

METODOS PARA GERAÇÃO DE MODELOS DIGITAIS DO TERRENO: ESTUDO DE CASO JOÃO PESSOA-PB

Thyago SILVEIRA(1) ; José PORTUGAL(2); LUCILENE MARQUES DE SÁ(3)

(1) UFPE-DECart/CEFET-PB, Rua Juiz Arnaldo F. Alves, 209, Jd. Cid. Universitária, CEP 58.052-315.

João Pessoa - PB, (83) 8856-4133, e-mail: thyago.silveira@gmail.com

(2) UFPE-DECart, e-mail: portugal@rce.neoline.com.br

(3) UFPE-DECart, e-mail: lucilene.antunes@gmail.com

RESUMO

A utilização Modelos Digitais do Elevação (MDE) tem sido úteis nos Sistemas da Geoinformação (SIG). Eles possibilitam a modelagem tridimensional de qualquer dado pontual que apresente uma variação contínua para um determinado valor Z, e que esteja definido sobre uma superfície bidimensional. Tais estruturas, tornam simples a integração dos dados topográficos do terreno com outras informações, possibilitando, dessa forma, o uso de análises mais complexas na resolução dos problemas relacionados a construção de Modelos Digitais do Terreno (MDT). Atualmente, duas estruturas são conhecidas para a geração dos MDT: a malha triangular, ou *Triangular Irregular Network* (TIN), gerada através da simples conexão dos pontos através de linhas, com a finalidade de formar triângulos; e a grade regular, gerada através do processo de interpolação dos dados, resultando na criação de uma superfície matricial. Sendo assim, o presente trabalho constitui-se em um estudo de caso cujo objetivo é identificar as duas estruturas tridimensionais utilizadas para a construção de MDT, mostrando as diferenças existentes entre os dois métodos. Como resultados finais temos a geração de duas cartas altimétricas (MDT), uma por triangulação e outra interpolação, elaboradas a partir de utilização de um único conjunto de pontos cotados da cidade de João Pessoa-PB.

Palavras-chave: Modelos Digitais de Elevação - MDT, triangulação, interpolação.

1. INTRODUÇÃO

Os Modelos Digitais de Elevação (MDE) tem sido utilizado nos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) para geração de superfícies de elevação na representação de diversos tipos de dados pontuais, que apresente uma variação contínua para um determinado valor Z , e que esteja definido sobre uma superfície bidimensional.

Altitude, temperatura e pressão são algumas entre outras variáveis que podem ser representadas por essas estruturas. Os Modelos Digitais do Terreno (MDT) são adotados na representação do relevo terrestre, e representam de forma eficiente o terreno modelado. Essas estruturas tridimensionais derivam dois principais processos, o de triangulação (*TIN*), e do processo de interpolação utilizando modelos Geoestatísticos.

No presente trabalho são apresentados essas duas estruturas utilizadas na construção de um MDT, enfatizando a utilização para um único conjunto de dados, relativos a cidade de João Pessoa, no Estado da Paraíba, localizada ao Nordeste do Brasil.

2. SISTEMAS DA GEOINFORMAÇÃO - SIG

Segundo Aronoff (1989) um SIG é uma estrutura computacional baseado na manipulação de dados geográficos que possuem uma localização conhecida, ou seja, que estejam georeferenciados.

Já Câmara et. al. (1996) conceitua os Sistemas da Geoinformação são sistemas de informações construídos para armazenar, analisar e manipular dados geográficos, ou seja, dados que representam objetos e fenômenos em que a localização de geográfica seja inerente e indispensável para tratá-los.

Os Sistemas da Geoinformação possuem diferentes tipos de classificação dependendo da sua aplicação. Toda via a escolha do tipo de aplicações depende de variáveis como o tipo de dado manuseado, finalidade da utilização para apoio a tomada de decisões ou simplesmente para promover a análise de dados.

