

ERROS NO PROCESSO DE CONVERSÃO ANALÓGICO/DIGITAL DE BASES CARTOGRÁFICAS PARA SEREM UTILIZADAS EM SIG's

DALMOLIN, Quintino; MACHADO, Rodrigo Villela; SOUZA, Carlos Henrique Gomes

Universidade Federal do Paraná - UFPR - Departamento de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, CP 19.011 CEP: 81.531-990 Centro Politécnico Curitiba/PR
e-mail - dalmolin@geoc.ufpr.br
- rmachado@geoc.ufpr.br
- carlosgs@geoc.ufpr.br

ABSTRACT

The production of digital cartographic basis is an important step in the implementation of a Geographic Information System. This basis should be accurate enough for a good system to work out.

The used sources for the production of a digital cartographic basis are varied and they may be subject to a series of errors, from data field collection to the generation of a final product. Analogic data conversion step has been responsible for quality loss of entity positional information.

Keywords: GIS, Cartographic Basis, Analogic/Digital Data Conversion

RESUMO

Uma importante etapa na implementação de um Sistema de Informação Geográfica é a produção da base cartográfica digital, sendo a acurácia desta base imprescindível para o bom funcionamento do sistema.

As fontes utilizadas para produção de bases cartográficas digitais são as mais diversas possíveis estando sujeitas a uma série de erros, desde a obtenção dos dados no campo até a geração do produto final. A etapa de conversão dos dados analógicos para digital tem sido considerada como a principal responsável pela perda da qualidade da informação posicional das entidades.

Palavras-chaves: SIG, Base Cartográfica, Conversão analógico/digital

1. INTRODUÇÃO

Geralmente as bases cartográficas utilizadas nos Sistemas de Informação Geográfica (SIG's) são geradas através da digitalização automática com uso de *scanners*, podendo, em alguns casos sofrer um processo de vetorização posterior.

A grande maioria dos SIG's apresentam a capacidade de manipular os formatos de imagens matricial e vetorial, inclusive fazendo a integração entre eles. A utilização de imagens matriciais apresenta algumas restrições quando manipuladas em computadores de pequeno porte. Estas restrições se referem ao armazenamento e recuperação dos dados, tornando o processo lento, quando comparado a imagem vetorial. A solução indicada nestes casos é a vetorização da imagem matricial após a digitalização automática.

Em aplicações cartográficas geralmente se tem utilizado scanners de mesa, de formato A4 ou A3. Estes aparelhos apresentam uma capacidade de resolução de até 2400 dpi (dot per inch, ou ppp, pixel por polegada), muito inferior aos scanners de tambor (12000 dpi), porém os modelos de tambor além de gerarem arquivos maiores, dificultando a sua utilização em PC's, também aumentam o custo do processo de digitalização automática. Em muitas aplicações cartográficas 300 dpi podem ser suficientes.

Os scanners podem ser classificados de acordo com a resolução espacial e radiométrica. A resolução espacial é medida em termos de pontos por polegadas (dpi). Segundo GRAÇA (1990) a resolução adequada é definida em função do menor detalhe que se quer ver digitalizado. Para uma resolução de 300dpi, pode-se distinguir um traço de 0,06mm. Resolução radiométrica é a capacidade de cores ou níveis de cinza que o scanner pode detectar.

Muitos usuários optam por aparelhos com alta velocidade de digitalização automática. Isto pode não ser muito vantajoso para aplicações cartográficas, uma vez que a alta velocidade provoca ruídos na imagem, diminuindo a acuracidade dos dados. Além disso, uma alta velocidade de digitalização automática necessita um sistema de iluminação com maior potência, o que pode provocar aquecimento do aparelho, influenciando as partes óptico-mecânica e eletrônica, requerendo assim mecanismos para controlar a dissipação de calor.

