no quadro 01. Verifica-se no gráfico que as discrepâncias planimétricas encontram-se bem distribuídas em torno da origem 0,0 e 80% dos pontos testados apresentam exatidão planimétrica de até 0,5 m. A exatidão altimétrica obtida na metodologia proposta é aproximadamente duas vezes menor que a exatidão planimétrica. Os resultados apresentados no quadro 01 mostram que 80% dos pontos testados

apresentam exatidão altimétrica de até 0,80 m. A menor exatidão altimétrica está relacionada com a proporção da distância focal em relação à dimensão do CCD. Esta relação provoca menor precisão na interseção fotogramétrica. Os resultados obtidos com a metodologia proposta permitem obter mapeamento vetorial 3D de edificações na escala de 1/2000, com qualidade de Classe A, conforme limites de exatidão apresentados no decreto lei 89.817 de 1989.

Quadro 01 – Exatidão obtida com a metodologia proposta para o mapeamento fotogramétrico 3D de edificações

Pto	DX(m)	DY(m)	DZ(m)	Dpla(m)
1	0,132	0,082	0,244	0,155
2	-0,137	0,208	0,434	0,249
3	-0,297	0,158	-0,518	0,336
4	-0,328	-0,092	-0,045	0,341
5	-0,213	0,255	-0,182	0,332
6	-0,314	0,244	0,042	0,398
7	-0,893	0,328	-0,999	0,951
8	0,154	0,418	-0,511	0,445
9	0,172	0,071	0,295	0,186
10	-0,104	-0,525	-0,405	0,535
11	-0,214	0,414	0,837	0,466
12	0,033	0,131	-0,390	0,135
13	-0,285	0,314	0,655	0,424
14	-0,259	-0,028	-0,214	0,261
15	0,229	0,543	0,581	0,589
16	-0,355	-0,101	0,593	0,369
17	-0,106	-0,028	-0,800	0,110
18	-0,389	0,102	-0,652	0,402
19	-0,339	0,172	-0,592	0,380
20	-0,231	0,272	0,893	0,357
21	-0,063	0,207	0,138	0,216
22	-0,103	0,212	0,701	0,236
23	-0,231	0,303	0,324	0,381
24	-0,059	0,248	0,137	0,255
25	-0,175	0,465	-0,278	0,497
26	0,246	-0,167	-0,028	0,297
27	0,055	0,054	0,298	0,077
28	-0,136	0,409	0,866	0,431
29	0,041	-0,300	0,426	0,303
30	0,062	-0,158	0,924	0,170
31	-0,189	-0,564	-0,027	0,595
32	-0,260	0,807	0,122	0,848
33	-0,315	0,028	0,737	0,316
34	-0,292	0,050	0,462	0,296
35	0,637	-0,282	-0,650	0,697
36	0,464	-0,186	-0,568	0,500
37	0,617	-0,083	0,835	0,623
38	0,395	0,025	0,034	0,396
39	0,385	-0,401	-0,018	0,556
40	0,165	0,352	-0,486	0,389
41	-0,167	-0,132	0,174	0,213
42	-0,258	-0,118	-0,459	0,284
43	-0,027	-0,158	0,368	0,160
44	-0,429	-0,123	0,596	0,446
45	-0,274	0,107	0,305	0,294
46	-0,346	0,200	0,252	0,400
47	-0,079	0,132	0,702	0,154
48	0,116	0,119	-0,190	0,166
Média	-0,083	0,083	0,103	0,367
Desvio Padrão	0,289	0,271	0,510	0,182

Figura 04 – Visualização espacial das discrepâncias planimétricas apresentadas no quadro 01

