

# O USO DOS MODELOS DIGITAIS DE ELEVAÇÃO NO MAPEAMENTO, ANÁLISE E ENSINO DA GEOMORFOLOGIA

**Bráulio Magalhães Fonseca, Grazielle Anjos Carvalho, Ana Clara Mourão  
Moura**

**Universidade Federal de Minas Gerais  
Instituto de Geociências**

Av. Antonio Carlos, 6627 – Pampulha – BH – MG  
CEP: 31.270.901 – FONE: 3499-5418

## RESUMO

O uso do MDE como ferramenta de visualização e análise do objeto de estudo relacionado às ciências da Terra constitui-se como um importante auxílio para a compreensão da mesma, na medida em que reduz a distância entre o objeto de estudo e o pesquisador. Há várias possibilidades de utilização do MDE no ensino e pesquisa Geomorfológica, como por exemplo, identificação de grandes unidades de relevo, no caso de mapeamento geomorfológico a nível regional, identificação de formas e processos erosivos, bem como a quantificação e a análise ligada a micromorfologia de vertente, no caso de mapeamento geomorfológico de detalhe, extração de estruturas e lineamentos ligados a fatores geotectônicos da formação do relevo, entre outros. O presente artigo tem como objetivo explorar algumas diferentes formas de análise e ensino relacionadas à Geomorfologia utilizando a Modelagem Digital de Elevação, posto que nota-se uma carência na estrutura curricular de boa parte dos cursos voltados para a análise geomorfológica, ambiental, geotécnica e até urbanística.

Palavras chaves: MDE, Geomorfologia, Ensino, Geoprocessamento

## ABSTRACT

The use of MDE as tool for visualization and analysis of the object of study, related to earth sciences, represents an important aid for its comprehension, since it reduces the distance between the object of study and the researcher. There are several possibilities for using MDE in geomorphological teaching and research, for example, identifying large topographic units, in the case of geomorphological mapping at the regional level, identifying of forms and processes of erosion, as well as the sizing and analysis of related to watershed micromorphology, in the case of detail geomorphological mapping, extraction of the structures and the outlining linked to geotectonic factors of the topography formation, among others. The present article has as goal to explore some different teaching and analysis forms related to geomorphology Digital Elevation Modelling, considering that it is possible to note a lack in subject grid of a great part of the courses dedicated to geomorphological, environmental, geotechnical and even urban analysis.

KEYWORDS: MDE, Geomorphology, Teaching, Geoprocessing

## 1 INTRODUÇÃO

A Geomorfologia é a ciência que busca identificar, classificar e analisar as formas da superfície terrestre, compreendendo as relações processuais pretéritas e atuais do relevo em seus diversos aspectos genéticos, cronológicos, morfológicos, morfométricos e dinâmicos. Segundo SOUZA (2003), quando associada à classificação e análise, pressupõem-se ainda, uma descrição sobre o modelado e uma avaliação dos complexos físicos e físico-biológicos considerando-se também, a estrutura geológica e os processos morfoclimáticos atuantes ao longo do tempo.

Por ser uma ciência que visa a compreensão constante da evolução do relevo, a Geomorfologia

utiliza das representações cartográficas para espacializar seu objeto de estudo e assim, melhor visualizar as formas e os processos.

De acordo com SOUZA (2003) apud Rodrigues (1998), os trabalhos cartográficos envolvendo a Geomorfologia compreendem basicamente quatro aspectos imprescindíveis, sendo eles: a morfometria, correspondendo à altimetria, dimensões, desníveis, extensões entre outros itens associados a mensuração das unidades do relevo; a morfologia, agregada a forma das vertentes, vales, topos, etc.; a gênese ligada a denudação e/ou agradação; a cronologia (idade relativa e datação absoluta das formas) e o comportamento morfodinâmico. Nesse sentido, pode-se afirmar que o

trabalho de cartografia geomorfológica deve ser apoiado em critérios de representação gráfica bem definidos, a fim de otimizar a leitura e facilitar a interpretação dos fenômenos geomorfológicos.

Considerando os fatos expostos e a vivência em diversos cursos referentes à ciência geomorfológica, observa-se que estes apresentam uma lacuna referente às tecnologias de modelagem de dados topográficos voltadas para o ensino e melhor visualização em 3D das formas do relevo terrestre. Segundo FONSECA, et al (2006), “há uma deficiência na integração das técnicas de modelagem numérica de terreno referentes às análises geomorfológicas e ambientais”. Deste modo, o uso dos MDE's pode vir a auxiliar os docentes e discentes no processo de aprendizagem e percepção espacial.

