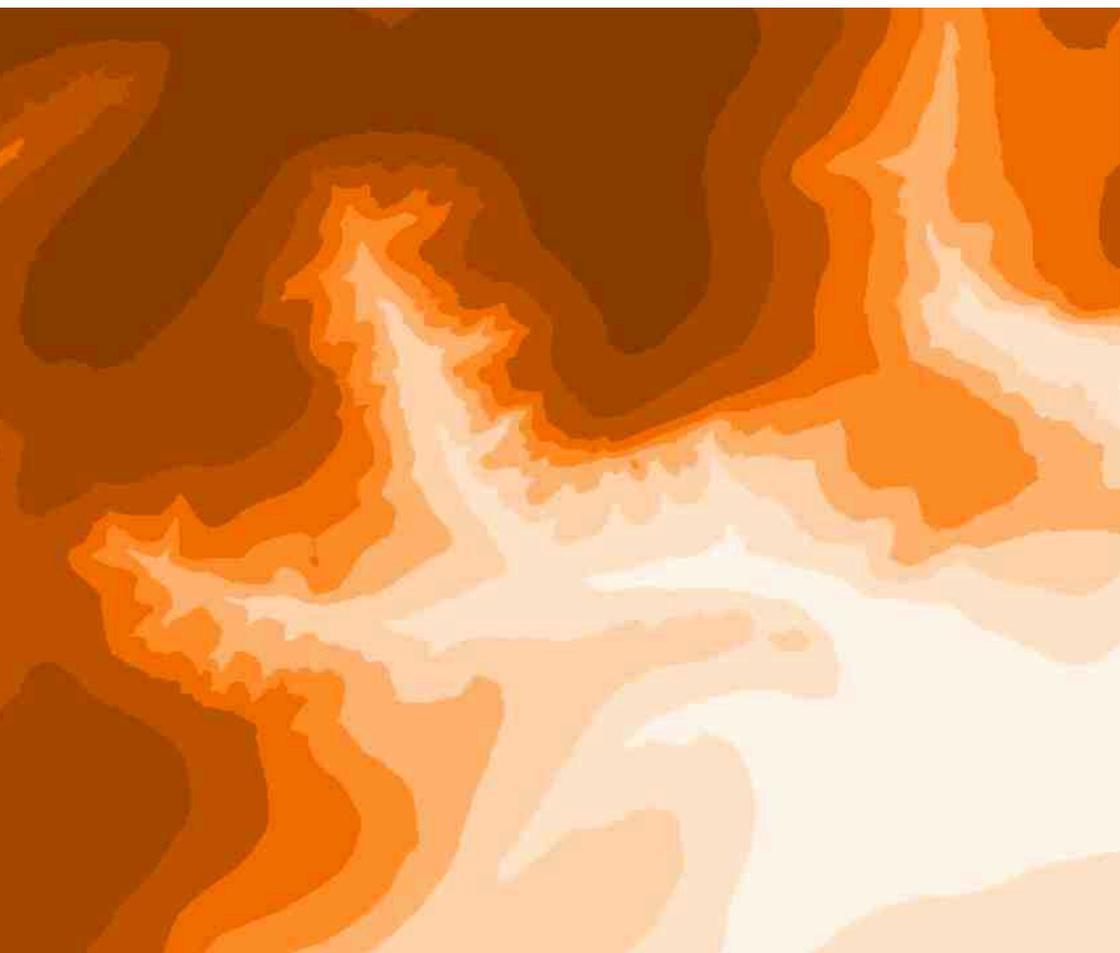


Comparação entre Diferentes Interpoladores na Delimitação de Bacias Hidrográficas





*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Cerrados
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

ISSN 1517-5111

Dezembro, 2002

Documentos 71

Comparação entre Diferentes Interpoladores na Delimitação de Bacias Hidrográficas

André Luciancencov Redivo
Renato Fontes Guimarães
Verônica Moreira Ramos
Osmar Abílio de Carvalho Júnior
Éder de Souza Martins