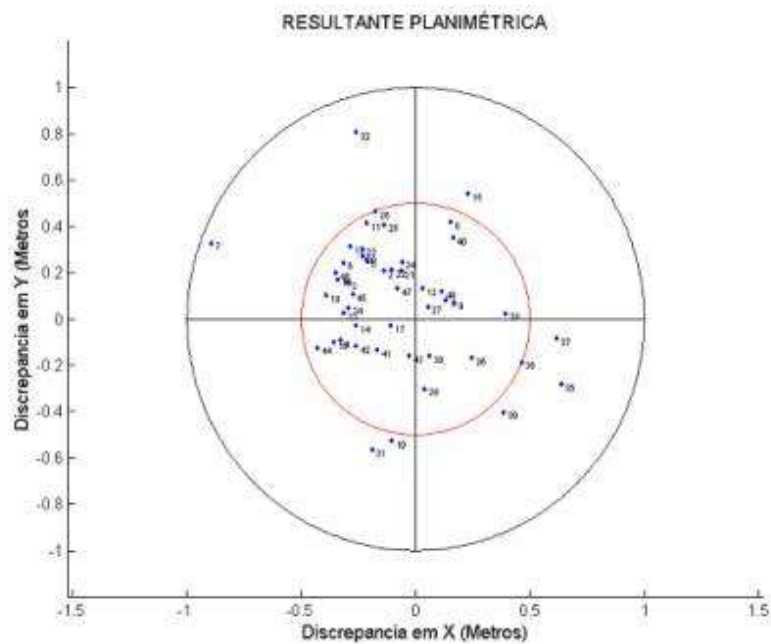


Figura 05 – Visualização vetorial de entidades restituídas

7 Conclusões

Os resultados obtidos nesta pesquisa mostram que a metodologia apresentada para a realização de mapeamento fotogramétrico 3D de edificações, utilizando imagens digitais provenientes de câmaras de pequeno formato digital, é viável e permite obter exatidões planimétrica e altimétrica necessárias para a realização de mapeamentos vetoriais tridimensionais na escala de 1/2000, com qualidade de classe A conforme o decreto Lei 89.817 de 1989. Nos experimentos realizados, 80% dos pontos testados apresentaram discrepâncias planimétricas abaixo de 0,5 m. A exatidão altimétrica alcançada foi duas vezes menor que a planimétrica. A metodologia proposta poderá ser uma alternativa para a obtenção de informações da superfície terrestre tendo em vista as facilidades operacionais existentes na visão monocular e a popularização das câmaras digitais de pequeno formato. A duplicação de pontos observados, devido à visão monocular dos cantos das edificações, atualmente, pode ser encarada como sendo a principal desvantagem para a execução da metodologia proposta. Pesquisas estão sendo realizadas para a automatização da observação, através do desenvolvimento de algoritmos matemáticos que possibilitem identificar automaticamente os cantos das edificações que definem os seus contornos nas imagens que formam o modelo fotogramétrico. A utilização de câmaras digitais de pequeno formato com maior resolução e baixo custo aumentará o desempenho da metodologia proposta. A utilização de imagens com maior qualidade espacial, permitirá a identificação e leitura dos detalhes pontuais com maior precisão, aumentando a exatidão da metodologia proposta. A dimensão da área coberta por uma imagem tomada com câmara de pequeno formato é uma desvantagem operacional importante, quando comparada com as câmaras fotogramétricas convencionais. Esta desvantagem, num futuro próximo, estará sendo sanada com o desenvolvimento e utilização dos sensores com maior resolução, baseados na tecnologia CMOS.

8 Referências Bibliográficas

- ANDRADE, J. B.** *Fotogrametria*. SBEE, Curitiba, 2003.
- GEMAEL, C.** *Introdução ao Ajustamento de Observações*. Curitiba, Editora da Universidade Federal do Paraná, 1994.
- HABIB, A.; SHIN, S. W.; MORGAN, M. F.** *New approach for calibrating off-the-shelf digital cameras*. In: PHOTOGRAMMETRIC COMPUTER VISION – PCV02. September 9-13, 2002. Graz, Áustria. Proceedings... Graz[s.n], Part A.

HABIB, A. F., MORGAN, M. F. *Small Format Digital Câmeras for Mapping Application: Calibration and Stability Analysis*. In: NOVOS DESENVOLVIMENTOS EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS 2003, Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2003. p. 03-26, (Série em Ciências Geodésicas, v.3).

MACHADO, A. M., MITISHITA, E., SANTOS, R. L., BARBOSA, F. *Verificação da Estabilidade Geométrica dos Parâmetros de Calibração de uma Câmara digital de Pequeno Formato Sony DSC-F717*. In: NOVOS DESENVOLVIMENTOS EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS 2003, Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2003. p. 03-26, (Série em Ciências Geodésicas, v.3).

MITISHITA, E. A. *Monorestituição digital de aerofotos, associada com sistema de computação gráfica C.A.D., para fins de mapeamento na área florestal*. Curitiba, 1997. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

MITISHITA, E. A.; Andrade, J. B.; SILVA, V.; Sikorski, J. *Aerotriangulação Analítica Digital A Partir de Imagens Tomadas de Câmara de Vídeo e Helicóptero*. XX Congresso Brasileiro De Cartografia. Anais do Congresso, CD-Rom, Fotogrametria, Porto Alegre, 2001.