## 2 O MDE

A Modelagem Digital de Elevação constitui uma representação da realidade por meio de *hardware* e *software* que comportam algoritmos contendo equações que possibilitam modelar variáveis ambientais, de acordo com as características e propriedades dos diferentes tipos de dados geográficos, bem como dos diferentes tipos de análises.

O objeto de estudo da modelagem digital de elevação para os dados do relevo terrestre são os referentes à altimetria, os quais possuem uma variação contínua no espaço. Tal afirmativa nos possibilita classificar o MDE, no âmbito conceitual de um banco de dados geográficos, como um geo-campo, o qual se enquadra no contexto da modelagem feita em espaço absoluto, entendendo este como o espaço cartesiano, sendo que, o geo-campo, segundo Câmara (2004): “representa um atributo que possui valores em todos os pontos pertencentes a uma região geográfica”.

O MDE pode ser de grande utilidade no ensino da Ciência Geomorfológica e em todas aquelas que utilizam dados com um componente altimétrico, posto que facilita a percepção espacial e permite a visão tridimensional do espaço a ser estudado. Geralmente, os MDEs são representados por malhas regulares ou triangulares de acordo com os algoritmos usados nas linguagens de cada software .

Há alguns softwares como o Arcgis, o Spring/INPE, o Microstation, juntamente com o seu aplicativo Geoterrain que elaboram o MDE. Estes usam os algoritmos para geração de malha triangular baseando-se em diversos interpoladores, sendo que o mais freqüente é a *Triangulação de Delaunay*. A malha triangular (*Triangular Irregular Network*) constitui uma estrutura vetorial com topologia do tipo nó – arco que representa a superfície por faces triangulares interligadas. Esta deve ser usada para a aquisição de

modelos mais precisos quanto à representação da forma do relevo, isso na medida em que quanto maior o número de triângulos equiláteros mais próximo da realidade estará a superfície modelada. Enquanto que a modelagem com malha regular é usada mais para modelos de maior qualidade visual, resultando em maior generalização da morfologia. Tanto a malha triangular quanto a retangular são muito utilizados na espacialização de variáveis referentes à geoquímica e à geofísica.

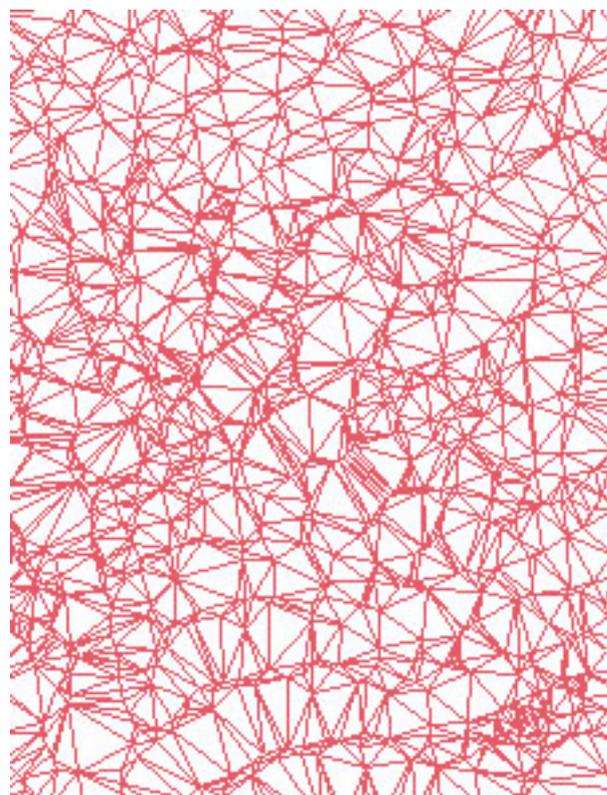


Figura 01: Malha Triangular no SPRING/INPE.

A malha regular constitui em uma representação matricial na qual a cada pixel é atribuído um valor numérico referente à topografia. De acordo com Felgueiras e Câmara (2001), a malha regular é aquela que compreende uma posição espacial (x,y) das amostras de forma a distribuí-las regularmente.

