

AVALIAÇÃO DE DISTÂNCIAS E ÁREAS CALCULADAS COM COORDENADAS TRANSFORMADAS DE AEROFOTOGRAMAS DIGITALIZADOS.

VILLELA, Júlio C. M.⁽¹⁾; AGUIRRE, Argentino J.⁽²⁾

- ⁽¹⁾ Base Aérea de Santa Maria. 1º/10º Grupo de Aviação.
CEP 97110-620 - Santa Maria, RS.
Fone (055) 226-1155, R. 1234, E-mail jce@sm.conex.com.br
- ⁽²⁾ Universidade Federal de Santa Maria. C.C.R. Departamento de Engenharia Rural.
CEP 97119-900 - Santa Maria, RS.
Fone (055) 226-1616, R. 2261 / 2158, E-mail ajaguirr@ccr.ufsm.br

ABSTRACT

This paper refers to the utilization of transformed coordinates of digitized images for objective the analysis of surfaces measurements. Five methods of transmutation were evaluated and the results were compared with the real coordinates. Using one factor of scale and two factor of scale (one factor for X and other for Y in display). The results, submitted to statistical analysis, allowed to concluded that methods are applicable in some applications that don't need precision. The best method for distance was using two factor of scale with adjust and for area, the best was the method with one factor of scale without adjust.

Key words: Digitized aerial photograph - Transformation of coordinates - Adjustament

RESUMO

O trabalho refere-se à utilização de coordenadas transformadas do monitor para o terreno, de fotografias digitalizadas com scanner e teve como objetivo a análise de distâncias e áreas. Avaliaram-se 5 métodos de transformação, e compararam-se os resultados com verdades terrestres. As transformações de coordenadas foram realizadas usando um fator de escala e dois fatores de escala (um fator para o eixo X, e outro para o eixo Y, no monitor). Os resultados foram submetidos à análise estatística, e permitiram concluir que os métodos são aplicáveis em trabalhos em que não é necessária grande precisão. O melhor método para distância foi utilizando-se dois fatores de escala, com ajuste, e, para as áreas, o melhor foi com um fator de escala, sem ajuste.

Palavras chave : Digitalização de fotografias, transformação de coordenadas, ajustamento.

1. INTRODUÇÃO

Um vôo fotogramétrico pressupõe uma série de variáveis que, na maioria das vezes, são fatores complicadores que contribuem para o aumento do custo e do tempo utilizado para sua realização.

O levantamento topográfico de pontos do terreno ainda é uma tarefa demorada e, dependendo do número de pontos, da distância em que eles estejam e da dificuldade de acesso

que possam oferecer, pode ser considerado inviável, mesmo com a utilização de equipamentos mais sofisticados e precisos.

Existem algumas aplicações em que não é necessária muita precisão como, pôr exemplo: estudos preliminares, avaliação de áreas aproximadas e algumas utilizações para fins militares. Para casos como estes, podem ser aplicados métodos fotogramétricos alternativos mais baratos e mais rápidos, para se atingir o resultado necessário.

Considerando-se as características das fotografias convencionais, as imagens digitais guardam várias semelhanças e peculiaridades, mesmo que obtidas de formas e pôr equipamentos diferentes. Desta maneira, o estudo da aplicação de imagens fotográficas digitalizadas, através de "scanners", vem sendo realizado, enquanto a fotogrametria aguarda a chegada da câmara CCD (Charge-Coupled Device) operacional, disponível e de custo acessível.

Segundo MATHER (1993), fotografias aéreas podem ser digitalizadas e processadas através de computadores, para isto, são transformadas em matrizes bidimensionais que definem um conjunto de "pixels", sendo que a qualidade da digitalização de uma fotografia depende do tamanho destes "pixels"

AXELSSON et al (1990) afirmam que o processamento de imagens digitais tem influenciado o desenvolvimento da fotogrametria. No lugar do uso de imagens fotográficas para processos de medidas fotogramétricas, fotografias digitalizadas ou outras imagens digitais são avaliadas. A pesquisa está concentrada, principalmente, na automação das medidas baseadas nas imagens digitais.

Dentro deste contexto, este trabalho teve o objetivo de testar uma alternativa metodológica para avaliações rápidas de distâncias e áreas, empregando-se aerofotogramas digitalizados, comparando-as com levantamento de campo.

Estas comparações foram realizadas tomando-se as coordenadas das imagens digitalizadas no "scanner", no monitor de um computador, e transformando-as para coordenadas do terreno.

A transformação das coordenadas foi realizada sem ajuste e com ajuste, e, dentro destes métodos, considerou-se também que no monitor tem-se um fator de escala afetando tanto o eixo X como o eixo Y, e dois fatores de escala, um para X e outro para Y.

2. MATERIAL E MÉTODO

O presente trabalho foi realizado na Cidade de Santa Maria, Rio Grande do Sul, na área correspondente ao Campus da Universidade Federal de Santa Maria.