BALSAVIAS e PATIAS (1990) relatam os principais problemas e erros relacionados aos scanners de mesa:

- **distorção devido as lentes ou outras partes ópticas** - referindo-se principalmente aos erros geométricos como a distorção radial e tangencial;
- **erros de subamostragem** - este tipo de erro ocorre quando o mapa original é rasterizado com resolução menor que o original. Os pixels na direção horizontal são filtrados e reamostrados;
- **produção de manchas** - devido a alta velocidade de digitalização automática de feições horizontais, especialmente linhas, aparecem grossas e com contraste inferior que feições verticais;
- **focalização** - devido ao astigmatismo do sistema de lentes pode ocorrer diferentes planos focais ótimos para padrões horizontais e verticais;
- **falso registro de cores** - é devido as aberrações cromáticas das lentes;
- **alcance dinâmico** - se refere a habilidade do sensor em detectar pequenas mudanças em tons de cinza e para acomodar imagens com alto contraste;
- **acurácia radiométrica** - o ruído provocado pela pouca acurácia radiométrica pode ser reduzido por medidas de média, resfriamento do sensor e baixa integração do sinal do sensor e velocidade de leitura;
- **ressonância devido a multiplexidade** - isto ocorre em scanner lineares, quando o sinal de um sensor é captado por outro sensor;
- **diferentes padrões de ruído e resposta entre os sensores lineares;**
- **vibrações** - causadas por instabilidade do sistema de posicionamento do scanner, particularmente quando a velocidade do scanner é alta;
- **desuniformidade e instabilidade na iluminação** - a falta de uniformidade pode ser devido a fonte de iluminação, efeitos de bordas ou partes ópticas;
- **saturação** - a saturação pode ocorrer se os valores de densidade mínimo e máximo da imagem não são estimados apropriadamente.

1.1. Conversão de dados

Muitas das operações realizadas em SIG's exigem que sejam feitas transformações no formato dos dados armazenados de forma a permitir sua análise posterior, adequando o formato dos dados de forma a melhor aproveitar a capacidade do *software* e do *hardware*. Alguns sistemas de informações possuem capacidade de manipular dados matriciais e vetoriais, entretanto alguns softwares apresentam melhor performance para um determinado formato específico, fazendo-se necessário a conversão de dados.

1.2. Conversão matricial/vetor (vetorização)

Como relatam SCARIN e TEIXEIRA (1994), a imagem matricial apresenta restrições na manipulação, principalmente quando se quer associar feições ao banco de dados alfanuméricos. Outras restrições são o volume dos arquivos, dificuldade de edição e construção da topologia. Desta forma, estes autores recomendam proceder a vetorização da imagem raster. Entre os processos de vetorização existente pode-se citar: vetorização manual (direta na tela - *heads-up digitizing*); vetorização semi-automática; vetorização automática. Neste artigo utiliza-se do processo de vetorização manual.

1.2.1. Vetorização manual

Este tipo de vetorização consiste basicamente em seguir cada feição da imagem matricial com o cursor e escolher os pontos que a modelem melhor na estrutura vetorial, sendo necessário o tipo de entidade gráfica que irá ser usada para modelar a feição (ponto, linha e polígono) e os atributos de cada feição cartográfica (nível, cor e estilo). Os erros associados a este tipo de processo estão relacionados ao operador, a dificuldade de vetorizar as entidades pelo centro do pixel e ao software utilizado. Muitos softwares de Computer Aided Design (CAD) não realizam a retificação da imagem de maneira adequada.

Sabendo-se que a precisão da base cartográfica digital esta intimamente ligada a todas as etapas de conversão do produto analógico/digital, buscou-se com este trabalho testar a precisão do dispositivo de digitalização automática (scanner), bem como do produto final vetorizado para verificar se tais produtos atendem as especificações cartográficas normalmente exigidas.

