



XXXIII

Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas
31 de julho à 05 de agosto - Center Convention - Uberlândia/Minas Gerais

MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO PARA REPRESENTAÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS GUAPI-MACACU E CACERIBU, RJ

Mário Luiz Diamante Áglio⁽¹⁾; Elaine Cristina Cardoso Fidalgo⁽²⁾; Waldir de Carvalho Júnior⁽²⁾; Ricardo de Oliveira Dart⁽³⁾; Mário Duarte Pinto Godoy⁽⁴⁾; Natália Zanier⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Assistente, Embrapa Solos, Rua Jardim Botânico, 1024, Rio de Janeiro, RJ, CEP 22460-000, mario@cnps.embrapa.br; ⁽²⁾ Pesquisador, Embrapa Solos, Rua Jardim Botânico, 1024, Rio de Janeiro, RJ, CEP 22460-000, {efidalgo; waldircj}@cnps.embrapa.br; ⁽³⁾ Analista, Embrapa Solos, Rua Jardim Botânico, 1024, Rio de Janeiro, RJ, CEP 22460-000, dart@cnps.embrapa.br; ⁽⁴⁾ Estagiário, Embrapa Solos.

Resumo – Modelos digitais de elevação (MDE) têm sido bastante empregados em estudos de bacias hidrográficas, mas a capacidade de representar corretamente o formato do terreno depende da qualidade e do método empregado para sua elaboração. Este estudo foi desenvolvido com o objetivo de gerar um modelo digital de elevação para as bacias hidrográficas dos rios Guapi-Macacu e Caceribu, RJ, e analisar a sua qualidade. Dados cartográficos foram selecionados e corrigidos para a geração de modelos, adotando-se diferentes resoluções para a grade gerada. A qualidade dos modelos resultantes foi analisada e foram aplicadas técnicas para correção dos erros detectados. Os procedimentos adotados, associados a métodos de análise de sua qualidade, permitiram a correção de feições espúrias e a obtenção de um modelo consistente e que representa de forma satisfatória a superfície real do terreno na escala adotada, igual a 1:50 000.

Palavras-Chave: sistema de informação geográfica, depressões espúrias, hidrologicamente consistente.

INTRODUÇÃO

Modelo digital de elevação (MDE) é um modelo quantitativo, no formato digital, da superfície do terreno (Burrough e McDonnell, 1998).

As estruturas disponíveis para a geração de modelos digitais de elevação e os métodos de interpolação, bem como a discussão sobre as vantagens e desvantagens do seu emprego estão disponíveis nas literaturas especializadas (Burrough e McDonnell, 1998; Wilson e Gallant, 2000), embora não apresentem um consenso (Fernandes e Menezes, 2005). A qualidade dos MDEs gerados, por sua vez, pode variar muito dependendo dos dados originais e da técnica de interpolação empregada.

A bacia hidrográfica é uma unidade natural de planejamento para muitos estudos ambientais, sendo que o manejo e a conservação das bacias dependem de informações espaciais. O formato de sua superfície influi no escoamento superficial e subterrâneo da água e, como resultado, no potencial de erosão e na umidade do solo.

Os MDEs têm sido muito empregados para estudos em bacias hidrográficas, porém sua capacidade de

representar o formato da superfície depende da qualidade do método empregado. Métodos para a geração de modelos de elevação hidrologicamente consistentes devem permitir a representação de discontinuidades da superfície, como os divisores de água e as vertentes, evitando suavização e ocorrência de depressões espúrias.

Outro fator importante para a seleção do modelo que melhor representa a forma da bacia hidrográfica é a análise dos seus resultados. E, neste caso, técnicas de visualização e interpretação do modelo de elevação são de grande utilidade (Hutchinson e Gallant, 2000).