Planaltina, DF
2002

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Cerrados

BR 020, Km 18, Rod. Brasília/Fortaleza

Caixa Postal 08223

CEP 73310-970 Planaltina, DF

Fone: (61) 3388-9898

Fax: (61) 3388-9879

<http://www.cpac.embrapa.br>

sac@cpac.embrapa.br

Comitê de Publicações

Presidente: *Dimas Vital Siqueira Resck*

Editor Técnico: *Carlos Roberto Spehar*

Secretária-Executiva: *Nilda Maria da Cunha Sette*

Supervisão editorial: *Jaime Arbués Carneiro*

Revisão de texto: *Jaime Arbués Carneiro*

Normalização bibliográfica: *Shirley da Luz Soares*

Rosângela Lacerda de Castro

Tratamento das ilustrações: *Leila Sandra Gomes Alencar*

Capa: *Leila Sandra Gomes Alencar*

Editoração eletrônica: *Leila Sandra Gomes Alencar*

Impressão e acabamento: *Divino Batista de Souza*

Jaime Arbués Carneiro

1ª edição

1ª impressão (2002): tiragem 100 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

CIP-Brasil. Catalogação-na-publicação.
Embrapa Cerrados.

C737 Comparação entre diferentes interpolares na delimitação de bacias hidrográficas / André Luciancencov Redivo ... [et al.] – Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2002.
20 p. – (Documentos / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111; 71)

1. Hidrologia. 2. Geologia. 3. Hidrografia. I. Redivo, André Luciancencov. II. Série.

551.48 - CDD 21

© Embrapa 2002

Autores

André Lucianencov Redivo

Eng. Cartógr., Universidade de Brasília, Departamento de Geografia, Campus da UnB, ICC Norte, Asa Norte, CEP 70910-900, Brasília, DF.

Renato Fontes Guimarães

Eng. Cartógr., D.Sc., Universidade de Brasília, Departamento de Geografia, renatofg@unb.br.

Verônica Moreira Ramos

Geógr., Universidade de Brasília, Departamento de Geografia, vmramos@unb.br.

Osmar Abílio de Carvalho Júnior

Geól., D.Sc., Universidade de Brasília, Departamento de Geografia, osmarjr@unb.br.

Éder de Souza Martins

Geól. D.Sc., Embrapa Cerrados, eder@cpac.embrapa.br.

Sumário

Introdução	7
Área de estudo	8
Obtenção dos modelos digitais de terreno	9
Área de contribuição e determinação do ponto para o cálculo da bacia hidrográfica	10
Cálculo da bacia hidrográfica	12
Conclusões	18
Referências	18
Abstract	20

Comparação entre Diferentes Interpoladores na Delimitação de Bacias Hidrográficas

André Luciancencov Redivo

Renato Fontes Guimarães

Verônica Moreira Ramos

Osmar Abílio de Carvalho Júnior

Éder de Souza Martins

Introdução

A representação do mundo real por meio de um modelo distribuído vem sendo cada vez mais utilizada para a aplicação dos mais diversos tipos de modelo, por exemplo, os erosivos ([MOORE et al., 1988](#); [DIETRICH et al., 1993](#)), de zonas de saturação na paisagem ([O'LOUGHLIN, 1986](#)), de predição a movimentos de massa ([OKIMURA; ISHIKAWA, 1985](#); [MONTGOMERY; DIETRICH, 1994](#); [DIETRICH; MONTGOMERY, 1998](#)), entre outros. Nesse contexto, várias metodologias têm sido desenvolvidas com intuito de se construir modelos digitais de terreno (MDT) confiáveis, pois são de fundamental importância para o bom funcionamento dos modelos mencionados anteriormente. Diferentes tipos de interpoladores são utilizados nesse processo, como o inverso do quadrado da distância, *kriging*, *kriging multi-direcional*, *tin*, entre muitos outros. [Guimarães \(2000\)](#) comparou diversos interpoladores com pontos determinados a partir de coleta de pontos de controle GPS (*Global Position System*) geodésico com uma estação fixa e elegeu o algoritmo desenvolvido por Hutchinson como sendo o que obteve o melhor resultado. Muitos trabalhos são realizados com o uso da malha triangular, os chamados TIN, que possuem a limitação da necessidade de serem convertidos para uma malha de formato irregular para que seja possível trabalhar com a modelagem matemática.

