

## Uso da Monorestituição digital para Realização de Mapeamento planimétrico

Silvia Regina Nunes de Souza, *UFPR Curitiba*

Edson Aparecido Mitishita, *UFPR Curitiba*

Jorge Silva Centeno, *UFPR Curitiba*

- 1 Introdução
- 2 Materias e Métodos
  - 2.1 Área teste
  - 2.2 Material utilizado
  - 2.3 Metodologia
    - 2.3.1 Obtenção da altimetria
    - 2.3.2 Monorestituição digital
- 3 Avaliação dos Resultados
  - 3.1 Avaliação da altimetria
  - 3.2 Análise da planimetria
    - 3.2.1 Análise estatística das diferenças entre as coordenadas planimétricas
    - 3.2.2 Classificação das cartas obtidas pela monorestituição digital
      - 3.2.2.1 Resultados da retificação realizada com a varredura estereofotogramétrica
      - 3.2.2.2 Resultados da retificação realizada com a varredura monoscópica
      - 3.2.2.3 Resultados da retificação realizada com as curvas de nível
    - 3.3 Avaliação da planimetria
- 4 Conclusões
- 5 Referências bibliográficas

► **Resumo**

### 1 Introdução

Os recentes desenvolvimentos computacionais têm proporcionado o surgimento de novas práticas fotogramétricas baseadas na automação do processo de restituição monocular e simplificação dos equipamentos fotogramétricos.

O processo de restituição baseada na visão monocular, desenvolvido por Makarovic no início dos anos 70, foi pouco aplicado na prática devido à inexistência de computadores com capacidade para armazenar e processar o grande volume de dados necessários ao processo. Atualmente, com o desenvolvimento da informática, esta deficiência foi superada e a monorestituição pode ser implementada em computadores pessoais com o auxílio de programas de computação gráfica (CAD - *Computer Aided Design*), permitindo um melhor aproveitamento das técnicas fotogramétricas na obtenção ou atualização de mapeamentos digitais. A aplicação deste procedimento está vinculada ao uso de um DTM (*Digital Terrain Model* - Modelo Digital do Terreno) e da equação de colinearidade inversa (MAKAROVIC,

1970), a fim de que, por um processo iterativo, as coordenadas planimétricas de um ponto sejam determinadas.

Contudo, apesar do desenvolvimento de vários procedimentos fotogramétricos baseados em imagens digitais, existe a necessidade de investigar questões de ordem operacional e prática, além de verificar se os resultados obtidos encontram-se dentro dos padrões de qualidade alcançados com os procedimentos tradicionais. A comparação entre os resultados obtidos com a monorestituição digital e a restituição convencional permitirá estabelecê-la como técnica viável, de fácil execução, considerando suas limitações de acordo com a finalidade do levantamento.

## 2 Materias e Métodos

### 2.1 Área teste

A área teste é um bairro da cidade de Foz do Iguaçu situada no Estado do Paraná. Especificamente, esta área se encontra entre as coordenadas 54° 33' 34,0"W e 25° 27' 13,9"S, e 54° 28' 52,7"W e 25° 30' 03,0"S.

### 2.2 Material utilizado

Para a realização deste trabalho, utilizou-se o seguinte material:

- 3 fotos na escala 1/60000 digitalizadas matricialmente pela empresa Aerolmagem S/A, utilizando um scanner fotogramétrico, com precisão de 1000 d.p.i. (1 pixel tem 0,0254 mm) para cada foto obtida por meio de uma câmara super grande angular com distância focal de 85,520mm;
- 
- programa *Sistema Monorestituidor Digital (SMD)*
- 
- programa *Surfer* para realizar o modelamento matemático da superfície;
- 
- programas *CAD Microstation* e *MaxiCad*;
- 
- programa *IrasC*, gerenciador de imagem;
- 
- programa matemático *Matlab*;
- 
- programa estatístico *Statgraphics*;
- 
- mapa plani-altimétrico digital na escala 1:10000 (restituído entre 1995 e 1996 pela empresa Aerolmagem Fotogrametria S/A, utilizando os instrumentos Wild B-8 e Wild A-10).
- 
- coordenadas dos pontos fotogramétricos, provenientes da aerotriangulação, fornecidos pela empresa Aerolmagem Fotogrametria S/A.
- 

### 2.3 Metodologia

Apresenta-se neste trabalho, uma metodologia para a realização da monorestituição digital de fotografias aéreas digitais na escala 1:60000, visando obter cartas planimétricas na escala

1:25000, tendo-se como base o programa *SMD* e informações altimétricas provenientes de diferentes fontes: varredura estereofotogramétrica, varredura monoscópica e curvas de nível. Amostras de pontos dos arquivos vetoriais monorestituídos foram coletadas e comparadas com a amostra retirada do original estereorestituído. A realização de análises estatísticas vieram contribuir na verificação dos resultados. Considerou-se a restituição estereofotogramétrica isenta de erros. Estes mesmos dados serviram para classificar as cartas geradas pelo processo de monorestituição, de acordo com o Decreto Lei 89.817 de 20 de junho de 1984.