Os materiais e equipamentos mais importantes utilizados foram : Teodolito TOPCOM, modelo TL-10 DE com leitura direta de 20 segundos; distanciômetro eletrônico TOPCOM modelo DM- S3; fotogramas na escala aproximada de 1:10000, scanner de página inteira HP ScanJet II-C; computador 486 DX2 com placa controladora de vídeo de 1 Mbyte; monitor SVGA de 15"; e os softwares MS DOS 6.22 e MS Windows 3.11; MS Word 6.0; MS Excel 5.0; Borland QUATTRO PRO 4.0; Aldus Photo Styler V. 2.0 SE; SIGDER (SIG desenvolvido no DER - UFSM); e ARJ - Compactador de arquivos.

Os aerofotogramas foram digitalizados, e os arquivos gerados foram compactados e copiados em disquetes. As características figuram na Tabela 1.

Tabela 1 - Imagens fotográficas utilizadas

Nome	Tipo / Cores	Comprimento	Altura	Resolução	Tamanho
060020.PCX	8 bits/256	2605 pixels	2550 pixels	118 pixels/cm	6,65 Mbytes
A3.PCX	8 bits/256	2324 pixels	2408 pixels	118 pixels/cm	5,94 Mbytes

As coordenadas topográficas dos pontos de controle foram obtidas através da utilização do método de caminhamento, a partir do qual foram levantados 31 pontos na área de trabalho. Destes, 8 pontos atenderam às necessidades, em função da sua distribuição espacial nas imagens fotográficas.

As coordenadas no monitor foram obtidas através do programa Aldus Photo Styler 20 SE. As imagens puderam ser visualizadas no monitor com uma resolução de 1024x768 dpi, sem que fosse necessária nenhuma aplicação de filtros, "zoom" ou técnicas de realce.

Localizaram-se os pontos de apoio, e anotaram-se as coordenadas dos pixels correspondentes, com procedimento análogo para outros pontos, que entraram na avaliação.

Os pontos de apoio forneceram os dados necessários para os cálculos dos parâmetros de transformação das coordenadas medidas no monitor para o terreno.

2.1 Transformação de coordenadas para o terreno

Empregaram-se dois grandes grupos de transformações : **sem ajuste**, utilizando-se dados necessários e suficientes para se efetuar a transformação, sendo o número de equações igual ao número de incógnitas; e **com ajuste**, sendo o número de equações maior que o número de incógnitas.

Estes dois grupos de transformação foram subdivididos em dois: transformação com um fator de escala, e com dois fatores de escala.

A transformação de coordenadas com um fator de escala está baseada na premissa de que as coordenadas planimétricas no monitor estão na mesma escala. A transformação de coordenadas com dois fatores de escala supõe que as coordenadas X e Y tenham escalas diferentes.

Esta questão de escalas diferentes para coordenadas planimétricas foi levantada pelo fato de que monitores têm resoluções diferentes em sentidos horizontal e vertical. Como exemplos : 640 x 480; 800 x 600; 1024 x 768, correspondentes respectivamente para X e Y.

Empregaram-se 5 métodos diferentes de transformação de coordenadas :

- a) Método 1, sem ajuste, utilizando-se um fator de escala e dois pontos de apoio;
- b) Método 2, sem ajuste, utilizando-se dois fatores de escala e três pontos de apoio
- c) Método 3, com ajuste, utilizando-se um fator de escala e três pontos de apoio;;
- d) Método 4, com ajuste, utilizando-se um fator de escala e quatro pontos de apoio; e
- e) Método 5, com ajuste, utilizando-se dois fatores de escala e quatro pontos de apoio.

A base matemática do método de transformação de coordenadas, sem ajuste, e com um fator de escala, obteve-se de AGUIRRE (1993). A seqüência de cálculos com ajuste e sem ajuste pode ser consultada também em VILLELA (1996).

Calculou-se primeiramente os quatro parâmetros de transformação, tomando-se dois pontos de apoio e seus homólogos no monitor (quatro equações com quatro incógnitas). De posse desses parâmetros, foi efetuada a transformação das coordenadas de outros pontos do monitor para o terreno. Para o método 2, formaram-se 6 equações com 4 incógnitas, e para o método 3, 8 equações para as mesmas incógnitas.

O princípio matemático para transformação de coordenadas, considerando dois fatores de escala, foi desenvolvido, para este trabalho, por AGUIRRE, A.J.

As fórmulas que relacionam o sistema de coordenadas do monitor com o sistema de coordenadas terrestres são:

$$\begin{aligned}U_p &= \lambda x \cos \alpha - \varphi y \sin \alpha + U_t \\V_p &= \lambda x \sin \alpha + \varphi y \cos \alpha + V_t\end{aligned}\quad (1)$$

Onde:

α = ângulo de rotação entre ambos os sistemas

λ = fator de escala paralelo ao eixo x

φ = fator de escala paralelo ao eixo y

U_t e V_t = coordenadas da origem do sistema x, y no sistema U, V

A transformação de um sistema para outro será possível conhecendo α , λ , φ , U_t e V_t , portanto 5 incógnitas.