Parâmetros como a declividade, direção de fluxo, concavidade, entre outros, são variáveis derivadas de MDT que incorporam os erros oriundos de uma base digital tridimensional. Além dos erros clássicos existentes em mapas de declividade, como o efeito estrela e olho-de-boi, a variável área de contribuição

determinada a montante de cada *pixel*, largamente utilizada no cálculo de modelos hidrológicos, também é afetada pelos erros oriundos dos MDT.

Conforme mencionado por [Fernandes e Amaral \(1996\)](#), na geomorfologia, em especial, a modelagem matemática, principalmente quando desenvolvida sobre bases físicas, vem sendo aplicada em diversos estudos voltados para a previsão da localização de zonas de saturação na paisagem ([O'LOUGHLIN, 1986](#), [DIETRICH et al., 1993](#), entre outros), a caracterização de processos erosivos ([MOORE et al., 1988](#)) e a definição de áreas de risco a deslizamentos ([OKIMURA; ISHIKAWA, 1985](#)), entre outros processos.

O objetivo deste trabalho foi comparar quatro interpoladores na obtenção do limite de bacias hidrográficas com base em um MDT, verificando seu desempenho na aplicação de modelos hidrológicos.

Área de estudo

Para a realização deste trabalho foi escolhida uma microbacia hidrográfica localizada no Parque Nacional de Brasília no Distrito Federal.

A Bacia do Córrego do Milho Cozido localiza-se dentro dos limites do Parque Nacional de Brasília e é uma das formadoras da represa de Santa Maria, responsável por parte do abastecimento de água do Distrito Federal (Figura 1).

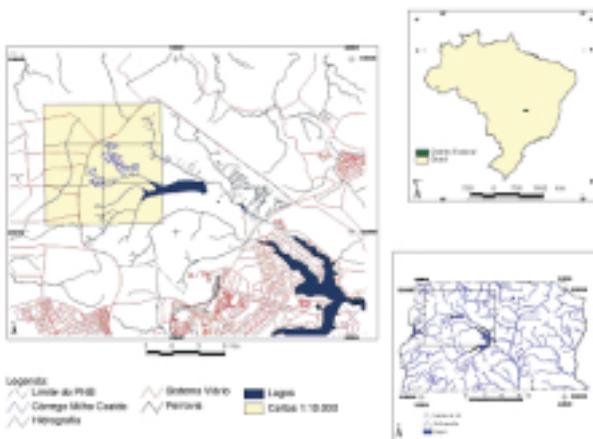


Figura 1. Mapa de localização da Microbacia do Córrego Milho Cozido, DF.

Obtenção dos modelos digitais de terreno

Neste trabalho, utilizaram-se quatro interpoladores para a comparação da eficácia de cada um deles na aplicação de modelos hidrológicos. Com base neles, geraram-se cinco modelos digitais de terreno, sendo dois pelo método *Topogrid*, um pelo método TIN, um pelo método *Kriging* Universal e um pelo método Inverso do Quadrado da Distância (Figura 2).