## 3 POSSIBILIDADES DE UTILIZAÇÃO DO MDE NA ANÁLISE GEOMORFOLÓGICA

Para a boa formação do profissional na área de Geomorfologia, a experiência de campo é um fator fundamental, no entanto, nem todas as instituições de ensino possuem uma estrutura que permite o contato freqüente com o seu objeto de estudo. Desde modo o uso de recursos que vise sanar tal lacuna no processo de aprendizado se faz necessário no que se refere aos aspectos didáticos.

Algumas experiências no Laboratório de Geoprocessamento do Instituto de Geociências da

UFMG comprovaram que além de constituir uma ferramenta importante na compreensão da geomorfologia, os MDEs também são fundamentais para a avaliação quantitativa de diversas variáveis que interferem na dinâmica evolutiva do relevo.

Nas análises geomorfológicas em escala regional, as quais são responsáveis pela caracterização das grandes unidades do relevo, os MDEs contribuem para a melhor delimitação de tais unidades. A aplicação de classes hipsométricas e sombreamento (*hillshading*) ao modelo nos permitem avaliar as áreas que correspondem às planícies, vales fluviais e suas derivações, bem como o sentido da retração das escarpas pela ação incisiva da rede de drenagem. O sombreamento como forma de identificação do relevo não é algo recente, uma vez que já era usado por YOELI (1965) antes da total difusão de ferramentas computacionais do geoprocessamento. Ainda em escala regional, os modelos podem ser usados para auxiliar a delimitação de contatos litológicos, grandes linhas de falha, densidade de fraturas e até mesmo a expressão da resistência das rochas na topografia. O MDE abaixo mostra o contato entre as rochas carbonáticas (esquerda) e metamórficas (direita) na Serra do Espinhaço Meridional em Minas Gerais.

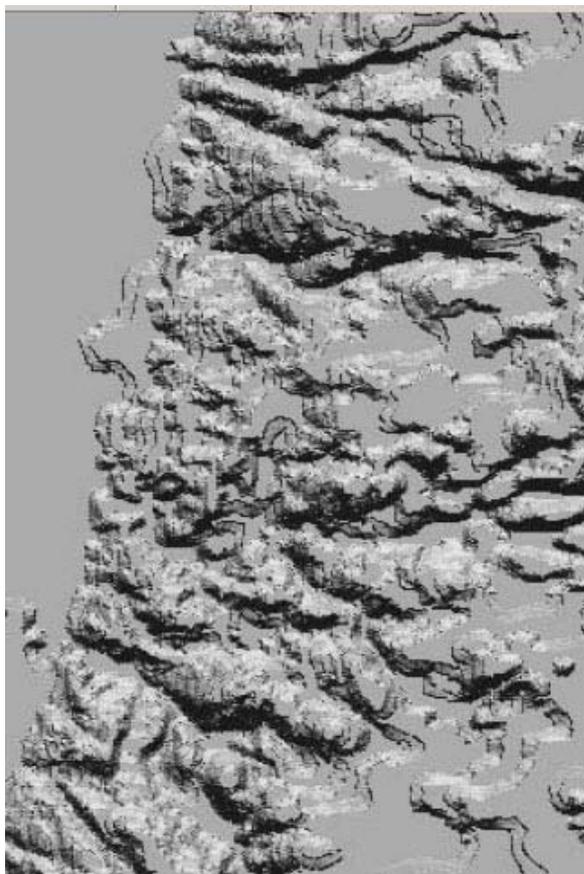


Figura 02: Imagem Sombreada no SPRING/INPE.

Para uma análise geomorfológica que requer maior precisão dos dados, ou um maior detalhamento com relação aos processos morfodinâmicos, o que também envolve parâmetros morfométricos, observa-se o crescente uso dos MDEs em formato matricial ou raster com uma resolução espacial compatível.

Com os dados altimétricos matriciais é possível fazer operações matemáticas que quantificam as superfícies topográficas, permitindo assim a avaliação, por exemplo, da perda de solo em escala de vertente. Neste caso é necessário obter a topografia detalhada de uma determinada área em dois momentos diferentes, está deverá ser convertida para o formato raster com pixels de tamanhos coerentes com o espaçamento entre as cotas altimétricas das curvas de nível.

Com a topografia inicial e final em formato raster, basta utilizar alguma ferramenta de ambiente SIG para executar a subtração das superfícies. O resultado será uma matriz com pixels contendo valores numéricos referentes às perdas e ganhos topográficos. Tal procedimento é muito utilizado em empresas de mineração para avaliar a relação entre a cava e a pilha de estéril.