A metodologia empregada consistiu em calcular as incógnitas U_t e V_t separadamente e calcular conjuntamente os produtos $\lambda \cos \alpha$; $\varphi \sin \alpha$; $\lambda \sin \alpha$ e $\varphi \cos \alpha$, ampliando-se o número de incógnitas de 5 para 6.

Chamando-se:

$$\lambda \cos \alpha = c$$

$$\varphi \sin \alpha = d$$

$$\lambda \sin \alpha = e$$

$$\varphi \cos \alpha = h$$

Tem-se a fórmula 1 com as seguintes expressões:

$$U_p = xc - yd + U_t$$

$$V_p = xe + yh + V_t$$

Para a solução destas fórmulas é condição necessária e suficiente a formação de 6 equações para o cálculo das 6 incógnitas.

Os parâmetros de transformação deste método foram calculados satisfazendo a condição supracitada, tomando-se 3 pontos com coordenadas conhecidas em ambos os sistemas, e com redundância, isto é, formando-se mais equações do que incógnitas, possibilitando um ajustamento, tomando-se 4 pontos para formar 8 equações com 6 incógnitas.

O método com ajuste permitiu o cálculo do desvio padrão do sistema e de cada parâmetro de transformação.

Avaliação de distâncias e áreas

Com as coordenadas dos pontos do terreno e as coordenadas transformadas para o terreno, foram calculadas as distâncias pôr meio da fórmula Pitagórica:

$$\overline{AB} = \sqrt{(X_b - X_a)^2 + (Y_b - Y_a)^2}$$

Com as mesmas coordenadas, foram calculadas as áreas, aplicando-se a fórmula de Gauss:

$$S = \frac{(X_1 \cdot Y_2 + X_2 \cdot Y_3 + \dots + X_{n-1} \cdot Y_n + X_n \cdot Y_1) - (Y_1 \cdot X_2 + Y_2 \cdot X_3 + \dots + Y_{n-1} \cdot X_n + Y_n \cdot X_1)}{2}$$

Os resultados obtidos foram comparados entre si, tomando-se como referência os resultados dos cálculos obtidos com as coordenadas do terreno.

Com os resultados das comparações, foi possível calcular as médias entre as distâncias e as áreas de cada medida, o erro verdadeiro e o erro relativo, bem como a média destes para cada método aplicado.

Para o cálculo dos erros, as fórmulas aplicadas foram:

a) erro verdadeiro $EV = D_i - D_t$;

b) erro relativo $ER = \frac{D_i - D_t}{D_t}$; e (18);

c) erro relativo percentual $ER\% = \text{erro relativo} \times 100$ (19);

onde:

D_i = valores calculados com coordenadas transformadas; e

D_t = valores oriundos do terreno.

Aplicou-se o teste de Duncan para comparar as médias obtidas utilizando o SAS.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As coordenadas terrestres dos 8 pontos de controle empregados figuram na Tabela 2.

Tabela 2 - Coordenadas dos PC no terreno

PC	X (m)	Y (m)
A	4901,73	564,92
B	3754,37	831,95
C	3601,23	577,90
D	3484,45	-242,94
E	4057,11	-475,12
F	4205,40	-476,95
G	4131,89	-746,01
H	3938,98	1020,35

As coordenadas do aerofotograma digitalizado transformadas para o terreno deram origem às distâncias apresentadas no Anexo 1, juntamente com os EV e ER% dos cinco métodos empregados e com as médias dos valores de ER% em módulo.

Nos cinco métodos, os ER% destoantes correspondem às distâncias \overline{BC} , \overline{CH} e \overline{EF} , este fato levou à análise dos pontos que deram origem ao cálculo de distâncias, e comprovou-se que os pontos B, C e H encontram-se localizados na periferia do aerofotograma, portanto, em lugares de maior distorção.

O ponto C corresponde ao encontro de estrada com alinhamento de cerca. Em gabinete é fácil perceber a interseção de ambos os detalhes, porém, no terreno, como o leito da estrada está em nível inferior à área adjacente, fica difícil para o operador colocar o teodolito na posição exata, perfeitamente alinhado com a cerca.

Os outros dois pontos, *B* e *H*, são entroncamentos rodoviários e não apresentavam o mesmo inconveniente encontrado no ponto *C*.

Os pontos *E* e *F* estão localizados na parte central do modelo estereoscópico. O ponto *E*, teoricamente, deveria ser o centro da rua principal do Campus com a extremidade Sul da ponte, porém, na prática, discernir perfeitamente a localização deste ponto tornou-se subjetivo, pois não foi possível determinar com exatidão tal extremidade da ponte. O ponto *F*, apesar de ser também um entroncamento rodoviário, apresentou o inconveniente da dificuldade de centrar o cursor pôr estar localizado perto de um edifício e de uma árvore de grande porte, com conseqüente perda de precisão na marcação do ponto.