As grades altimétricas geradas no programa *Surfer* foram avaliadas através da ocorrência de diferença significativa entre os dados altimétricos originais provenientes da estereorestituição e os dados provenientes da varredura estereofotogramétrica, varredura monoscópica e curvas de nível.

### 2.3.1 Obtenção da altimetria

Para a retificação das cartas obtidas por meio da monorestituição digital foram utilizadas três fontes altimétricas: varredura estereofotogramétrica, varredura monoscópica e curvas de nível. A varredura estereofotogramétrica é um procedimento no qual o operador (num restituidor analógico) mantém a marca flutuante na superfície do modelo enquanto percorre o mesmo ao longo de linhas de mesma elevação.

A varredura monoscópica é um procedimento disponível no programa *SMD* no qual são observados pontos no modelo que representam a variação altimétrica da região de interesse. Para tanto, é condição principal deste procedimento que o mesmo detalhe que identifica o ponto selecionado seja visível na foto da esquerda e da direita. A realização deste procedimento está vinculada à realização das orientações interior, espacial aproximada e espacial exata de cada foto que forma o modelo, bem como as orientações relativa e absoluta que orientam o modelo.

Curvas de nível são linhas traçadas no mapa que possuem o mesmo valor altimétrico. No presente trabalho as informações das curvas de nível foram extraídas do arquivo digital proveniente da restituição convencional.

Devido à distribuição irregular dos pontos altimétricos provenientes dos processos citados anteriormente, os arquivos referentes a estes dados altimétricos foram submetidos ao programa *Surfer* a fim de gerar uma malha regular de pontos (espaçamento em X e Y de 60 metros), uma vez que o programa *SMD* exige uma distribuição aproximadamente regular para os pontos que descrevem a informação do relevo.

Dentre os interpoladores disponibilizados pelo *Surfer*, foi escolhido o interpolador *kriging*, pois, segundo o seu manual, este é o método que apresenta melhores resultados para todos os tipos de conjunto de dados. Foram utilizadas as configurações básicas dadas pelo programa para produzir uma grade a partir dos dados de entrada.

### 2.3.2 Monorestituição digital

A monorestituição digital foi realizada com o auxílio do programa *SMD*. O procedimento para efetuar a monorestituição digital está vinculado à execução das orientações interior, espacial aproximada e espacial exata de cada aerofoto. Isso deve ser feito porque os parâmetros obtidos na orientação espacial aproximada e exata são utilizados na retificação planimétrica da digitalização. No caso da realização da varredura monoscópica, não é necessário realizar novas orientações, e pode-se usar os parâmetros obtidos neste procedimento.

A geração da carta por meio da monorestituição requer a realização das seguintes etapas (MITISHITA, 1997a):

a) Digitalização das entidades de interesse: com a fotografia no vídeo, procede-se a digitalização das entidades de interesse. Foram selecionadas feições de formato mais regular e que apresentavam maior conformidade com as entidades da restituição convencional. Foram elas: cerca, edificação, arruamento e muro.

b) Transformações entre referenciais do espaço imagem e objeto: esta etapa diz respeito à retificação da digitalização, ou seja, ela faz com que os pontos que definem as entidades digitalizadas sejam transformados do referencial de desenho para o referencial geodésico local.

Devido às diferentes fontes altimétricas utilizadas no presente trabalho foram obtidas três cartas planimétricas na escala de 1:25000.

### 3 Avaliação dos Resultados

Foram analisadas as informações altimétricas e as coordenadas planimétricas das feições selecionadas que foram geradas pela monorestituição digital.

Tomou-se como base as especificações do Decreto Lei, que estabelece parâmetros para a classificação de cartas. Esta classificação pode ser feita por meio do Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC). Utilizou-se o PEC, levando-se em consideração a escala adotada para elaboração das cartas (1/25000) e os parâmetros para tal escala, listados na tabela 1.