Uma observação importante deve ser feita em relação ao comportamento, e manipulação dos dados espaciais em um SIG. Os Sistemas da Geoinformação permitem a realização de análises complexas, envolvendo o cruzamento de diversas informações com a principal finalidade de gerar novos produtos. Os Modelos Digitais de Elevação são exemplos da obtenção de novos produtos a partir de dados já existentes.

3. MODELOS DIGITAIS DE ELEVAÇÃO

O estabelecimento de pontos ou linhas com alturas conhecidas possibilita a criação de estruturas que figuram a maneira como se comporta a superfície de uma determinada região ou localidade. Essa representação do comportamento contínuo de uma área é conhecida como um modelo digital de elevação (MDE).

Burrough (1986) enfatiza que embora os MDE tivessem sido desenvolvidos originalmente para modelar a superfície da terra, eles podem ser usados para modelar a variação contínua de qualquer outro atributo Z , em cima de uma superfície bidimensional. Desse modo, um MDE pode exprimir vários tipos de atributos, tais como, temperatura, pressão, declividade, e altitude (BRITO e COELHO, 2002).

Segundo Aronoff (1989) alguns termos são designados referenciar os dados digitais de elevação e seus produtos derivados. Dados Digitais do Terreno (DDT), Modelo Digital do Terreno (MDT), Modelo Digital de Elevação (MDE), e Dados Digitais de Elevação do Terreno (DDET), são os termos comuns mais utilizados.

3.1 Modelos Digitais do Terreno (MDT)

Um MDT é considerado como uma representação matemática computacional que simula de forma digital a superfície da terra. Segundo Galheigo (2004) a utilização de MDT tornou mais simples a integração dos dados topográficos do terreno com outras informações, tornando possível o uso de modelos mais complexos na análise dos problemas.

Segundo Burrough (1986) a utilização dos MDT tornou-se fundamental em aplicações como:

- O armazenamento de dados altimétricos para gerar mapas topográficos;
- Análises de corte-aterro para projeto de estradas e barragens;

- Elaboração de mapas de declividade no apoio à análise de geomorfologia e erodibilidade;
- Análise de variáveis geofísicas e geoquímicas;
- E apresentação tridimensional, em combinação com outras variáveis.

O processo de geração de um MDT pode ser dividido em três etapas conforme Felgueiras e Câmara, (2004): primeiro a aquisição dos dados, segundo a geração do modelo digital, e terceiro a visualização do modelo digital gerado.

A etapa de aquisição de dados compreende a coleta de um conjunto de amostras de linhas associados a um valor altimétrico (isolinhas); ou de um conjunto de pontos representativos com as alturas da superfície (pontos cotados); e em alguns casos, da aquisição de uma imagem cujo atributo é o valor da variável elevação a ser modelada (forma raster).

A etapa de geração do MDT envolve a criação de estruturas de dados e a definição de superfícies de ajuste com o objetivo de obter uma representação contínua do terreno a partir das amostras. Já a etapa da visualização do modelo digital, consiste na transferência do modelo gerado para um plano de visualização, permitindo que o observador perceba a sensação tridimensional do MDT. Nessa fase, podem ocorrer também procedimentos de análises, tais como cálculos de volumes e geração de mapas hipsométricos.

As estruturas de dados mais utilizadas são a malha triangular e a grade regular. A diferença básica entre essas duas estruturas é a forma dos polígonos que são formados no processo de construção do MDT. Em uma grade regular os polígonos possuem a mesma forma e tamanho, geralmente um retângulo. Já os polígonos na malha triangular têm a mesma forma, triangular, mas seus tamanhos são diferentes (FELGUEIRAS e CÂMARA, 2004).

O processo de construção de um MDT através de uma malha triangular (também conhecida como *TIN* - *Triangular Irregular Network*) se dá através da simples conexão dos pontos através de linhas, com a finalidade de formar triângulos (figura 4).