2. METODOLOGIA

O ensaio foi conduzido no Laboratório de Cartografia do Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da Universidade Federal do Paraná utilizando-se como teste uma grade regular de 2,5 x 2,5cm, perfazendo um total de 99 pontos de cruzamento. Esta grade (Figura 1), foi gerada utilizando-se o software MicroStation 5.0 da Intergraph e impressa em material estável (filme transparente), numa impressora HP LaserJet4.

Para a digitalização automática utilizou-se um scanner de mesa modelo HP11c com resolução espacial de até 1200 dpi. Visando a ampliação do experimento, tal grade foi rasterizada com 100 e 600dpi. Tomou-se o cuidado de distribuir igualmente as distâncias amostradas como feições verticais e horizontais (Figura 2).

As distâncias pré-estabelecidas para o controle foram lidas no MicroStation, tomando o devido cuidado de tomar as interseções entre as linhas, escolhendo quando possível, o pixel central das interseções. As distâncias observadas das imagens estão na tabela 1, para 100 e 600dpi, assim como o Erro Médio Quadrático (RMS) calculado.

Na vetorização da imagem matricial da grade foi feita com o MicroStation 5.0 obtendo-se uma imagem vetorial na qual foi aplicado um ajuste afim utilizando o software MaxiCad. Desta forma possibilitou-se a leitura das coordenadas dos pontos de controle (figura 1) em um sistema de referência similar ao sistema empregado na grade real. A coordenada A11, corresponde ao ponto de coordenadas reais (0,0) e I1, ao ponto de coordenadas reais (20,25), para X e Y respectivamente. As coordenadas dos pontos de controle, foram extraídas do software citado, já que o recurso que este dispõe permite ler coordenadas justamente nos pontos de interseção das linhas, eliminando possíveis erros de centragem do cursor. A tabela 2 mostra as coordenadas lidas e coordenadas reais dos pontos de controle, assim como o RMS calculado.

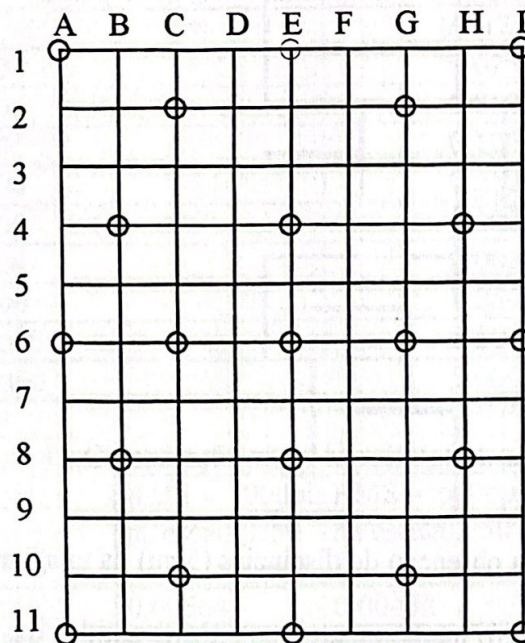


FIGURA 1 - Grade de pontos utilizada e pontos de controle (o)

TABELA 1 - Distâncias observadas e erro médio quadrático (RMS) obtidos das imagens com resolução de 100 e 600dpi.