		PEC			
		Planimétrico		Altimétrico	
Escala	Classe	Carta (mm)	Terreno (m)	Carta (eqd)	Terreno (m)
1:25000	A	0.5	12.5	10*(1/2)	5.0
	B	0.8	20.0	10*(3/5)	6.0
	C	1.0	25.0	10*(3/4)	7.5

#### 3.1 Avaliação da altimetria

Os dados altimétricos utilizados na retificação da digitalização foram avaliados a fim de verificar a qualidade do interpolador empregado no modelamento matemático de superfície (DTM). Para tanto foram utilizados um arquivo de pontos coletados na restituição convencional, arquivos altimétricos que foram submetidos ao *Surfer* e uma ferramenta do programa denominada *residuals*. Esta ferramenta compara os dados dos arquivos, calculando a diferença entre os valores das suas coordenadas z. Estas diferenças são chamadas resíduos, que podem ser positivos ou negativos. Se o valor da cota gerada pela restituição for maior que o valor gerado pelo *Surfer*, o resíduo será positivo. Caso contrário, ele será negativo. A fórmula utilizada para calcular este resíduo é:

$$z_{res} = z_{dat} - z_{grd} \quad (1)$$

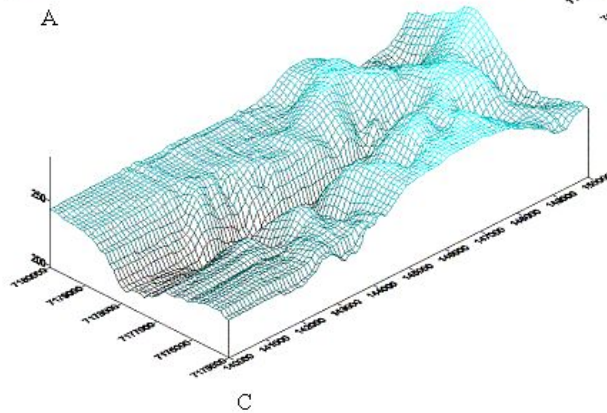
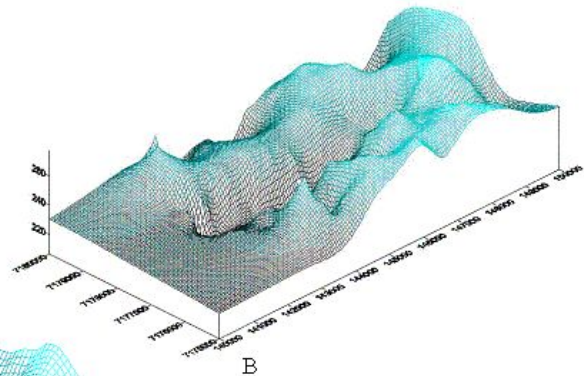
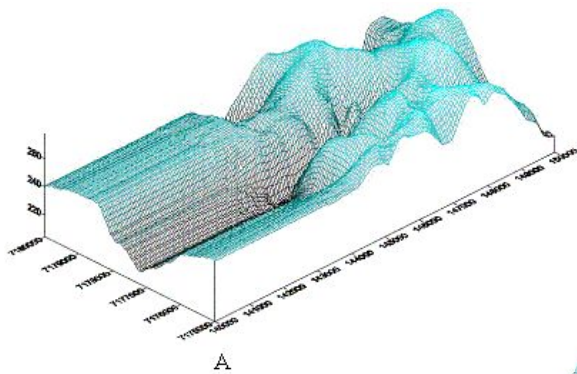
onde  $z_{res}$  é o valor do resíduo,  $z_{dat}$  é o valor de z no arquivo de entrada e  $z_{grd}$  é o valor de z gerado pelo *Surfer*.

Com as diferenças obtidas pelo *Surfer* calculou-se o desvio padrão e este resultado foi avaliado com base no Decreto Lei, conforme a tabela 1 apresentada anteriormente.

Comparando-se os resultados do desvio padrão obtido para cada diferença entre a restituição e as diferentes fontes de altimetria, presentes na tabela 2, estes se mostraram satisfatórios. Como era esperado, os dados referentes às curvas de nível apresentaram um melhor desempenho, visto que os dados são provenientes da mesma fonte que gerou a restituição convencional. Entretanto, os demais resultados se aproximam ao das curvas de nível, podendo ser considerados bons.

**Tabela 2 : Resultados estatísticos referentes à altimetria**

	Média	Desvio padrão
Diferença entre a restituição e varredura estereofotogramétrica	2.7722	1.559
Diferença entre a restituição e varredura monoscópica	3.3081	2.1301
Diferença entre a restituição e curva de nível	1.0095	1.2124



**Figura 1 : Representação das fontes altimétricas**

Levando-se em consideração as representações dos DTM's na figura 1, nota-se que as figuras geradas com as informações altimétricas provenientes da varredura estereofotogramétrica (fig. 1A) e das curvas de nível (fig. 1C), apresentam maior similaridade entre si. A figura 1B, cuja representação é derivada da varredura monoscópica, apresenta diferenças em relação às outras, ilustrando o fato de que poucos pontos em certas regiões acarretam uma aproximação do interpolador que não corresponde à realidade. Isto pode ser percebido na região onde nesta figura está representada uma extensão plana e nas outras, no mesmo local, há a presença de um vale.