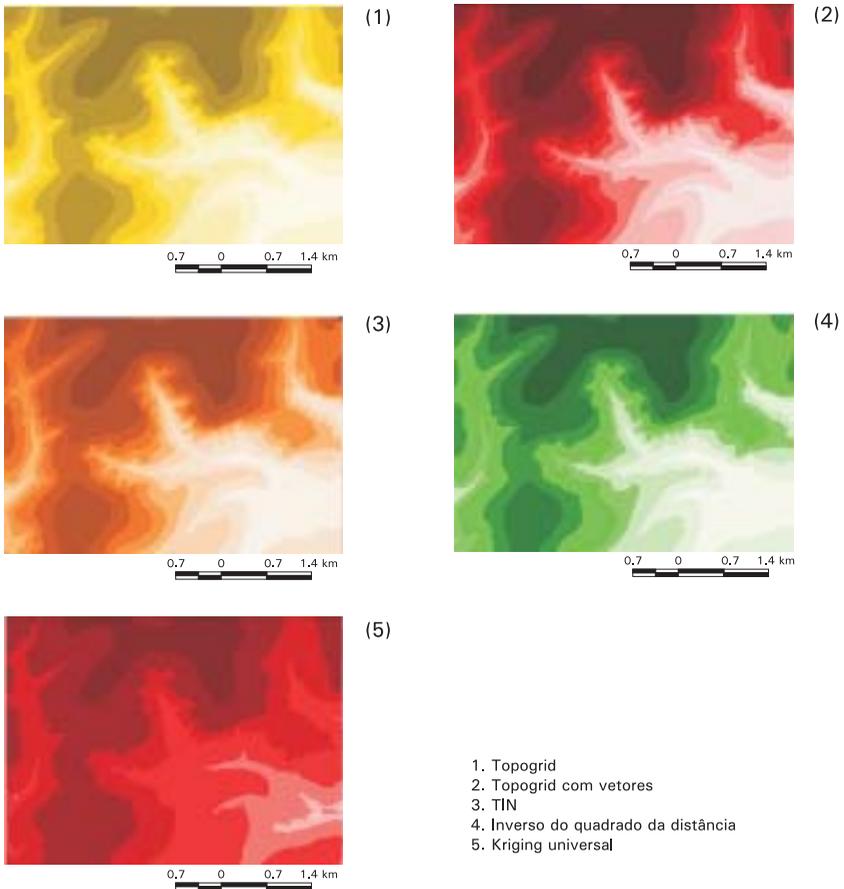


Figura 2. Modelos digitais de terreno.

Utilizou-se o *software ArcInfo* na confecção dos dois modelos pelo método *Topogrid*. Esses MDTs foram confeccionados tendo como base cartas topográficas na escala de 1:10.000 do Sistema Cartográfico do Distrito Federal (SICAD), possibilitando a geração dos MDTs com *pixel* de 5 m. O primeiro MDT foi gerado apenas com o arquivo vetorial de curvas de nível e, no segundo, além dessas curvas, empregaram-se, os vetores de hidrografia e corpos d'água na interpolação.

Para o modelo gerado pelo método TIN, foi usado o *software ArcView*. Para a modelagem matemática aplicada a este trabalho, foi necessário transformar esse MDT para *grid* com *pixel* de 5 m.

No modelo gerado pelo método *Kriging* Universal, utilizou-se uma extensão do *software ArcView*. Esse MDT foi igualmente confeccionado com *pixel* de 5 m.

Para a confecção do modelo pelo método Inverso do Quadrado da Distância, usou-se o *software ArcInfo*. Esse MDT, a exemplo dos demais, também foi concebido com *pixel* de 5 m.

Depois de confeccionados de todos os MDTs, foi efetuada, em cada um deles, a remoção das depressões geradas na interpolação e que não correspondiam com as da natureza. Esse procedimento foi feito no *software ArcView* por uma extensão denominada *Hydrologic Modeling*, com a aplicação da rotina *fill sink*. Essa rotina elimina as depressões geradas pelos interpoladores, criando outro MDT sem essas depressões.

Área de contribuição e determinação do ponto para o cálculo da bacia hidrográfica

Considerando os dez MDTs, os cinco modelos originais, bem como os cinco modelos com as depressões removidas, geraram-se os mapas da área de contribuição de cada um deles ([Figura 3](#)). A área de contribuição consiste na determinação da área drenada a montante que passa por determinado *pixel* do modelo ([O'LOUGHLIN, 1986](#)).