Atribui-se a estes fatos os ER% comparativamente grandes, ocorridos para as distâncias citadas. Considerando-se que, para as demais distâncias, onde as coordenadas dos pontos *E* e *F* não estiveram presentes nos cálculos, os resultados foram aceitáveis, optou-se pôr não se levar em conta a distância \overline{EF} no Teste de Duncan.

No Anexo 1, os menores valores médios de ER% foram 0,99 % e 1,00 % para os métodos 5 e 3, respectivamente, sendo portanto os melhores métodos. Analisando-se os ER% individuais, observa-se que o menor valor (0,00 %), para os métodos 1 e 2, corresponde à distância \overline{AD} , para o método 3 a \overline{AG} , para o 4 a \overline{BG} , e para o 5 a \overline{DH} .

A tendência de comportamento dos ER% com relação às distâncias dos cinco métodos são mostradas na Figura 2, onde observa-se que os erros diminuem com o aumento das distâncias.

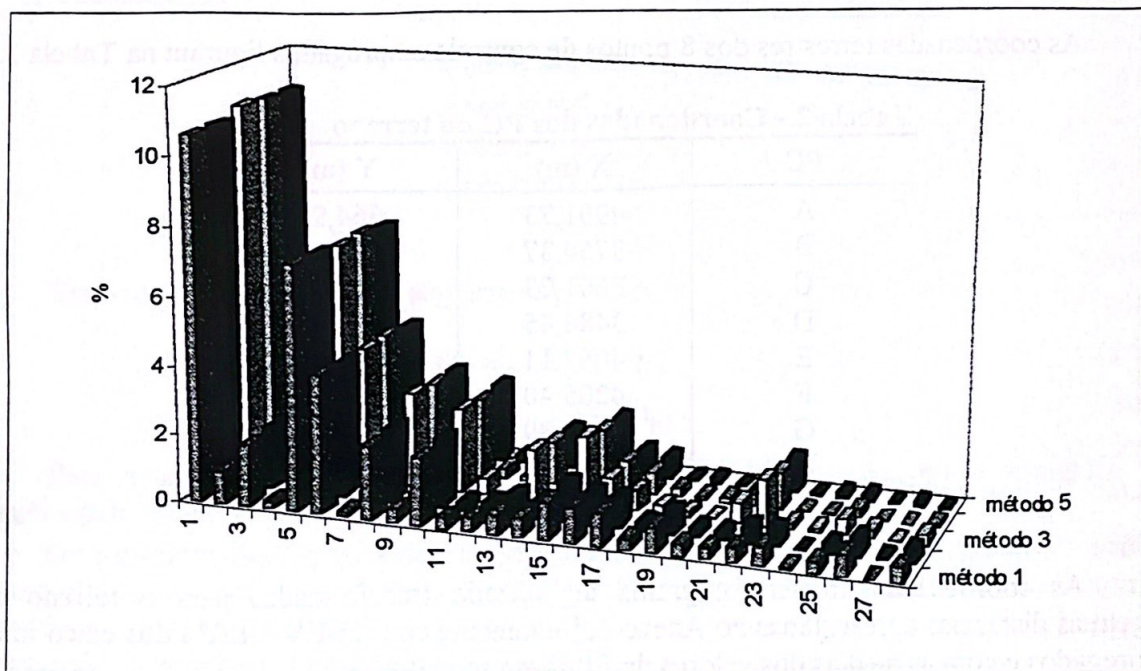


Figura 2 - ER% em função das distâncias.

Analisando-se os diferentes métodos pelo Teste de Duncan, este separou os métodos em 2 grupos que diferem significativamente entre si, como mostra a Tabela 3. Tem-se, por um lado, o grupo formado pôr 1, 2 e 4 e, pôr outro, os métodos 1, 3, 4 e 5, existindo interseção entre os métodos 1 e 4. Conforme os valores médios de ER%, o melhor é o Método 5 e o pior o Método 2, sendo, os valores respectivamente, 0,98833% e 1,12829%.

Estes resultados indicam que o melhor comportamento corresponde à transformação com ajuste e com dois fatores de escala, e o pior àquela sem ajuste e dois fatores de escala.

Tabela 3 Teste de Duncan para as distâncias (módulo de ER%).

Agrupamento Duncan		Médias ER%	N.º de observações	Método
	A	1.12829	27	2
B	A	1.02316	27	1
B	A	1.03530	27	4
B		0.99882	27	3
B		0.98833	27	5

Obs.: Médias com a mesma letra não possuem diferenças significativas.

As áreas de alguns polígonos calculadas com as coordenadas do aerofotograma, transformadas para o terreno, apresentam-se no Anexo 2, onde figuram também as médias dos ER% em módulo com seus respectivos sinais.