### **3.2 Análise da planimetria**

Esta análise compreendeu duas etapas. A primeira diz respeito a uma análise estatística das diferenças entre as coordenadas planimétricas das feições provenientes da restituição convencional e as obtidas pela monorestituição digital. A segunda trata da classificação das cartas obtidas pela monorestituição digital.

#### **3.2.1 Análise estatística das diferenças entre as coordenadas planimétricas**

Com o auxílio do programa *MicroStation*, foram coletadas as coordenadas planimétricas das feições selecionadas presentes na restituição convencional e em cada carta gerada pela monorestituição, calculando-se a diferença entre as coordenadas E e N destas feições. Estas diferenças foram separadas de acordo com o tipo de feição e a fonte altimétrica utilizada na retificação da digitalização. Cada conjunto das diferenças foi submetido a dois tipos de testes estatísticos: um teste para a verificação da normalidade dos dados (diferenças entre as coordenadas) e o teste  $T^2$  de Hotelling.

A verificação da normalidade foi feita utilizando o teste de Kolmogorov-Smirnov (teste K-S), presente no programa estatístico *Statgraphics*. Para cada diferença foi calculada a distância quadrada generalizada (JOHNSON and WICHERN, 1998):

$$d_j^2 = (x_j - \bar{x})^T S^{-1} (x_j - \bar{x}) \quad (2)$$

onde  $j = 1, \dots, n$ ,  $x_j$  é o vetor que contém as diferenças entre as coordenadas ( $\Delta E$  e  $\Delta N$ ), é o vetor que contém as médias de  $\Delta E$  e  $\Delta N$  e  $S$  é a matriz variância-covariância entre  $\Delta E$  e  $\Delta N$ . O sinal  $T$  indica vetor transposto.

Cada conjunto destas distâncias foi submetido ao *Statgraphics*, utilizando o teste K-S. Em resposta, o teste fornece um valor de probabilidade, que deve ser maior do que 0,05 para confirmar a normalidade da amostra, que é um requisito para a aplicação do teste descrito a seguir.

A utilização do teste estatístico  $T^2$  de Hotelling serviu para verificar a hipótese de que a média da amostra coincide com a origem, ou seja, é nula. Caso a hipótese nula seja aceita com um nível de significância  $\alpha = 95\%$  (utilizado no presente trabalho), a maior parte das observações se concentra em torno de (0,0). Se a hipótese nula for rejeitada, a média do conjunto não está próxima de (0,0), ou seja, existe uma tendência da amostra se concentrar num ponto fora da origem. Este teste é dado por:

a)  $H_0: \mu = \mu_0$  (3)  
 $H_1: \mu \neq \mu_0$

b) 
$$n(\bar{X} - \mu_0)^T S^{-1}(\bar{X} - \mu_0) > \frac{(n-1)p}{(n-p)} F_{(p,n-p)}$$

onde  $n$  é o número da amostra,  $\bar{X}$  é o vetor das médias de  $\Delta N$  e  $\Delta E$ ,  $\mu_0 = [0 \ 0]^T$ ,  $S$  é a matriz variância-covariância entre  $\Delta N$  e  $\Delta E$ ,  $p$  é o número de variáveis ( $p = 2$ , que equivale às médias de  $\Delta N$  e  $\Delta E$ ),  $F_{(p,n-p)}$  é o valor obtido na tabela  $F$  de Snedecor com  $(p,n-p)$  graus de liberdade.

### 3.2.2 Classificação das cartas obtidas pela monorestituição digital

Após a verificação da normalidade dos dados, procedeu-se à aplicação dos parâmetros do Decreto Lei para classificar as cartas obtidas pela monorestituição digital. Esta verificação foi feita por meio da geração de um gráfico no qual o eixo vertical diz respeito à diferença entre as coordenadas N e o eixo horizontal refere-se à diferença entre as coordenadas E.

O Decreto Lei fixa valores máximos para cada classe que foram representados sob forma de círculos com raios iguais ao valor máximo permitido por classe. Assim, os círculos verde, preto e magenta (figuras 2, 3 e 4 presentes nos itens a seguir) possuem raios iguais aos valores do PEC na quarta coluna da tabela 1 em relação à escala de 1:25000. Os raios são, respectivamente, 12,5 m para a classe A, 20 m para a classe B e 25 m para a classe C.