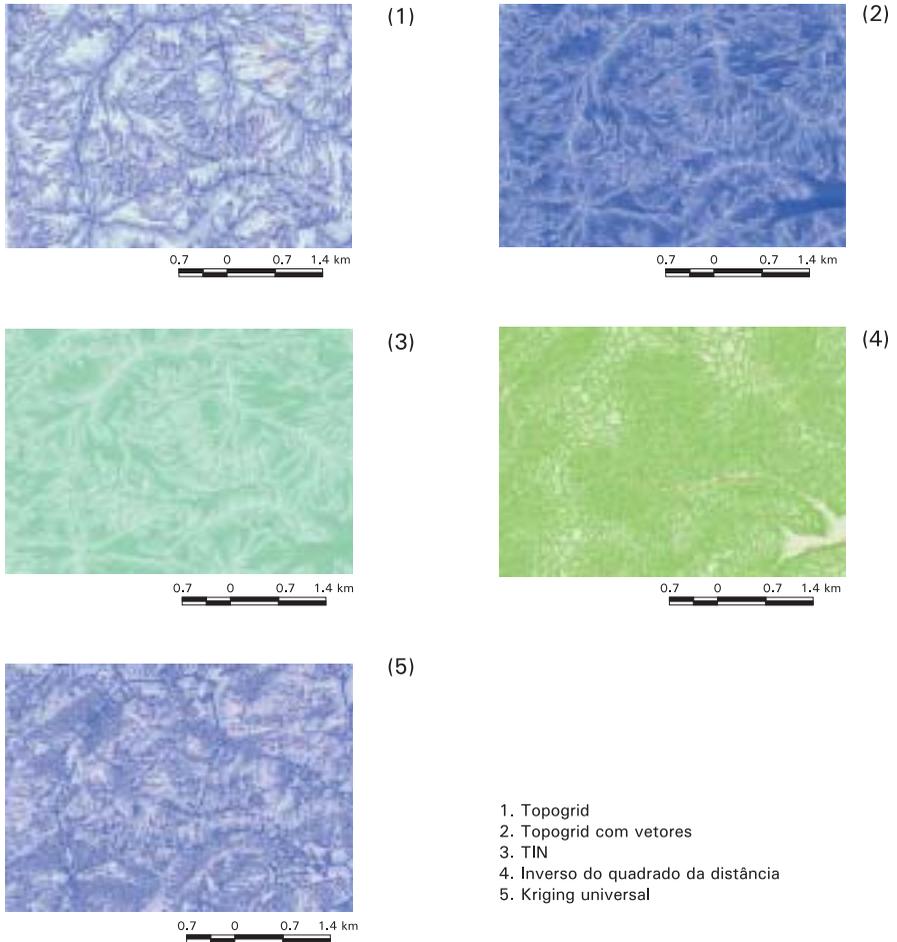


Figura 3. Área de contribuição gerada dos MDTs com as depressões removidas.

A área de contribuição representa a rede de drenagem da bacia. Se forem utilizados os *pixels* de maior valor do mapa da área de contribuição, os cursos d'água da bacia hidrográfica serão representados.

A determinação do ponto para o cálculo da bacia hidrográfica é feita tendo como base o mapa da área de contribuição. Deve ser escolhido o *pixel* de maior valor para estabelecer esse ponto.

Cálculo da bacia hidrográfica

Um mapa de direção de fluxo foi gerado para cada MDT. Considerando cada mapa de direção de fluxo gerado e do ponto escolhido para o início do cálculo, foi traçado o limite da bacia, utilizando para tal o *Software ArcInfo*, por meio da rotina *watershed*. Posteriormente, foram calculados a área e o perímetro para cada uma das bacias traçadas.