Os maiores ER% apresentaram-se para os polígonos \overline{CDE} , \overline{CDF} , \overline{DFG} .

O melhor resultado, analisando-se a média dos ER% ocorreu para o Método 1 e o pior para o Método 2, sendo, respectivamente, 0,96% e 1,33%.

Estes resultados indicam que o melhor comportamento corresponde à transformação sem ajuste e com um fator de escala, e o pior àquela sem ajuste e dois fatores de escala.

Observa-se, na Figura 3, que permanecem menores ER% para maiores áreas, porém não tão evidentes como seria de se esperar. Verificam-se ainda variações marcantes entre métodos.

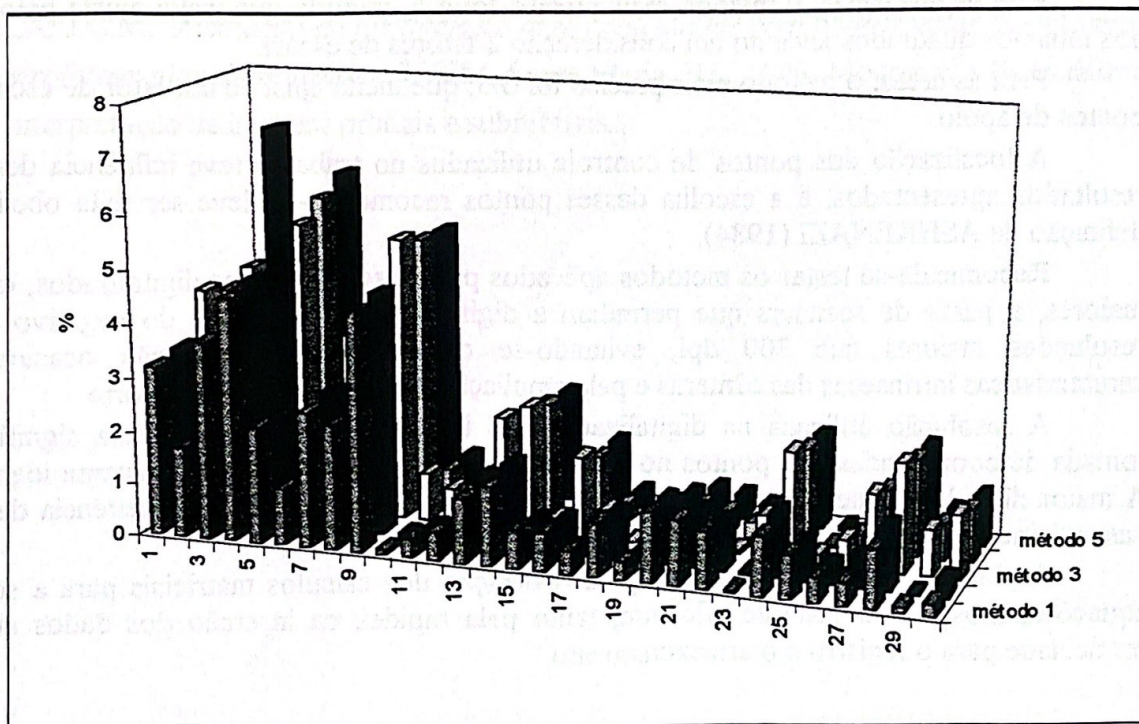


Figura 3 - ER% x áreas.

A diferença entre os métodos aplicados também se evidencia na Tabela 4, onde formaram-se 3 grupos, sendo que existe diferença significativa entre os Métodos 1 e 2.

Tabela 4 Teste de Duncan para as áreas (módulo de ER%).

Agrupamento Duncan		Médias ER%	N.º de observações	Método
	A	1.5203	30	2
B	A	1.7293	30	4
B	C	1.7220	30	5
B	C	1.8632	30	3
	C	1.3381	30	1

Obs.: Médias com a mesma letra não possuem diferenças significativas.

4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com base nos resultados obtidos e atendendo ao objetivo do trabalho, conclui-se que a utilização dos métodos descritos é viável em trabalhos preliminares de avaliação de distâncias e áreas em que a necessidade de precisão topográfica não seja imprescindível.

De maneira geral, o cálculo de distâncias demonstrou-se mais preciso que o cálculo de áreas, indicando que não houve compensação dos erros lineares neste cálculo.

Para as distâncias, o método mais preciso foi o 5, método que inclui ajuste pelo processo dos mínimos quadrados levando em consideração 2 fatores de escala.

Para as áreas, o método mais preciso foi o 3, que inclui ajuste e um fator de escala, com 3 pontos de apoio.

A localização dos pontos de controle utilizados no trabalho teve influência decisiva nos resultados apresentados, e a escolha desses pontos recomenda-se deve ser feita obedecendo à definição de ASHKENAZI (1984).