Este estudo foi desenvolvido com o objetivo de gerar um modelo digital de elevação para as bacias hidrográficas dos rios Guapi-Macacu e Caceribu, RJ, e analisar a sua qualidade aplicando técnicas descritas na literatura.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

As bacias hidrográficas dos rios Guapi-Macacu e Caceribu (Figura 1) se caracterizam por apresentar um relevo muito diversificado. O relevo da bacia do Guapi-Macacu, parte de áreas planas, ao nível do mar, atingindo regiões serranas, com declividades acentuadas e altitudes que ultrapassam os 2 000 metros (Figura 1).

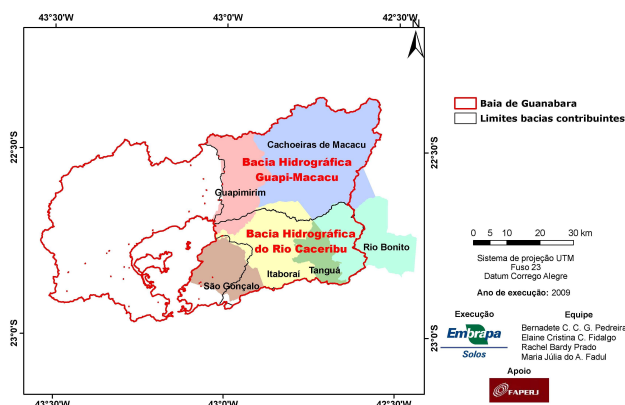


Figura 1. Localização das bacias hidrográficas dos rios Guapi-Macacu e Caceribu.

Elaboração do modelo digital de elevação

A elaboração do modelo digital de elevação para as bacias hidrográficas seguiu diversas etapas. E todo o processamento digital dos dados foi realizado utilizando

ferramentas do programa ArcGIS da ESRI e seguiu procedimentos definidos anteriormente para a elaboração do MDE da bacia hidrográfica do rio Guapi-Macacu (Fidalgo et al., 2009).

A primeira etapa envolveu a seleção dos dados planialtimétricos em formato digital disponíveis para toda a área da bacia. Os dados provenientes das cartas topográficas em escala 1:50 000 (BRASIL, 1964, 1997; IBGE, 1974, 1979a, 1979b, 1981a, 1981b, 1983 e 2007) foram reunidos e organizados em camadas: pontos cotados; curvas de nível; cursos d'água; lagos e lagoas; e limite da bacia.

A segunda etapa compreendeu a correção dos dados envolvendo: (a) a alteração da representação de rios de margem dupla (formato poligonal) para rios de margem simples (formato de linha), conexão de segmentos de rios e indicação do sentido do fluxo; e (b) a correção de descontinuidades nas curvas de nível e de valores de altitudes.

Após as correções, foram gerados dois modelos de elevação, sendo consideradas as resoluções de 20 e 30 metros para avaliação dos melhores resultados. Essas resoluções foram selecionadas com base em análises de estudos anteriores (Fidalgo et al., 2009), buscando-se dentre eles o melhor resultado de MDE para a área que compreende as duas bacias de estudo.

Utilizou-se a ferramenta *Topo to Raster*, que emprega um método de interpolação desenvolvido especialmente para a criação de modelos digitais de elevação hidrologicamente consistentes. Adicionalmente utilizou-se a opção *enforce*, que é uma rotina empregada com o objetivo de forçar o modelo no sentido da drenagem, visando remover depressões espúrias. As depressões, em geral, são raras em paisagens naturais e devem ser eliminadas. Elas podem surgir no modelo devido a falhas no processo de interpolação ou a lacunas nos dados utilizados.

Os dois modelos resultantes foram analisados quanto à sua qualidade e adequação da resolução seguindo os procedimentos descritos por Hutchinson e Gallant (2000) e representados resumidamente a seguir.

1. Visualização em formato de relevo sombreado (*hillshade*), para identificar inconsistências.

2. Totalização das áreas de depressões espúrias e visualização de sua distribuição na área da bacia. Para essa análise utilizou-se a ferramenta *Flow Direction* para a geração de um dado no formato matricial com informação sobre a direção do fluxo de água e, em seguida, a ferramenta *Sink*, que utiliza a informação de direção de fluxo para identificação das áreas de depressão.