O círculo azul mostra a região que engloba 90% das observações de cada feição, lembrando que esta é uma condição para que uma carta seja classificada, pois, de acordo com o Decreto Lei, o PEC é um indicador estatístico de dispersão relativo a 90% de probabilidade, que define a exatidão de trabalhos cartográficos. Portanto, para se classificar uma carta na classe B, o círculo azul deve estar dentro do círculo preto.

#### 3.2.2.1 Resultados da retificação realizada com a varredura estereofotogramétrica

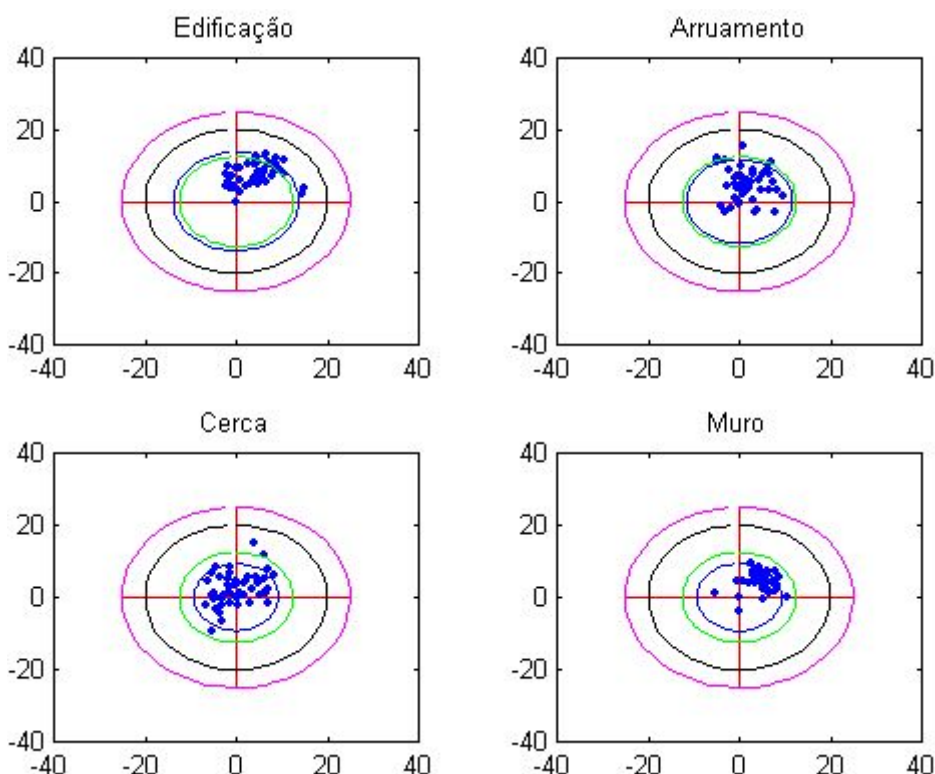
A figura 2 ilustra o gráfico para a classificação da carta. A tabela 3 resume os cálculos estatísticos realizados para cada feição. Verifica-se que as diferenças são normais (teste K-S), uma vez que em todos os casos o valor calculado pelo teste é maior do que 0,05, condição do teste para que a amostra seja considerada normal.

A mesma tabela mostra que as médias são iguais a zero (teste  $T^2$ ), pois o termo Teste  $T^2$  - primeira parte que se refere ao resultado do lado esquerdo da eq. 3 é maior do que o termo Teste  $T^2$  - segunda parte que mostra o lado direito daquela equação. Esta é a condição para que se aceite a hipótese nula ( $H_0$ ) a um nível de significância de 95%, para os quatro tipos de feições.

Feição	Edificação	Arruamento	Cerca	Muro
Número de pontos	50	47	50	40
Média de DE (m)	4.5016	1.5343	0.1054	4.624
Desvio padrão de DE (m)	4.2325	3.6547	4.2106	2.8409
Média de DN (m)	7.5546	4.5751	2.039	4.3218



Desvio padrão de DN (m)	2.7852	4.4577	4.4686	2.5325
Normalidade (teste K-S)	0.3904	0.4094	0.6801	0.3195
Teste T <sup>2</sup> – primeira parte	374.15	62.11	11.557	213.31
Teste T <sup>2</sup> – segunda parte	6.5144	6.551	6.5144	6.6604



**Figura 2 : DISTRIBUIÇÃO DAS DIFERENÇAS DAS COORDENADAS**

De acordo com o Decreto Lei, a feição edificação se enquadra na classe B, pois o círculo azul encontra-se dentro do preto. Analisando visualmente a distribuição das diferenças da feição edificação nota-se que a distribuição das diferenças não se concentra em torno da origem, o que caracteriza uma tendência para valores positivos. Os desvios neste caso podem ser causados pela altura das edificações. Este fato corrobora a teoria, uma vez que a monorestituição depende do DTM e este só fornece informação a respeito do chão. Então, em princípio, a monorestituição não fornece bons resultados em feições que apresentam variação de altura.