Considerando-se as bacias hidrográficas geradas pelo cálculo da bacia hidrográfica para cada um dos dez MDTs, pode-se avaliar o desempenho de cada MDT, comparando-os entre si, a fim de estabelecer qual deles é o mais adequado para a aplicação de modelos hidrológicos.

Os parâmetros utilizados para avaliar o desempenho dos modelos foram: a hidrografia vetorizada e o mapa da área de contribuição, uma vez que a bacia não estava delimitada previamente. Foi estabelecido que o melhor modelo seria aquele em que a área de contribuição coincidissem com o arquivo vetorial da hidrografia. Em relação à área, foi feito o cálculo para cada bacia hidrográfica, usando para isso um *script* do *software ArcView* que calcula automaticamente a área e o perímetro de cada polígono que representa a bacia hidrográfica.

O cálculo feito com base nos modelos digitais de terreno que não tiveram nenhum tratamento, ou seja, que não tiveram suas depressões removidas, apresentou resultados insatisfatórios, pois as bacias foram traçadas erroneamente. Nenhuma bacia foi calculada de forma correta e, pelo método *Kriging* Universal, não foi possível fazer o cálculo.

O cálculo da bacia hidrográfica feito a partir dos MDTs que tiveram tratamento, ou seja, remoção das depressões (*sinks*), foi satisfatório e apresentou resultados parecidos ([Figura 4](#)).

O método *Topogrid* de interpolação, associado aos vetores de hidrografia e corpo d'água, foi empregado como referência para a avaliação dos interpoladores, uma vez que não estão disponíveis dados da bacia de precisão mais elevada que as cartas do SICAD. Na [Figura 5](#), nota-se que o arquivo vetorial da hidrografia coincide com o mapa da área de contribuição, apresentando pequenas variações.

Os piores resultados foram obtidos nos MDTs gerados dos métodos Inverso do Quadrado da Distância e TIN. Observando as [Figuras 6 e 7](#), verificam-se variações entre o arquivo vetorial da hidrografia e o mapa da área de contribuição dos respectivos MDTs.