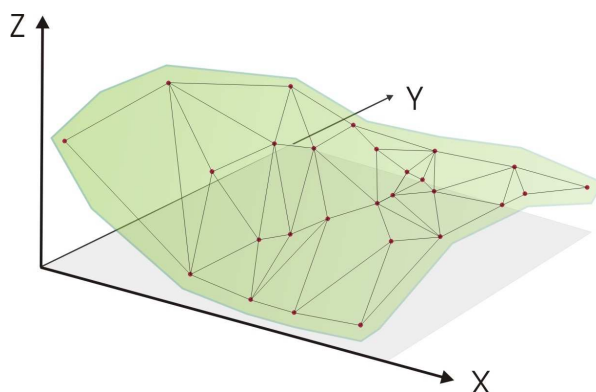


Figura 4 - Malha triangular
Fonte: Adaptado de Felgueiras e Câmara, 2004.

Já o processo de geração de uma grade regular (figura 5) consiste na criação de uma superfície matricial através do uso dos interpoladores.

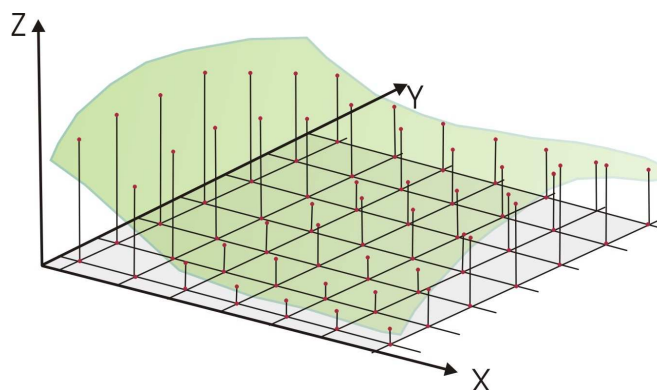


Figura 5 – Grade regular
Fonte: Adaptado de Felgueiras e Câmara, 2004.

Os interpoladores são as funções estatísticas utilizadas na conversão de amostras de dados pontuais, em superfícies contínuas. Eles estimam os valores da cota de cada ponto da superfície a partir de um conjunto de amostras de entradas.

Quando utilizamos os Sistemas de Informação Geográfica é bastante comum a utilização das técnicas de interpolação para criação de MDT. Existem softwares de SIG desenvolvidos com a finalidade de criação e análises de MDT; alguns trazem em seus módulos aplicativos que permitem essa função; e outros possuem extensões para concepção dos MDT.

Vários são os interpoladores utilizados para a geração de um MDT, entre eles podemos citar os seguintes métodos:

- Inverso da distância ponderada;
- Média simples
- Média Móvel;
- Vizinho mais próximo;
- Intervalos Naturais
- Krigagem
- Spline;
- Curvatura Mínima;
- Regressão Polinomial;
- Função de Base Radial;
- Triangulação com interpolação Linear;

Diante de tantas opções para interpolar dados, é difícil afirmar qual irá gerar a melhor superfície, contudo, segundo Lennon e Tunner (1995) não existem evidências que um método seja melhor do que o outro, é importante determinar o melhor método para cada circunstância.

No nosso caso, tomamos como base, o interpolador Krigagem. Os valores obtidos através desse interpolador não são viciados e têm variância mínima (VIEIRA et al., 1983) e de acordo com Carvalho *et al.*, (2002), é ideal na construção de mapas de isolinhas ou mapas tridimensionais para verificação e interpretação da variabilidade espacial do objeto estudado.

Rossi et al. (1994), apresenta três características da Krigagem que a distinguem dos outros métodos de interpolação:

1. A Krigagem pode fornecer uma estimativa que é maior ou menor do que os valores da amostra, sendo que as técnicas tradicionais estão restritas a faixa de variação das amostras.
2. Enquanto os métodos tradicionais usam distâncias Euclidianas para avaliar as amostras, a Krigagem tem vantagem de usar a distância e a geometria (relação de anisotropia – a distribuição espacial de alguns elementos ocorre mais intensamente numa direção e menos intensamente em outra direção) entre as amostras.

3. Diferentemente dos métodos tradicionais, a Krigagem leva em conta a minimização da variância do erro esperado, por meio de um modelo empírico da continuidade espacial existente ou do grau de dependência espacial com a distância ou direção, através do semivariograma.