Alinhamentos	Distâncias observadas (cm)		Distância real (cm)
	100dpi	600dpi	
A1 - C1	4.9936	5.0041	5.00
G11 - I11	5.0154	5.0129	5.00
C3 - E3	5.0120	5.0077	5.00
F2 - H2	5.0308	5.0173	5.00
D6 - F6	4.9924	4.9970	5.00
B10 - D10	5.0422	5.0147	5.00
E9 - G9	4.9976	4.9943	5.00
F7 - H7	5.0195	5.0150	5.00
B5 - D5	5.0572	5.0150	5.00
G4 - I4	5.0067	5.0151	5.00
A8 - C8	5.0062	4.9945	5.00
A6 - C6	5.0121	5.0049	5.00
I1 - I3	5.0221	5.0107	5.00
A9 - A11	5.0082	5.0049	5.00
B2 - B4	5.0540	5.0287	5.00
G3 - G5	5.0420	5.0408	5.00
A4 - A6	5.0435	5.0476	5.00
E5 - E7	5.0585	5.0263	5.00
H8 - H10	5.0407	5.0456	5.00
C7 - C9	5.0101	5.0126	5.00
I6 - I8	5.0284	5.0175	5.00
D3 - D5	5.0195	5.0179	5.00
F7 - F9	5.0105	5.0027	5.00
E1 - E3	5.0252	5.0045	5.00
E9 - E11	5.0057	5.0005	5.00
G6 - I6	5.0201	4.9972	5.00
RMS	0,0289cm	0,01931cm	

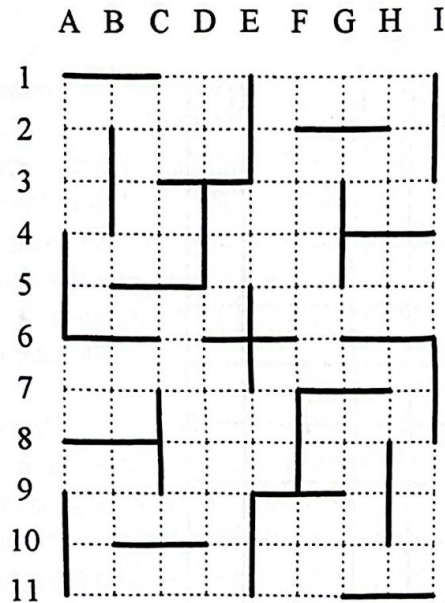


FIGURA 2 - Esquema amostral para obtenção de distâncias (5cm) na imagem matricial

TABELA 2 - Pontos de controle e erro médio quadrático (RMS) obtidos das imagens com resolução de 100 e 600dpi.

Nº do ponto	Coordenadas dos pontos (cm)					
	Observadas (100dpi)		Observadas (600dpi)		Reais	
	X _O	Y _O	X _O	Y _O	X _R	Y _R
A1	-0.008	25.0092	0.002	25.0030	0.00	25.00
E1	10.0129	24.9982	9.9988	24.9971	10.00	25.00
I1	20.0027	24.9873	20.0020	24.9912	20.00	25.00
C2	5.0182	22.4851	4.99294	22.48422	5.00	22.50
G2	15.0048	22.4761	14.99264	22.49167	15.00	22.50
B4	2.4809	17.4741	2.47536	17.49333	2.50	17.50
E4	10.0078	17.4847	10.00045	17.48890	10.00	17.50
H4	17.5137	17.4952	17.49857	17.49445	17.50	17.50
A6	0.0003	12.4901	0.00120	12.48630	0.00	12.50
C6	5.0043	12.4914	4.99106	12.47037	5.00	12.50
E6	10.0044	12.4927	10.00156	12.48445	10.00	12.50
G6	15.0047	12.4940	14.98999	12.48852	15.00	12.50
I6	20.0001	12.4953	19.99780	12.48260	20.00	12.50
B8	2.4808	7.4876	2.47785	7.48786	2.50	7.50
E8	10.0010	7.4894	10.00266	7.48350	10.00	7.50
H8	17.5210	7.4912	17.50696	7.49913	17.50	7.50
C10	4.9904	2.4637	4.98735	2.49624	5.00	2.50
G10	15.0203	2.5033	15.00430	2.50101	15.00	2.50
A11	0.0031	-0.0047	0.0004	-0.0080	0.00	0.00
E11	9.9959	-0.0155	10.00040	-0.0080	10.00	0.00
I11	19.9976	0.0090	19.99540	0.01000	20.00	0.00
RMS	0.01129	0.01652	0.009177	0.011698		

A tabela 3 mostra o RMS limite para algumas escalas. O RMS calculado no experimento encontra-se em uma escala de 1:1, devendo ser transformado de acordo com a escala do trabalho comparando o resultado com os parâmetros fornecidos na tabela, o resultado do adequamento de escala encontra-se na tabela 4.