Recomenda-se testar os métodos aplicados para aerofotogramas digitalizados, em escalas maiores, a partir de scanners que permitam a digitalização diretamente do negativo e atinjam resoluções maiores que 300 dpi, evitando-se o aumento de distorção ocasionado por características intrínsecas das câmaras e pela ampliação fotográfica em laboratório.

A resolução utilizada na digitalização das imagens não teve influência significativa na tomada de coordenadas dos pontos no monitor, pois estes puderam ser facilmente identificados. A maior dificuldade, nesta etapa do trabalho, apresentou-se onde havia a existência de sombras nas proximidades dos pontos.

A planilha eletrônica, utilizada para realização dos cálculos matriciais para a solução de equações, mostrou-se bastante eficiente, tanto pela rapidez na inserção dos dados como pela praticidade para o registro e o armazenamento.

5 BIBLIOGRAFIA

- AGUIRRE, A. J. *Projeto de melhoria da qualidade de ensino*. Governo do Estado do Rio Grande do Sul, Secretaria da Educação. Porto Alegre: Corag, 1993. Cap. II.
- ASHKENAZI, V., STEVEN, M.D., DODSON, A.H. & MATHER, P.M. *Location Satellite positioning techniques*, in: *Proceedings of Remote Sensing Workshop on Terrestrial Positioning and Geometric Correction of imagery*, Geography Department, University of Nottingham, 1984. p. 5-7.
- AXELSSON, P., GÜLCH, E., STOKES, J. & ROESLER, C.. *Combiing different information sources for reconstruction of 3D objects in digital images*. ISPRS Symposium - Close-Range Photogrammetry Meets Machine Vision. Zurich, Switzerland. SPIE, 1990. p. 209-216,.
- MATHER, P.M. *Computer processing of remotely-sensed images: an introduction*. Chichester: John Wiley & Sons. 3 ed. 1993. 352 p.
- VILLELA, J.C.M. *Avaliação de distâncias e áreas calculadas com coordenadas transformadas de aerofotografias digitalizadas*. UFSM, Santa Maria, RS, 1996. Monografia Especialização em Interpretação de imagens orbitais e suborbitais.

Anexo 1
Cálculo de distâncias com coordenadas do aerofotograma 060020

Distância no terreno (m)	Distância (m)					ERROS									
	Métodos					Método 1		Método 2		Método 3		Método 4		Método 5	
	1	2	3	4	5	EV	ER %	EV	ER %	EV	ER %	EV	ER %	EV	ER %
EF	148,301	132,585	132,508	132,127	132,177	15,716	10,597	16,175	10,907	15,793	10,649	16,092	10,851	16,125	10,873
BH	263,770	266,219	266,064	266,194	265,794	-2,449	-0,929	-2,424	-0,919	-2,294	-0,870	-2,436	-0,924	-2,024	-0,767
FG	278,920	273,959	273,800	272,740	272,952	4,961	1,779	6,180	2,216	5,120	1,836	5,816	2,085	5,968	2,140
EG	281,020	281,569	281,404	279,109	279,978	-0,549	-0,195	1,911	0,680	-0,384	-0,137	1,249	0,444	1,042	0,371
BC	296,640	317,850	317,665	317,382	317,129	-21,210	-7,150	-20,742	-6,992	-21,025	-7,088	-20,902	-7,046	-20,489	-6,907