A feição arruamento foi classificada na classe A uma vez que o círculo azul está dentro do círculo verde. Nesta feição, que diz respeito às quadras, os pontos tendem a se concentrar mais em torno da origem. O gráfico indica que os desvios são menores. Isso era esperado, já que essa feição não apresenta altura. A presença dos desvios se deve ao fato de que houve diferença na identificação dos pontos que compõem esta feição na estereorestituição e na monorestituição.

Na feição cerca, os pontos se concentraram mais em torno da origem, o que pode indicar que esta feição estava bem definida na fotografia, permitindo uma melhor identificação e sendo. Esta feição foi classificada na classe A, pois o círculo azul está dentro do círculo verde.

A feição muro se encaixa na classe A de maneira similar à feição cerca. A análise visual da distribuição dos pontos desta feição mostra que muitos deles se concentram no 1º quadrante,



de maneira similar aos dados da feição edificação. A feição muro teve uma classificação melhor do que a edificação por possuir uma altura menor.

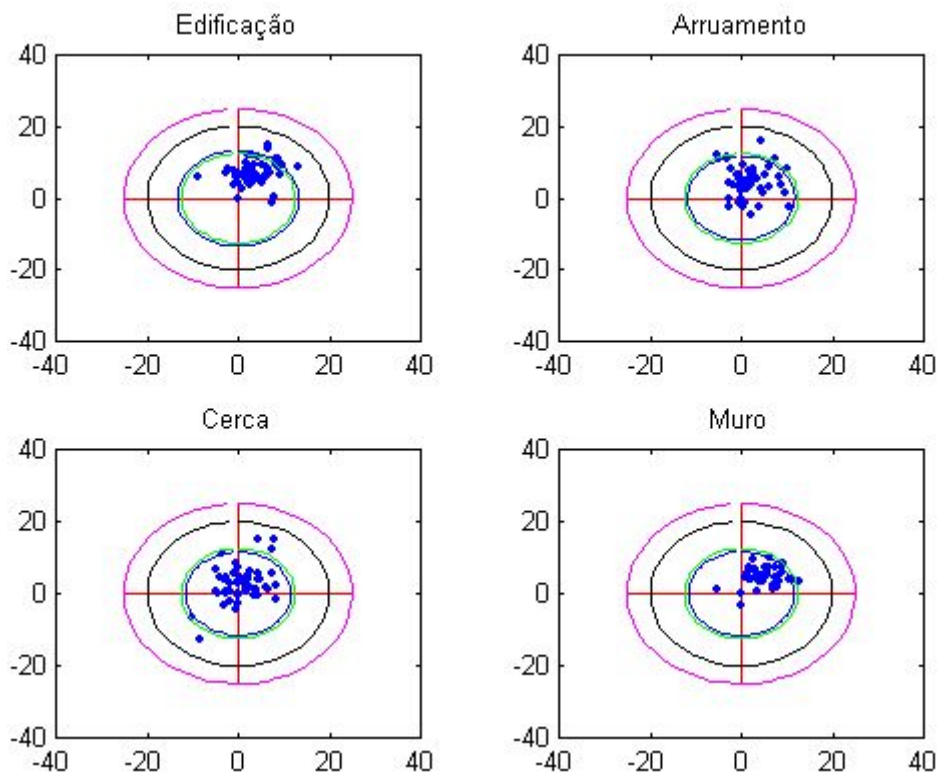
### 3.2.2.2 Resultados da retificação realizada com a varredura monoscópica

A tabela 4 mostra os resultados estatísticos obtidos para cada feição. De maneira similar à tabela 3, os resultados da tabela 4 indicam que as diferenças são normais (*teste K-S*) e que as médias são iguais a zero (*teste T<sup>2</sup>*)

**Tabela 4 : Avaliação estatística das feições retificadas com informações altimétricas da varredura monoscópica**

Feição	Edificação	Arruamento	Cerca	Muro
Número de pontos	50	47	50	40
Média de DE (m)	3.8772	2.0257	0.723	5.0567
Desvio padrão de DE (m)	3.9632	3.8795	4.188	3.4125
Média de DN (m)	7.2468	4.6868	2.4174	4.563
Desvio padrão de DN (m)	3.0927	4.4105	4.9543	2.5054
Normalidade ( <i>teste K-S</i> )	0.4752	0.5713	0.3704	0.2728
Teste T <sup>2</sup> – primeira parte	284.22	71.67	11.978	187.7
Teste T <sup>2</sup> – segunda parte	6.5144	6.551	6.5144	6.6604

Esta avaliação foi feita de maneira similar àquela descrita no item 3.2, como ilustra a figura 3. Pode-se notar que a disposição dos pontos é parecida com a figura 2.