4. METODOLOGIA

Para ilustração dos processos de construção de um MDT, foram aplicadas duas metodologias para a criação de superfícies pelos processos de triangulação e interpolação em SIG.

A plataforma de SIG utilizada neste trabalho foi o Arcview, SIG comercial da ESRI, e a sua extensão que trabalham com análises espaciais, a 3D Analyst.

Este software de SIG trabalha com o formato de arquivo *.shape*, e está licenciado para o Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologia da Geoinformação, do Departamento de Cartografia da Universidade Federal de Pernambuco. Este software de SIG possui uma diversidade de operações que satisfizeram as necessidades de processamento dos dados, bem como facilidades nas criações e elaborações dos MDT.

Os procedimentos adotados para o desenvolvimento dos MDT são descritos a seguir.

4.1 Coleta de dados

Os dados envolvidos na construção dos MDT constam de informações referentes pontos cotados da cidade de João Pessoa – PB. Esses pontos foram adquiridos junto a Secretaria do Planejamento – Seplan, da Prefeitura Municipal de João Pessoa – PMJP. São 35.956 pontos, todos georeferenciados e em formato shapefile.

4.2 Construção dos MDTs por triangulação e por interpolação

Para criar o MDT por triangulação, os pontos foram selecionados no ambiente do Arcview, e usando a extensão 3D Analyst foi criada uma superfície a partir das triangulações realizadas entre os pontos. Já para a criação de um MDT por interpolação, utilizamos a opção do 3D Analyst para interpolar os dados pelo processo geoestatístico da Krigagem.

5. RESULTADOS

5.1 Resultados Parciais

Como resultado do processo de construção do MDT por triangulação, temos uma superfície irregular, em tonalidades correspondentes ao padrão para visualização de alturas, e que modela o relevo da cidade de João Pessoa (figura 6). Já para o processo de interpolação, temos como resultado uma imagem raster em tons de cinza, que equivale ao MDT da Cidade de João Pessoa (figura 7)

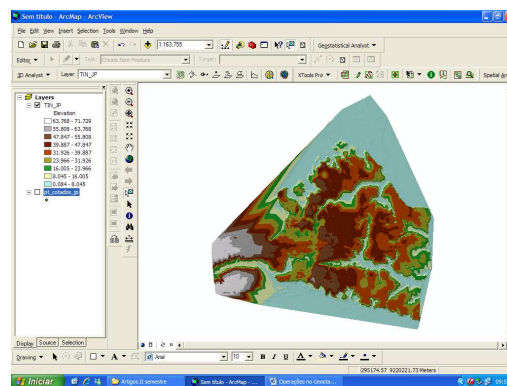


Figura 7 – Superfície gerada por triangulação.

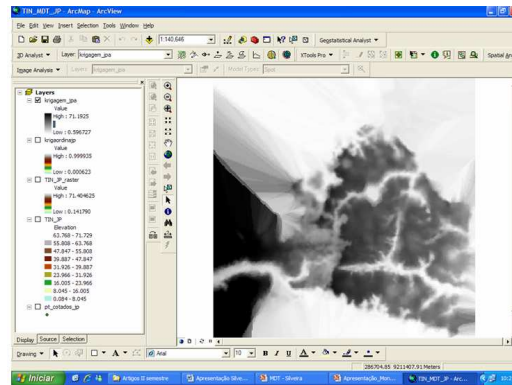


Figura 9 – Superfície tridimensional gerada por interpolação.

5.1 Resultados Finais

Os resultados parciais possibilitaram a construção de duas cartas hipsométricas, uma gerada por triangulação (figura 10), e a outra gerada por interpolação usando a Krigagem (figura 11).

