

" PRECISÃO NO CÁLCULO DE MDT'S A PARTIR DA DIGITALIZAÇÃO DE CURVAS DE NÍVEL."

Jorge Kazuo Yamamoto ¹

Roberto Hisayoshi Sameshima ²

¹ Departamento de Geologia Econômica do IGc-USP.

² Pós-Graduando do Departamento de Geologia Econômica do IGc-USP.

Os modelos digitais de terrenos são representações da topografia por meio de malhas regulares em cujos nós são calculadas as cotas, a partir de informações de cotas de pontos digitalizados. A digitalização de curvas de nível pode ser feita de modo contínuo (com amostragem a intervalo de tempo pré-definido) ou de modo discreto, procurando-se digitalizar pontos equidistantes.

Obviamente poderá haver redundância de informações quando a digitalização de um trecho reto da curva de nível for digitalizado dessa forma. Entretanto, há de se ressaltar a importância da digitalização no sentido de não ser criado um número excessivo de pontos, que é um sério limitante à maioria dos algoritmos de interpolação.

Este trabalho apresenta os resultados de testes de precisão de mdt's gerados a partir de um conjunto de pontos de dados representativos da topografia de uma área de 1500 x 1500 metros, localizada entre as coordenadas 24°37'45" a 24°38'35" de latitude sul e 48°43'25" a 48°44'20" de longitude oeste, região da Serra de Paranapiacaba, folha Barra do Rio Pardo (x-12), DAEE 1957.

Para os fins deste trabalho foram digitalizados 2524 pontos, com um espaçamento médio entre os pontos de uma mesma curva de nível em torno de 50 metros (0,5 cm da escala).

A precisão de um mdt está relacionada a sua capacidade de reconstituir a topografia que lhe deu origem. Assim, quanto menor for o erro dessa reconstituição, melhor a precisão do mdt. O mdt sendo representado por uma malha regular de pontos nas duas direções, pode ter sua precisão controlada pelo número de nós em ambas as direções. Dessa forma, com o conjunto de pontos de dados passou-se ao cálculo de mdt's sucessivamente mais refinados com o incremento do número de nós.

Para o cálculo do mdt, foi escolhido neste trabalho, o método de interpolação sobre a rede de triângulos, definida sobre o conjunto de 2524 pontos. A triangulação de Delaunay (Pettinati, 1983) foi utilizada para geração da rede de triângulos. A interpolação dentro do domínio de cada triângulo foi efetuada a partir do ajuste matemático de um plano, representado por um polinômio bivariado de grau 1.

Uma vez calculado o mdt, o teste para aferir a sua precisão foi feita com o próprio conjunto de pontos de dados que o originou. Assim, foram utilizadas as localizações dos pontos de dados originais, com as quais foram calculadas as respectivas cotas interpoladas diretamente do mdt, que por sua vez foram comparadas estatisticamente com as cotas originais.

A interpolação do valor de um ponto, agora a partir do mdt, foi feita por meio do ajuste bilinear (Rogers & Adams, 1976). A interpolação bilinear de um ponto (u,w), dentro de uma célula, definida pelos 4 nós contíguos, pode ser feita como ilustra a Figura 1.

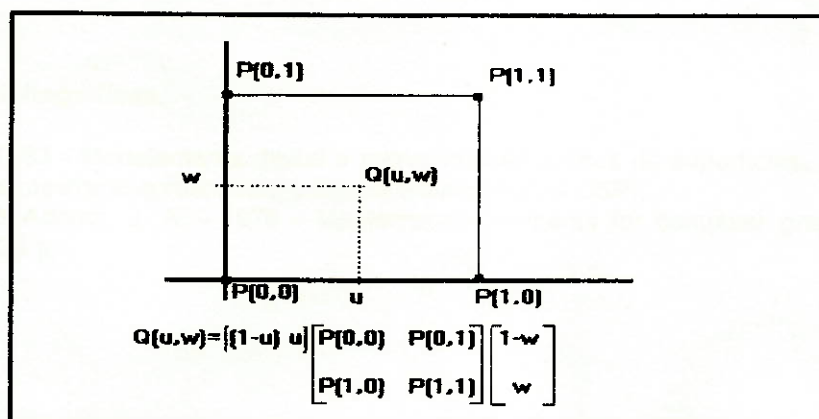


FIGURA 1 - Interpolação bilinear do ponto (u,w) em uma célula do mdt (adaptado de Rogers & Adams, 1976).