3. Totalização das células com valor menor que zero e visualização de sua distribuição na área da bacia. Esses valores não são esperados para a superfície real da bacia, portanto são considerados erros.

4. Derivação de curvas de nível a partir do MDE elaborado utilizando a ferramenta para geração de contornos (*Contour*). Neste caso, selecionou-se o mesmo intervalo entre cotas que o dos dados originais, igual a 20 m. Esse procedimento é uma importante ferramenta de diagnóstico por ser bastante sensível a

erros nos dados originais, muitas vezes devidos à atribuição de valores errados as curvas de nível ou pontos cotados.

A última etapa para o refinamento do MDE consistiu na correção de erros observados.

Para a correção de lacunas de informação, que geraram inconsistências no modelo, foram incluídos pontos cotados provenientes do modelo de elevação digital fornecido pelo projeto SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), com resolução de 90 metros corrigido.

As depressões espúrias dos modelos foram eliminadas por um pós-processamento envolvendo: a) a identificação das depressões (descrita no item 2); (b) a criação de dado no formato matricial com informação sobre a área de contribuição das depressões, utilizando a ferramenta *Watershed*; (c) a criação de dado no formato matricial com informação sobre o valor de elevação da borda da depressão (máxima elevação), utilizando o comando *Zonalfill*, e preenchimento das depressões com este valor de depressão. Este último procedimento é iterativo e foi realizado até a eliminação de todas as depressões espúrias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O primeiro critério adotado para análise e seleção do modelo que melhor representa o relevo das bacias foi o número de depressões espúrias e o número de células que elas abrangiam (Tabela 1). Neste caso, o MDE de resolução 30 m mostrou melhores resultados por apresentar menor número de casos. O número de células com valor abaixo de zero foi muito grande em todos os modelos gerados indicando a necessidade de correção dos dados originais para eliminação dos erros.

Tabela 1. Número de depressões (absoluto e de células) e número de células com valores negativos dos modelos digitais de elevação gerados.

Resolução	n. de depressões espúrias	n. de células em depressões espúrias	Células < 0
20 metros	1896	4310	117241
30 metros	1620	3322	54146

A visualização das células com valor negativo e daquelas associadas a depressões espúrias revelou que ambas ocorriam predominantemente em áreas de baixada, com altitudes inferiores a 20 metros. Observou-se ainda a escassez de pontos cotados nesta área que permitisse a geração de um modelo de melhor qualidade, que melhor representasse as feições reais do terreno. O uso as informações do SRTM suprimiram grande parte das lacunas de informação e células com valores negativos. Porém, as depressões espúrias somente foram totalmente eliminadas após a correção com o procedimento iterativo utilizando o comando *Zonalfill*.

O modelo final gerado foi visualizado no formato *hillshade* (Figura 2), e as curvas de nível derivadas dele foram comparadas às originais (Figura 3). A análise visual desses resultados foram realizadas para toda a área e não foram observadas inconsistências, considerando a escala de representação final do modelo, igual a 1:50 000.

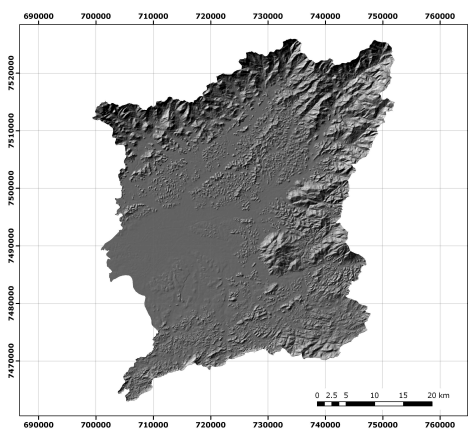


Figura 2. Modelo digital de elevação para as bacias hidrográficas dos rios Guapi-Macacu e Caceribu em formato *hillshade*.