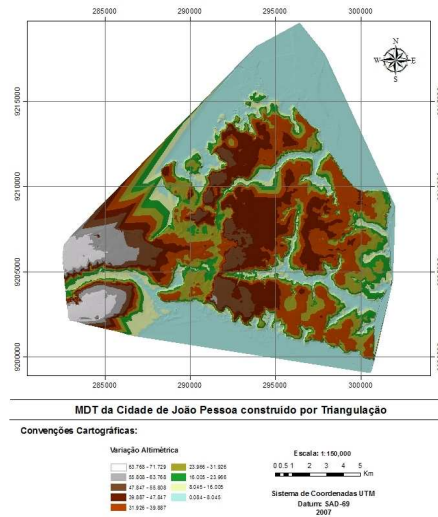


Figura 10 – MDT gerado por triangulação.

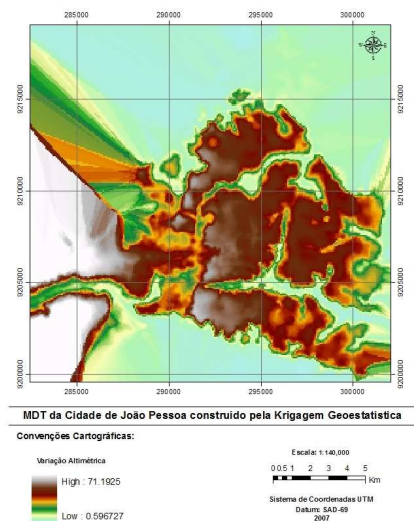


Figura 11 – MDT gerado pela interpolação por Krigagem.

Na Figura 11 podemos observar que a partir da imagem gerada em tons de cinza, foi adicionada tonalidade padrão para MDT, de forma a explicitar o relevo da cidade de João Pessoa.

Ainda como resultados dos métodos de criação de MDT, foram construídos as visualizações tridimensionais de cada modelo.

No ArccScene, visualizador de feições 3D do Arcview, foram calculados os exaeros verticais do terreno, fornecendo assim a visualização tridimensionais para os dois modelos criados (Figura 07 e 08).

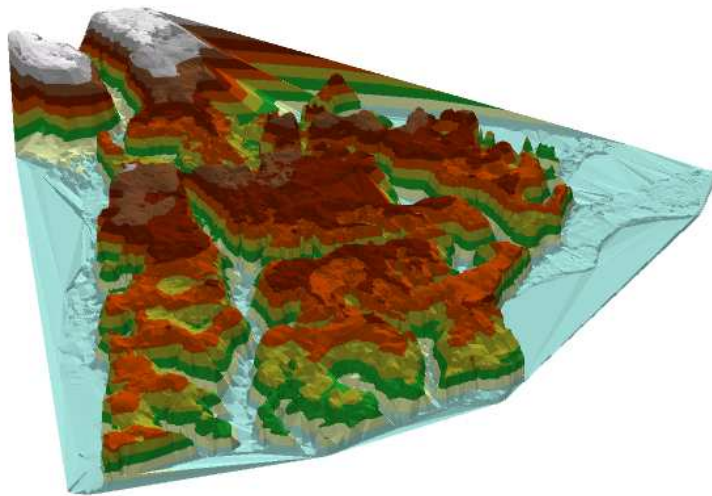


Figura 07 – MDT gerado por Triangulação (visualização 3D).

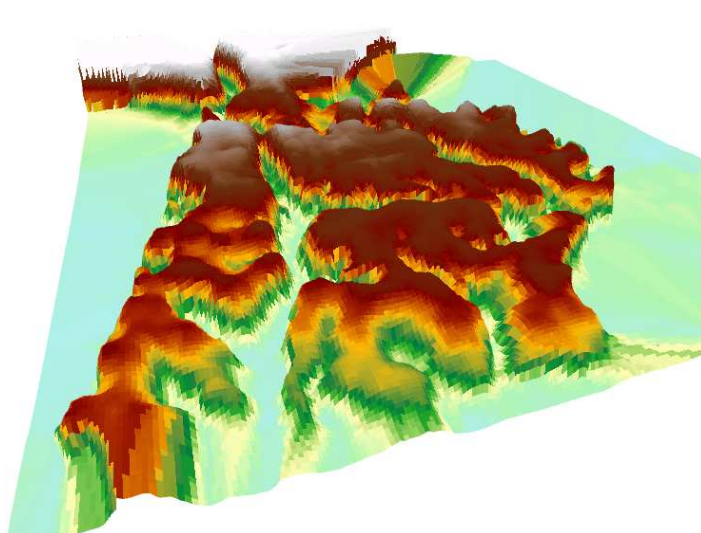


Figura 08 – MDT gerado por interpolação (visualização 3D).