TABELA 3 - Acurácia requerida para mapas Classe 1 (Fonte ASPRS, 1988)

Escala do mapa	RMS limite para X e Y
1:50	0.0125
1:100	0.025
1:200	0.050
1:500	0.125
1:1000	0.250
1:2000	0.500
1:4000	1.000
1:5000	1.250
1:10000	2.500
1:20000	5.000

TABELA 4 - Comparação entre os resultados e o RMS limite

	RMS - 100dpi na escala 1:50	RMS - 600dpi na escala 1:50	Limite RMS para a escala 1:50
RMS _X	0.00564	0.00458	0.0125
RMS _Y	0.00826	0.00585	0.0125
RMS _{DIST}	0.01445	0.00965	0.0125

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

O RMS calculado para as distâncias na imagem com 600dpi está dentro do limite estabelecido, o que não acontece com a imagem rasterizada com 100dpi, isto se dá pelo fato de que a relação pixel/distância é menor na imagem com 600dpi. A dimensão do pixel para 100dpi é de aproximadamente 0.025x0.025cm, ao passo que com 600dpi, a dimensão é de 0.0042x0.0042cm, o que minimiza o erro de centragem do pixel. O erro de centragem do pixel está relacionado com a dificuldade de encontrar o centro exato de um cruzamento entre linhas para se efetuar a medida de distância.

O RMS calculado para as coordenadas de controle do produto vetorial representa o erro que está incluído em todas as etapas transcorrentes até a obtenção do produto final. Ambos os produtos vetoriais apresentam-se dentro do RMS limite, apesar da imagem com 100dpi estar fora deste. Este fato se dá em grande parte por ter sido aplicado um ajuste afim minimizando e corrigindo algumas distorções.

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O uso de imagens rasterizadas têm sido apresentado como uma alternativa agradável para a geração de bases cartográficas. A precisão deste processo pôde ser constatada nos experimentos demonstrados neste artigo. Cabe ressaltar que a precisão do produto final está relacionada a capacidade do software utilizado para vetorização e do scanner. O software deve ser capaz de manipular imagens em várias janelas de zoom, facilitando a tentativa de encontrar o pixel central de um feição. A resolução do sistema nunca deve ser inferior do que a da imagem. Já o scanner deve apresentar uma boa estabilidade de digitalização. A resolução das imagens se reflete no tamanho dos arquivos de armazenamento (imagens com 100dpi ocupam espaço menor que imagens com 600dpi), porém podem comprometer a precisão da base cartográfica, principalmente quando os pontos de controle para o ajuste não são bem definidos. Recomenda-se

que se utilize imagens com resolução de no mínimo 300dpi, o que em alguns casos pode ser suficiente.

Em uma nova etapa é interessante testar novos instrumentos de digitalização, variando as resoluções das imagens. Recomenda-se que em hipótese alguma, durante o processo de vetorização seja dispensado o ajuste, como por exemplo o ajuste afim. Na geração de bases cartográficas, os pontos de controle devem estar bem definidos na imagem e no terreno, evitando assim um ajuste errôneo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

ASPRS. ASPRS interim accuracy standards for large-scale maps. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 55(7): 1038-40, jul89.

BALTSAVIAS, P. E., PATIAS, P., On the use of DTP scanners for cartographic applications. *17th International Cartographic Conference - 10th General Assembly of ICA*, Anais. Barcelona, ESP, p.1179-83, 1995.

GRAÇA, L. M. A., O uso de scanners para digitalização de cartas topográficas e para a implantação de um sistema de geo-informação urbanas. *Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento*, Anais. São Paulo, EPUSP, p.219-224, 1990.