1224.9	1225.4	1225.8	1226.3	1226.7
1224.4	1224.9	1225.3	1225.7	1226.0
1224.1	1224.4	1224.7	1225.0	1225.5
1223.8	1223.9	1224.3	1224.5	1224.5
1223.5	1223.5	1223.6	1223.8	1223.9
1223.1	1223.0	1223.1	1223.3	1223.4
1222.7	1222.6	1222.6	1222.8	1222.9
1222.3	1222.2	1222.2	1222.3	1222.4
1221.9	1221.8	1221.9	1221.9	1222.0
1221.5	1221.4	1221.5	1221.6	1221.6
1221.1	1221.0	1221.0	1221.0	1221.1
1220.7	1220.5	1220.4	1220.4	1220.5
1220.3	1220.2	1220.0	1219.9	1219.9
1220.0	1219.8	1219.6	1219.4	1219.3
1219.3	1219.2	1219.0	1218.8	1218.7

b

Figura 03: Conversão de dados vetoriais (a) para matriciais (b).

Após a conversão dos dados, a seguinte equação deve ser realizada:

$$\text{OUTGRID} = \text{INGRID1} - \text{INGRID2} \quad (1)$$

Onde, INGRID 1 refere-se à superfície inicial ou antiga e INGRID 2 a superfície atual, sendo que a subtração de INGRID 1 por INGRID 2 resultará nos valores referentes às perdas ou ganhos topográficos.

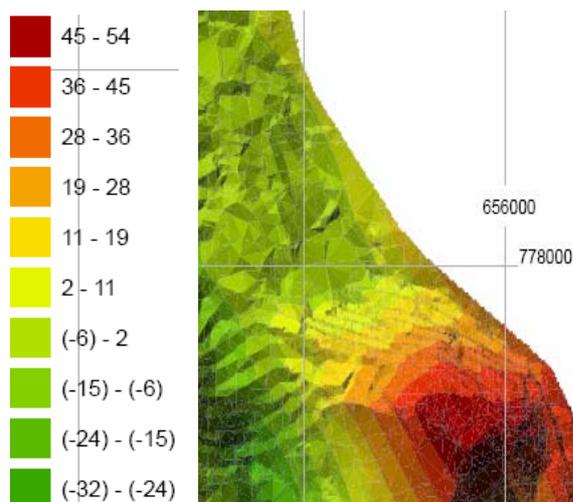


Figura 04: OUTGRID resultante da subtração da superfície inicial menos a atual no ArcView

Um outro tipo de análise espacial feita através de dados numéricos de terreno em formato raster é a hidrológica. Os dados fornecidos pela Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), através de algoritmos de modelagem hidrológica, podem ser manipulados em ambiente SIG para a extração de bacias hidrográficas e rede de drenagem, contribuindo para parâmetros morfométricos.