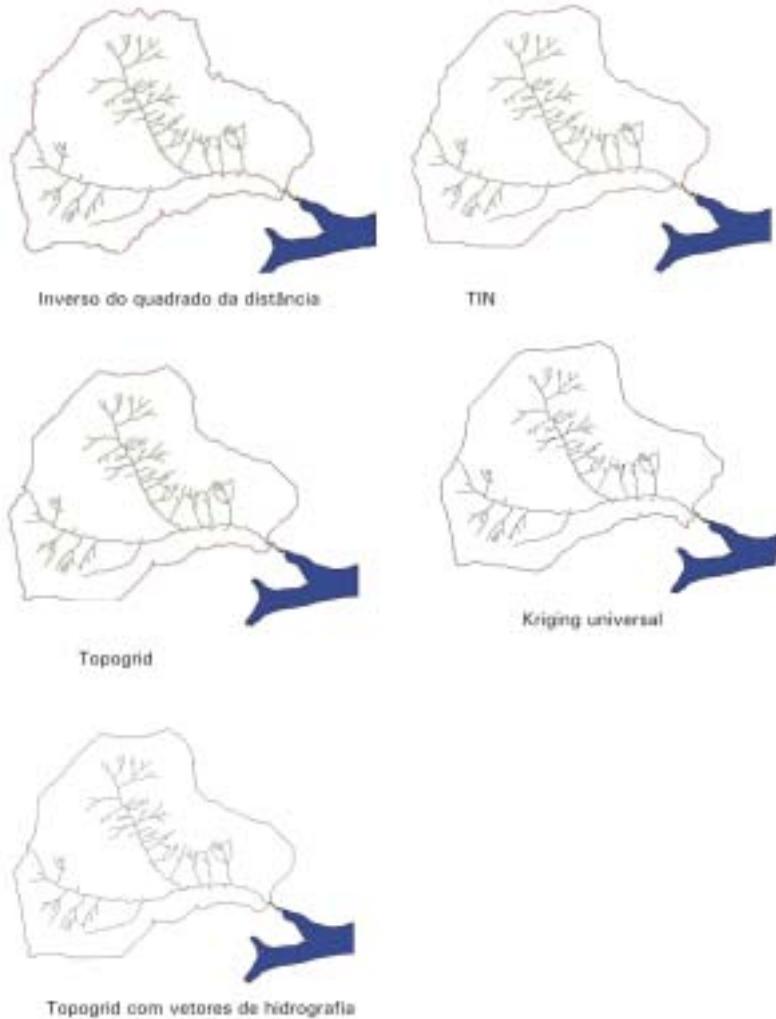


Figura 4. Bacias calculadas a partir dos MDTs com tratamento (remoção das depressões).

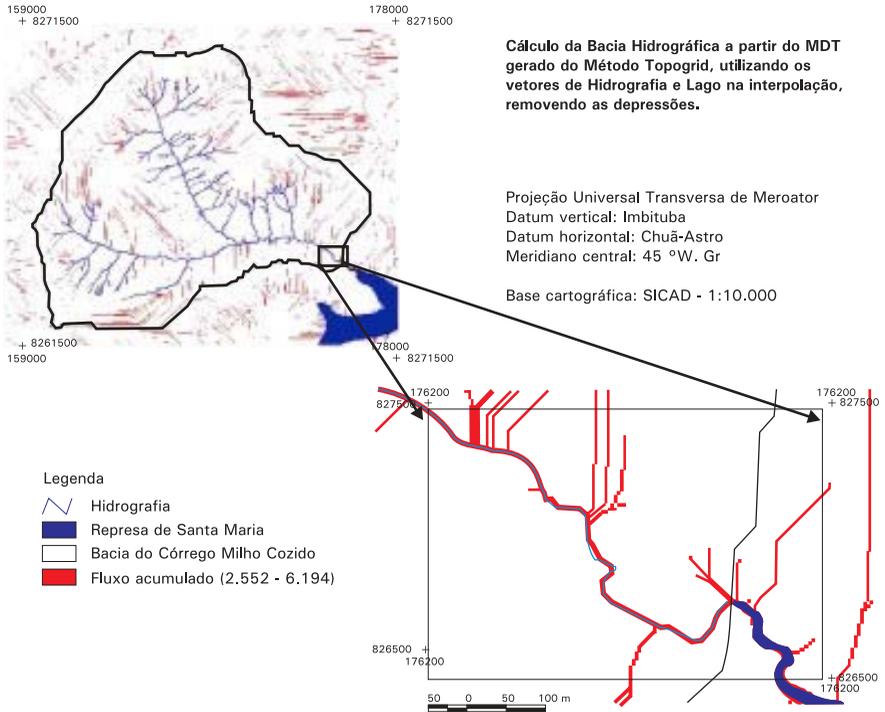


Figura 5. Mapa da área de contribuição gerada do MDT feito pelo método *Topogrid*, evidenciando a coincidência entre o vetor da hidrografia e os *pixels* que representam os cursos d'água no mapa.