CH	556,630	579,119	578,782	578,712	578,020	-22,489	-4,040	-22,082	-3,967	-22,152	-3,980	-22,234	-3,994	-21,390	-3,843
DE	617,940	617,046	616,687	612,624	614,075	0,894	0,145	5,316	0,860	1,253	0,203	4,331	0,701	3,865	0,625
DF	757,980	741,794	741,362	736,931	738,436	16,186	2,135	21,049	2,777	16,618	2,192	19,991	2,637	19,544	2,578
DG	819,910	812,907	812,433	808,745	809,664	-3,265	-0,398	4,257	0,519	-2,786	-0,340	2,456	0,300	1,473	0,180
CD	829,110	823,175	822,696	815,653	818,437	16,203	1,954	20,365	2,456	16,677	2,011	19,143	2,309	19,446	2,345
AH	1065,040	1068,342	1067,720	1060,181	1062,959	-3,302	-0,310	4,859	0,456	-2,680	-0,252	3,011	0,283	2,081	0,195
BD	1108,260	1112,726	1112,078	1108,262	1108,863	-4,466	-0,403	-0,002	0,000	-3,818	-0,344	-1,353	-0,122	-0,603	-0,054
CE	1147,470	1140,928	1140,263	1130,141	1134,120	6,542	0,570	17,329	1,510	7,207	0,628	14,492	1,263	13,350	1,163
AB	1178,020	1184,728	1184,037	1178,024	1179,863	-6,708	-0,569	-0,004	0,000	-6,017	-0,511	-1,406	-0,119	-1,843	-0,156
CF	1215,620	1202,439	1201,738	1190,686	1195,101	13,181	1,084	24,934	2,051	13,882	1,142	21,897	1,801	20,519	1,688
AF	1253,140	1265,472	1264,734	1264,235	1262,901	-12,332	-0,984	-11,095	-0,885	-11,594	-0,925	-11,538	-0,921	-9,761	-0,779
AC	1300,560	1312,771	1312,005	1308,381	1308,793	-12,211	-0,939	-7,821	-0,601	-11,445	-0,880	-8,603	-0,661	-8,233	-0,633
AE	1339,800	1343,636	1342,853	1342,941	1341,208	-3,836	-0,286	-3,141	-0,234	-3,053	-0,228	-3,411	-0,255	-1,408	-0,105
BE	1341,670	1347,020	1346,235	1342,954	1342,972	-9,582	-0,714	1,696	0,126	-8,795	-0,655	-1,375	-0,102	-2,187	-0,163
DH	1342,570	1351,252	1350,465	1339,974	1343,857	-4,450	-0,331	-0,384	-0,029	-3,665	-0,273	-1,656	-0,123	-0,402	-0,030
BF	1384,430	1388,675	1387,866	1376,236	1380,694	-4,245	-0,307	8,194	0,592	-3,436	-0,248	4,864	0,351	3,736	0,270
CG	1426,300	1420,433	1419,605	1407,169	1412,030	5,867	0,411	19,131	1,341	6,695	0,469	15,625	1,096	14,270	1,001
EH	1500,130	1508,302	1507,423	1497,575	1500,896	-8,172	-0,545	2,555	0,170	-7,293	-0,486	-0,451	-0,030	-0,766	-0,051
AG	1520,260	1521,197	1520,310	1518,977	1517,754	-0,937	-0,062	1,283	0,084	-0,050	-0,003	0,526	0,035	2,506	0,165
FH	1520,820	1525,769	1524,880	1513,786	1517,760	-4,949	-0,325	7,034	0,463	-4,060	-0,267	3,732	0,245	3,060	0,201
BG	1622,490	1631,355	1630,405	1631,355	1628,880	-9,952	-0,613	3,788	0,233	-9,001	-0,555	0,054	0,003	-0,966	-0,060
AD	1631,360	1632,442	1631,491	1618,702	1623,456	0,005	0,000	0,005	0,000	0,955	0,059	0,163	0,010	2,480	0,152
GH	1776,860	1784,764	1783,724	1771,557	1775,765	-7,904	-0,445	5,303	0,298	-6,864	-0,386	1,626	0,091	1,095	0,062
Média	1090,959	1090,323	1084,786	1086,384	1086,412	-2,932	-0,425	3,241	0,119	-2,296	-0,366	1,615	-0,024	1,643	-0,015
Médias/Méd.	1090,96	1090,32	1084,79	1086,38	1086,41	7,66	1,02	8,25	1,13	7,36	1,00	7,20	1,04	6,83	0,99