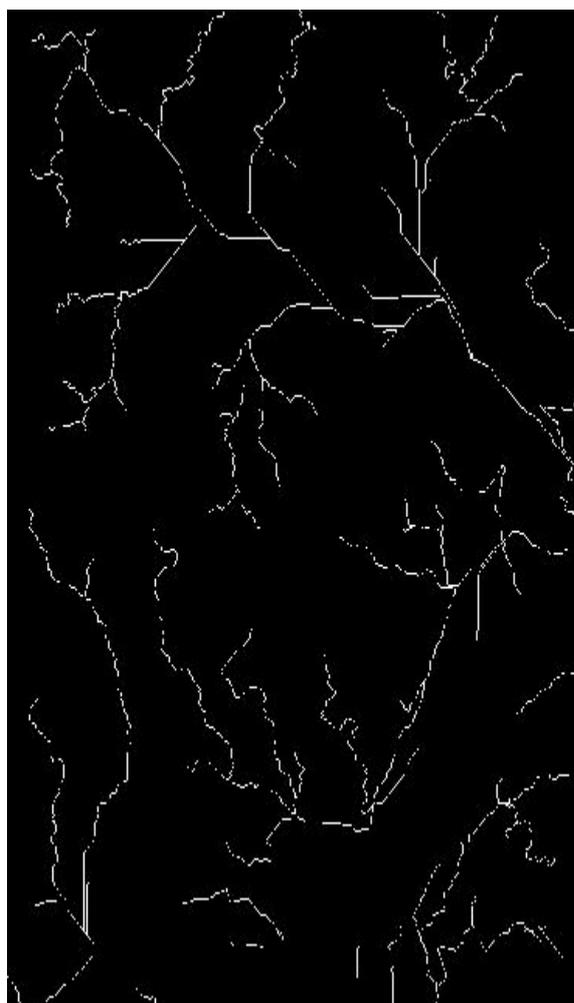


Figura 05: Imagem mostrando a espacialização da drenagem do fluxo acumulado

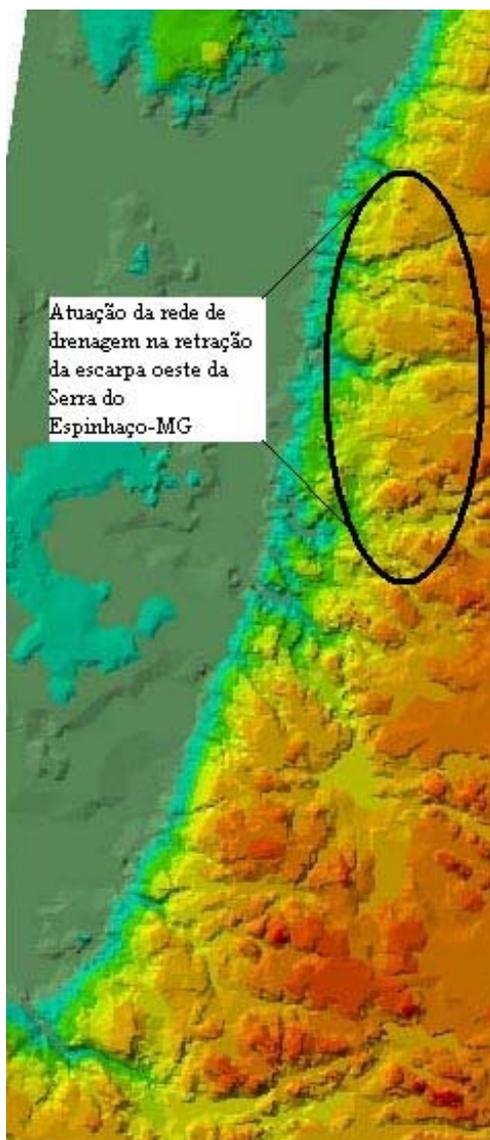


Figura 06: Visualização da atuação da rede de drenagem na escarpa oeste da Serra do Espinhaço-MG, através do MDE elaborado no ArcView.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A crescente difusão de tecnologias para o tratamento da informação espacial tem permitido uma maior dinamicidade aos estudos e pesquisas em geomorfologia.

As experiências com ferramentas de modelagem de dados espaciais mostraram-se eficientes não somente no auxílio às análises quantitativas, mas também às qualitativas.

Os resultados obtidos com a modelagem hidrológica, por exemplo, como a geração de uma rede de drenagem, nos permite avaliar o padrão da mesma e fazer inferências sobre o substrato lito-estrutural de uma determinada área. Além disso, o MDE se mostrou, em particular, totalmente apto ao que propomos, uma ferramenta de base para o ensino e aprendizado da ciência Geomorfológica e afins, o que em muito auxiliará aqueles que trabalham ou trabalharão com a percepção espacial.

#### 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Câmara, G., et al., 2004, Banco de Dados Geográficos (Livro on-line), disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/~gilberto/livro>.

Felgueiras, C.A.; Câmara, G. 2001. Modelagem Numérica de Terreno, In Introdução à ciência da Geoinformação (ed) INPE, São José dos Campos – SP. pp. 07-36.

Fonseca, B.M. et al, 2007, A difusão de novas tecnologias de mensuração e dados do relevo como apoio ao ensino da representação topográfica, In Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, INPE, p. 1473-1479.

Souza, L.H. F., et al, 2003, Aplicação e desenvolvimento de simbologia gráfica empregada em mapeamento geomorfológico: um estudo de caso da abordagem cartográfica comparativa de metodologias geomorfológicas. In: Anais II SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOGRAFIA “PERSPECTIVAS PARA O CERRADO NO SÉCULO XXI”, Uberlândia, Brasil.

Yoeli, P.; 1965, Analytical hill shading (A cartographic experiment). Surveying and Mapping, vol.25. nº 4, pp. 573-579.