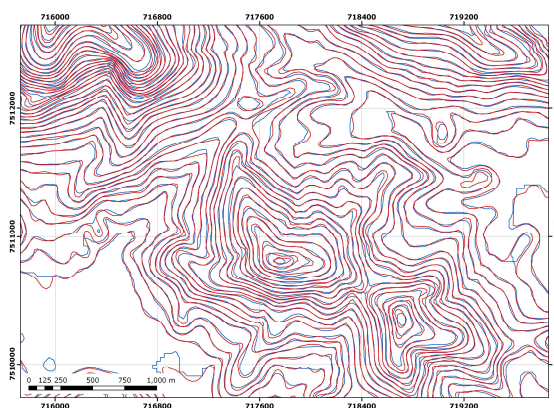


Figura 3. Curvas de nível de parte das bacias hidrográficas dos rios Guapi-Macacu e Caceribu, originais em vermelho e derivadas do modelo digital de elevação gerado em azul.

CONCLUSÕES

1. Os procedimentos adotados para a geração do modelo digital de elevação para as bacias hidrográficas dos rios Guapi-Macacu e Caceribu, RJ, associados a métodos de análise de sua qualidade permitiram a correção de feições espúrias e a obtenção de um modelo consistente e que representa de forma

satisfatória a superfície real do terreno na escala adotada, igual a 1:50 000.

REFERÊNCIAS

- BOURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R.A. Principles of geographical information systems. Oxford: Oxford University, 1998.
- BRASIL. Diretoria de Serviço Geográfico. Rio Bonito: folha SF-23-Z-B-V-2 MI-2746/2. 5. ed. Rio de Janeiro: DSG, 1997. Carta topográfica, Escala 1:50.000.
- BRASIL. Diretoria de Serviço Geográfico. Marica: folha SF-23-Z-B-V MI-2746/3 e 2774⁹. Rio de Janeiro: DSG, 1964. Carta Topográfica, Escala 1:50.000.
- FIDALGO, ELAINE CRISTINA CARDOSO; CARVALHO JÚNIOR, WALDIR DE; GODOY, MÁRIO DUARTE PINTO. Análise da qualidade do modelo digital de elevação para representação da bacia hidrográfica do rio Guapi-Macacu, RJ. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14 (SBSR). 25-30 abril 2009,. Natal, Brasil. Anais. São José dos Campos: INPE, 2009, p. 3785-3791. DVD, Online. ISBN: 978-85-17-00044-7. Disponível em: <http://mart.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.11.15/doc/3785-3791.pdf>. Acesso em 25 jul. 2009.
- HUTCHINSON, M. F.; GALLANT, J. C. Digital elevation models and representation of terrain shape. In: ____ Terrain analysis: principles and applications. New York: John Wiley & Sons, 2000. chap. 2, p. 29-50.
- IBGE. Baía de Guanabara: Folha SF-23-Z-B-IV-4 e SF-23-Z-D-I-2 MI-2745/4 e MI-2774/2. 4. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1981a. Carta Topográfica. Escala 1: 50.000.
- IBGE. Itaboraí: folha SF-23-Z-B-V-1. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1979a. Carta topográfica. Escala 1:50.000.
- IBGE. Itaipava: dados digitais da carta topográfica na escala 1:50.000. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/#sub_download. Acesso em 12 fev. 2007. Os dados foram publicados sob forma impressa em 1974.
- IBGE. Nova Friburgo: folha SF-23-Z-B-II-4. Rio de Janeiro: IBGE, 1974. Carta topográfica. Escala 1:50.000.
- IBGE. Petrópolis: folha SF-23-Z-B-IV-2. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1979b. Carta topográfica. Escala 1:50.000.
- IBGE. Teresópolis: folha SF-23-Z-B-II-3 MI-2716-3. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1983b. Carta topográfica. Escala 1:50.000.
- WILSON, J. P.; GALLANT, J. C. Terrain analysis: principles and applications. New York: John Wiley & Sons, 2000.