**Figura 3 : DISTRIBUIÇÃO DAS DIFERENÇAS DAS COORDENADAS**

Em relação à classificação das feições, nota-se que a feição edificação, neste caso, se encaixa na classe B. A classificação das demais feições manteve-se igual à apresentada no item 3.2: as feições arruamento, cerca e muro se enquadram na classe A.

### 3.2.2.3 Resultados da retificação realizada com as curvas de nível

Na tabela 5 estão os resultados estatísticos obtidos para cada feição. Como nos casos anteriores, de acordo com os resultados listados nesta tabela, as diferenças são normais (teste K-S) e as médias são iguais a zero (teste  $T^2$ ).

Feição	Edificação	Arruamento	Cerca	Muro
Número de pontos	50	47	50	40
Média de DE (m)	2.8602	0.70957	-0.8876	3.8247
Desvio padrão de DE (m)	3.8298	3.7204	4.2295	3.0292
Média de DN (m)	6.2188	3.836	1.9678	3.712
Desvio padrão de DN (m)	2.5085	4.5675	4.7826	2.3882
Normalidade (teste K-S)	0.5765	0.5726	0.4771	0.5468
Teste $T^2$ – primeira parte	315.33	35.261	16.313	149.43
Teste $T^2$ – segunda parte	6.5144	6.551	6.5144	6.6604

De acordo com a figura 4, a distribuição dos pontos não é muito diferente das distribuições apresentadas nas figuras 2 e 3. Neste caso todas as feições se encaixam na classe A.

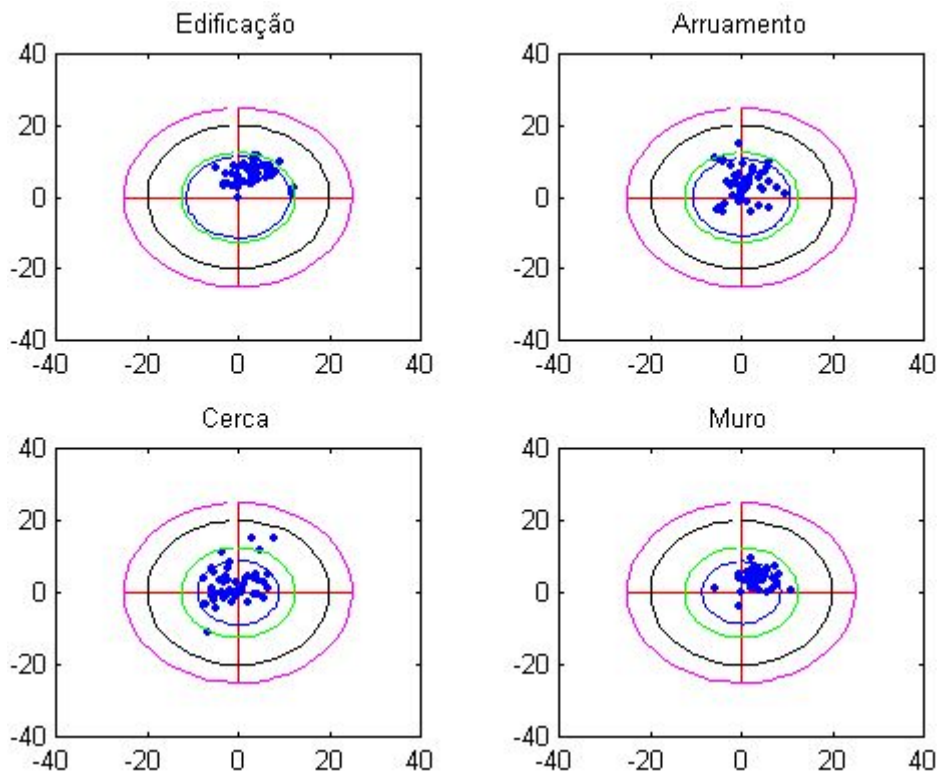


Figura 4 : DISTRIBUIÇÃO DAS DIFERENÇAS DAS COORDENADAS

### 3.3 Avaliação da planimetria

Os resultados obtidos na avaliação estatística pelo teste  $T^2$  mostram que todas as diferenças se concentram em torno de (0,0). Porém, observando as figuras 2, 3 e 4, percebe-se que a representação das diferenças das coordenadas das feições edificação e muro são as que mais se afastam da origem. Esta diferença pode ser atribuída ao fato de que o DTM trata somente das informações do terreno, não levando em consideração a altura de outros elementos presentes na área de interesse. Soma-se a isso a diferença de interpretação das mesmas feições, por parte de quem realizou a estereorestituição e a monorestituição, e o fato da escala da foto utilizada na monorestituição ser pequena (1:60000), causando certa dificuldade na digitalização das feições.