Calculo de áreas com coordenadas do aerofotograma 060020

Anexo 2

Área terreno (m ²)	Áreas (m ²)										ERROS																								
	Métodos					Método EV					Método 1					Método 2					Método 3					Método 4					Método 5				
	1	2	3	4	5	EV	ER %	EV	ER %	EV	ER %	EV	ER %	EV	ER %	EV	ER %	EV	ER %	EV	ER %	EV	ER %	EV	ER %	EV	ER %	EV	ER %						
CEG	22374,25	21656,10	21630,87	21444,53	21491,33	21497,14	718,14	3,21	743,38	3,32	929,72	4,16	882,92	3,95	877,11	3,92																			
DEB	68882,72	67730,03	67651,12	67068,32	67214,69	67232,86	1152,69	1,67	1231,61	1,79	1814,40	2,63	1668,03	2,42	1649,86	2,40																			
DEFG	88899,44	85582,17	85482,45	84746,05	84931,00	84953,95	3317,27	3,73	3416,99	3,84	4153,39	4,67	3968,44	4,46	3945,48	4,44																			
DFG	105590,44	100765,79	100648,38	99781,33	99999,09	100026,12	4824,65	4,57	4942,06	4,68	5809,11	5,50	5591,35	5,30	5564,32	5,27																			
CDE	137493,25	140470,72	127119,16	145106,04	145536,33	145939,70	-2977,47	-2,17	10374,09	7,55	-7612,79	-5,54	-8043,09	-5,85	-8446,45	-6,14																			
CDFG	189506,14	187529,12	187310,62	18697,00	186102,26	186159,57	1977,02	1,04	2195,52	1,16	3809,14	2,01	7803,85	3,45	3353,57	1,77																			
CDEG	226213,86	220564,88	220307,88	218410,00	218886,66	218945,83	5648,98	2,50	5905,98	2,61	9618,25	3,26	7327,20	3,24	7268,03	3,21																			
CDF	295096,58	288294,91	287959,00	285478,33	286101,35	286178,69	6801,67	2,30	7137,58	2,42	9618,25	3,26	8995,23	3,05	8917,90	3,02																			
BDE	309556,14	295736,29	295391,70	292847,00	293486,11	293565,44	13819,86	4,46	14164,44	4,58	16709,14	5,40	16070,04	5,19	15990,71	5,17																			
BDEG	339108,27	339379,84	338984,41	336064,17	336797,59	336888,63	-271,58	-0,08	123,86	0,04	3044,10	0,90	2310,67	0,68	2219,64	0,65																			
ADG	395846,59	397154,14	396691,39	393274,03	394132,30	394238,84	-1307,55	-0,33	-844,80	-0,21	2572,56	0,65	1714,29	0,43	1607,75	0,41																			
ADFG	415857,72	417945,90	417458,92	413862,65	414765,86	414877,97	-2088,18	-0,50	-1601,20	-0,39	1995,06	0,48	1091,86	0,26	979,74	0,24																			
ADF	457042,18	451735,43	451209,08	447322,07	448298,30	448419,47	5306,75	1,16	5833,10	1,28	9720,11	2,13	8743,88	1,91	8622,71	1,89																			
ADDF	473733,18	466919,05	466375,01	462357,35	463366,39	463491,64	6814,13	1,44	7358,17	1,55	11375,83	2,40	10366,79	2,19	10241,54	2,16																			
ADDEG	549133,24	552905,58	552261,34	547503,80	548698,67	548846,98	-3772,34	-0,69	-3128,10	-0,57	1629,44	0,30	434,58	0,08	286,26	0,05																			
ADG	569531,98	565618,88	566125,89	560904,63	562496,94	562281,31	3913,10	0,69	3406,09	0,60	8627,35	1,51	7035,04	1,24	7250,66	1,27																			
ABD	618015,96	620635,61	619912,46	614572,12	615913,36	616079,84	-2619,64	-0,42	-1896,49	-0,31	3443,84	0,56	2102,61	0,34	1936,12	0,31																			
ABDF	652681,26	659120,74	658352,75	652681,26	654105,67	654282,47	-6439,48	-0,99	-5671,48	-0,87	4454,02	0,65	-1424,40	-0,22	-1601,21	-0,25																			
ABDG	681767,59	683996,08	683199,10	677313,57	678791,73	678975,21	-8965,66	-1,30	-8150,46	-1,18	-2130,36	-0,31	-3642,32	-0,53	-3829,99	-0,55																			
ABE	690670,48	699636,14	698820,94	692800,84	694312,80	694500,47	-8529,27	-1,22	-7702,90	-1,10	-1600,26	-0,23	-3132,95	-0,45	-2213,09	-0,31																			
ABCD	700699,00	709922,28	708401,90	702299,26	703831,95	704022,20	-7475,45	-1,05	-6640,14	-0,94	-471,53	-0,07	-2020,79	-0,28	-2213,09	-0,31																			
ABCF	709419,59	716895,04	716059,73	704269,73	705002,49	705735,25	-284,37	-0,04	-295,87	-0,04	5574,53	0,79	4841,77	0,68	4109,01	0,58																			
ABG	802045,15	793269,23	792344,93	785519,15	787233,45	787446,24	8775,92	1,09	9700,22	1,21	16526,00	2,06	14811,70	1,85	14598,91	1,82																			
ACG	854839,51	861810,45	860806,29	853390,73	855253,16	855484,34	-6970,94	-0,82	-5966,78	-0,70	1448,78	0,17	-413,65	-0,05	-644,83	-0,08																			
ACD	857428,49	861403,61	860399,93	852987,87	854849,42	855080,49	-3975,12	-0,46	-2971,43	-0,35	4440,62	0,52	2579,07	0,30	2348,00	0,27																			
ACDF	930355,70	926217,06	925137,85	917168,11	919169,72	919418,17	4138,64	0,44	5217,85	0,56	13187,60	1,42	11185,98	1,20	10937,53	1,18																			
ABDG	991551,29	980798,35	979655,55	971216,15	973335,72	973598,81	10752,94	1,08	11895,75	1,20	20335,14	2,05	18215,57	1,84	17952,48	1,81																			
ACDG	1109723,44	1110856,17	1109561,83	1100003,33	1102403,97	1102701,95	-1132,73	-0,10	161,61	0,01	9720,11	0,88	7319,48	0,66	7021,50	0,63																			
Media	1152525,08	1149698,53	1148358,92	1138466,20	1140950,78	1141259,18	2826,55	0,25	4166,15	0,36	14058,87	1,22	11574,30	1,00	11265,90	0,98																			
Media Méd.	382944,83	382232,37	382232,37	379391,59	380211,89	380327,49	517,86	0,46	1230,32	0,76	4071,10	1,04	3250,79	0,88	3135,20	0,86																			
Media Méd.	382944,83	382232,37	382232,37	379391,59	380211,89	380327,49	3329,20	0,96	3435,13	1,09	4633,71	1,33	4140,18	1,24	4090,38	1,23																			