Observe-se que a interpolação dentro de uma célula só é possível quando os 4 nós apresentarem informações de cota, caso contrário o ponto não poderá ser interpolado. Isto deverá acontecer na fronteira dos dados, onde um nó do mdt foi determinado justamente porque estava fora da área da fronteira.

Para aferição dos mdt's, as seguintes estatísticas foram utilizadas:

- média e desvio padrão (para os dados interpolados e originais);
- erro RMS (raiz quadrada da somatória das diferenças ao quadrado, dividida pelo número de pares de pontos);
- coeficiente de correlação.

Além dessas, foram calculadas também as retas dos mínimos quadrados, representadas pelos seus coeficientes *a* e *b*.

Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 1.

		MDT									
NÓS		11x11	21x21	31x31	41x41	51x51	61x61	71x71	81x81	91x91	100x100
ABERTURA		150,00	75,00	50,00	37,50	30,00	25,00	21,40	18,80	16,70	15,20
INTERPOLADO	x	784,32	779,08	776,99	775,96	775,36	775,26	774,91	774,77	774,82	775,04
	s	47,39	54,74	57,13	58,54	59,31	59,58	60,12	60,3	60,15	59,77
ORIGINAL	x	785,21	778,99	777,02	775,97	775,4	775,27	774,89	774,8	774,86	775,05
	s	51,25	56,3	57,92	59,15	59,8	60,02	60,49	60,66	60,43	60,04
ERRO RMS		10,37	5,11	3,44	2,73	2,33	2,02	1,8	1,63	1,49	1,37
COEF. CORREL.		0,98109	0,99616	0,99830	0,99898	0,99927	0,99945	0,99957	0,99966	0,99971	0,99975
NÚM. PARES		1628	2061	2231	2313	2347	2355	2360	2375	2377	2385
COEF. RETA	a	-46,89	-19,24	-9,4	-7,33	-5,88	-5,36	-4,45	-4,28	-3,33	-3,31
	b	1,061	1,025	1,012	1,009	1,008	1,007	1,006	1,005	1,004	1,004

TABELA 1 - Valores das estatísticas e coeficientes da reta dos mínimos quadrados, obtidos para medida da precisão do mdt.

Analisando-se os resultados obtidos, verifica-se que, como seria de se esperar, com o aumento do número de nós do mdt há melhoria na precisão do mdt, conforme diminuição do erro RMS e aumento do coeficiente de correlação. Considerando-se que a amostragem das curvas de nível foi feita com um espaçamento médio de 50 metros, o mdt calculado com abertura de 50,0 m (31x31 nós) apresentou um erro RMS de 3,44 m. Entretanto, o mdt calculado com 61x61 nós (abertura igual a 25,0 m.) apresenta um erro RMS de 2,02 m., o que pode ser considerado satisfatório para a reprodução das elevações do terreno. Pode-se observar ainda na Tabela 1 que, a partir de 61x61 nós a diminuição do erro RMS não é significativa, pois para um mdt de 100x100 nós, o erro RMS permaneceu ainda em 1,37 m, que reproduziu com precisão as topografias originais.

Assim, considerando os resultados obtidos, pode-se utilizar, em princípio mdt's com aberturas iguais à metade do espaçamento médio entre os pontos de digitalização das curvas de nível, que reproduziu com precisão as topografias originais.

Referências bibliográficas.

- Pettinati, F. - 1983 - Modelamento digital e representação gráfica de superfícies. São Paulo. 177p. (Dissertação de mestrado apresentada à Escola Politécnica da USP);
 Rogers, D.F. & Adams, J. A. - 1976 - Mathematical elements for computer graphics. New York, McGraw Hill. 239 p.