6. CONCLUSÕES

Os dois diferentes tipos processos de construção de Modelos Digitais do Terreno são aplicações muito úteis para a representação da realidade de um fenômeno espacial dimensões tridimensionais.

Através dos MDT é possível fazer diversas análises de forma muito mais segura e rápida. Além do mais, tais produtos permitem uma variabilidade de análises importantes, que facilitam a tomada de decisão e o planejamento de ações conjuntas.

O objetivo do trabalho foi à identificação dos processos de criação de Modelos Digitais do Terreno, fato que foi evidenciado ao longo do seu desenvolvimento, através da criação dos dois modelos para a Cidade de João Pessoa utilizando os dois processos existentes.

A diferenciação entre os dois processos de geração de Modelos Digitais de Elevação, torna-se claro a partir da visualização tridimensional obtida para os produtos resultantes.

Por fim, podemos concluir que os Modelos Digitais do Terreno representam de forma rápida e eficaz o a área estudada, fato que permite a interação dos MDT para as mais diversas finalidades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

ARONOFF, S. **Geographic Information System: a Management Perspective**. WBL Publications. Ottawa, 1989.

BRITO, J. L. N. E. S., COELHO FILHO, L. C. T., **Fotogrametria Digital**. Instituto Militar de Engenharia. 1a Ed. Rio de Janeiro, Brasil: 2002b.

CÂMARA, G. MEDEIROS, C. B. CASA NOVA, M. A. HEMERLY, A. MAGALHÃES, G. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. Escola de Computação, SBC, 1996, UNICAMP, São Paulo.

CÂMARA, G., CASA NOVA, M.A., DAVIS JUNIO, C., VINHAS, L., QUEIROZ, G. **Bancos de Dados Geográficos**, Curitiba, Editora MundoGEO, 2005.

CARVALHO, J. R. P.; SILVEIRA, P. M. & VIEIRA, S. R. Geoestatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos. *Pesq. agropec. bras.* vol.37 no.8 Brasília. 2002.

FELGUEIRAS, C.A., CÂMARA, G. **Modelagem Numérica do Terreno – MNT**. In *Introdução à Ciência da Geoinformação*. Editado por Gilberto Câmara, Antônio Miguel Monteiro, José Simeao de Medeiros (ed). São José dos Campos, INPE, 2004. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>>. Acesso em 17 de julho de 2007.

GALHEIGO, Marcelo Monteiro. **Um Modelo Digital de Terreno baseado em Triangulações Regulares Adaptativas**. Monografia de Conclusão de Curso - Instituto Superior de Tecnologia em Ciência da Computação de Petrópolis, ISTCC-P, 2004.

LENNON, J. J.; TURNER, J. R. G. **Predicting the spatial distribution of climate: temperature in Great Britain**. *J. Anim. Ecol.*, n. 64, os. 670-392, 1995.

BURROUGH, P. A. McDONNELL, R.A. **Principles of Geographical Information Systems: Spatial Information Systems**. Oxford University Press. Oxford, 1998.

ROSSI, R. E., DUNGAN, J. L., BECK, L. R. Kriging in the shadows: geostatistical interpolation for remote sensing. *Remote Sens. Environ.*, v.49, p. 32-40, 1994.

P. A. Burrough. **Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment**. Clarendon Press. Oxford, 1986.

VIEIRA, S. R.; HATFIELD, J. L.; NIELSEN, D. R.& BIGGAR, J. W. **Geoestatistical theory and application to variability of some agronomical properties**. *Hilgardia*, Berkeley, v. 51, n. 3, p. 1-75. 1983.