## 4 Conclusões

O trabalho permitiu verificar a viabilidade prática e operacional do uso da monorestituição digital na elaboração de uma carta planimétrica, tendo como base fotografias aéreas de pequena escala e informações altimétricas de diferentes fontes.

Em se tratando da realização da monorestituição digital, destacam-se algumas vantagens da sua aplicação como: facilidade operacional, não há necessidade da visão estereoscópica e equipamento de baixo custo. As desvantagens desta aplicação seriam a dependência de um DTM a fim de retificar a digitalização e a falta da visão estereoscópica, que pode dificultar a identificação de algumas feições.

Em relação às fontes altimétricas utilizadas, pode-se destacar o seguinte:

As curvas de nível apresentaram o melhor resultado, sendo este tipo de fonte altimétrica o mais comum, podendo ser obtidas em cartas de diversas escalas. Isto já era esperado visto que a informação altimétrica é derivada por meio da restituição estereofotogramétrica. No entanto, as curvas de nível fornecem apenas informações do terreno, o que dificulta a restituição de objetos com elevação, como prédios. A vantagem das curvas de nível é que os detalhes topográficos são bem definidos, fornecendo informação a respeito de vales e picos presentes no terreno.

A varredura monoscópica forneceu bons resultados. Em regiões com ausência de mapas topográficos na escala compatível com o trabalho que se queira realizar e conseqüente falta de informação altimétrica, a varredura monoscópica pode ser uma boa opção na obtenção das informações altimétricas. Porém, vale recordar da condição para realizar este procedimento: o mesmo detalhe fotoidentificável tem que estar visível nas duas fotos, o que nem sempre acontece. Um conjunto de pontos muito esparsos faz com que os resultados da interpolação, na geração do DTM, sejam imprecisos. Este fato pode ocorrer em fundo de vales, onde a presença de vegetação dificulta a identificação de pontos com precisão. Deste modo, grandes regiões deixam de ser adequadamente representadas. Assim, a informação altimétrica deixa de ser confiável em certas porções da imagem, mas não em toda ela. Em vista desta limitação, sugere-se que sejam desenvolvidas técnicas para automatizar a obtenção de pontos por meio da varredura monoscópica.

A varredura estereofotogramétrica também é uma solução viável como fonte de dados altimétricos, mas como este procedimento é realizado com uma distância fixa, podem ocorrer perdas de detalhes, como por exemplo, a falta das linhas de quebra (cumes e vales).

Quanto à classificação das cartas planimétricas geradas pela monorestituição digital, pode-se considerar que todas pertencem à classe A, levando-se em consideração os resultados obtidos pelas feições planimétricas localizadas na superfície do terreno.

A teoria que envolve a monorestituição digital e a realização dos procedimentos que envolvem o uso do programa Sistema Monorestituído Digital podem ser encontrados em (MAKAROVIC,1973), (MITISHITA, 1997a), (MITISHITA, 1997b) e (SOUZA, 2001).

## 5 Referências bibliográficas

- [1] BRASIL: Decreto Lei 89.817 de 20 de junho de 1984
- [2] JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W.: *Applied multivariate statistical analysis*, 4ª ed. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, 1998
- [3] LEAL, E. M.: *Análise da qualidade posicional em bases cartográficas geradas em CAD*, Curitiba 1998. 126 p. Dissertação de mestrado - Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná
- [4] MAKAROVIC, B.: *Digital mono-plotter*, ITC Journal, 1973-4, pp. 583-600
- [5] MITISHITA, E. A.: *Monorestituição digital de fotos associada com sistema de computação gráfica CAD, para fins de mapeamento na área florestal*, Curitiba, 1997a. 251 p. Tese de Doutorado, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná
- [6] MITISHITA, E. A.: *Manual de utilização do programa Sistema Monorestituído Digital, versão 2.0*, Curitiba, 1997b, 31 p.

- [7] **SOUZA, S. R. N.: *Uso da monorestituição digital, aerofotos de pequena escala e modelamento matemático de superfície (DTM) para realização de mapeamento planimétrico*, Curitiba 2001. 86 p. Dissertação de mestrado - Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná**
- [8] **SURFER: *User's guide*, Golden Software Inc. 1999**