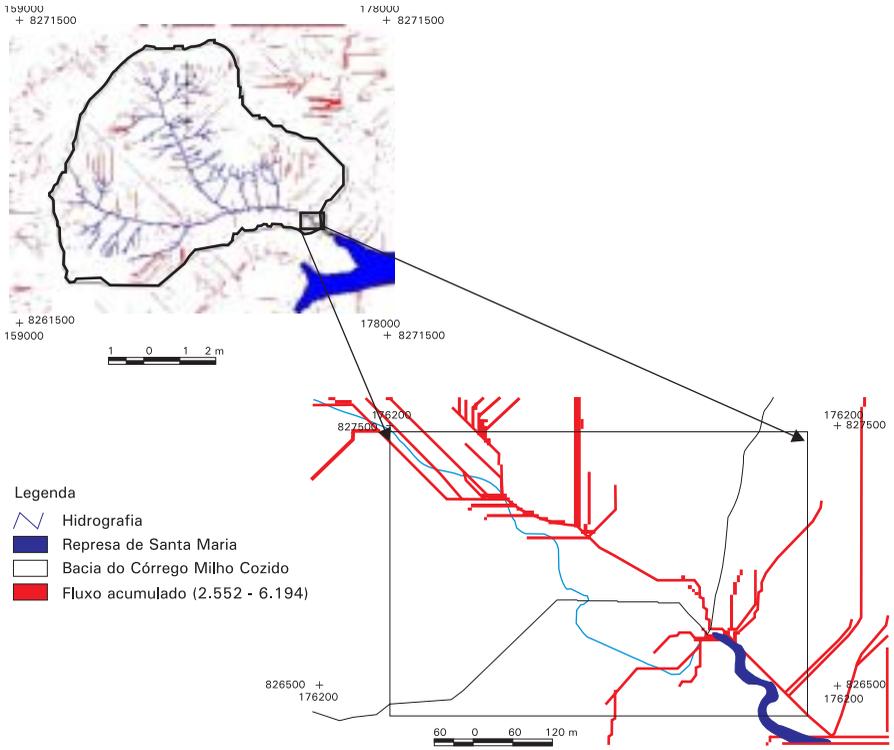


Figura 6. Mapa da área de contribuição gerada do MDT feito pelo método TIN, evidenciando a não-coincidência entre o vetor da hidrografia e os *pixels* que representam os cursos d'água no mapa.

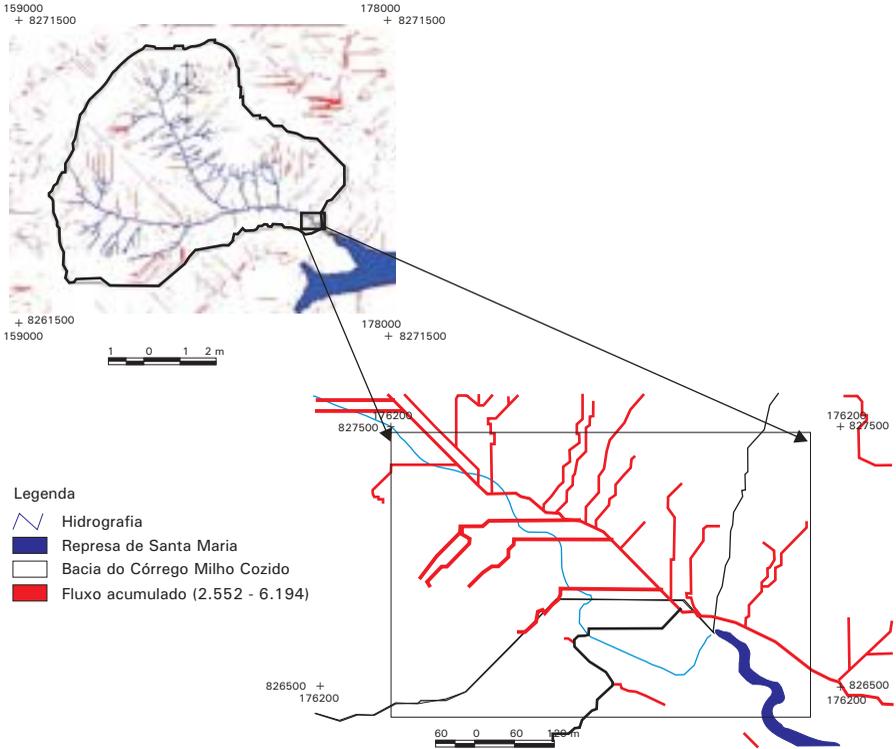


Figura 7. Mapa da área de contribuição gerada do MDT feito pelo método Inverso do Quadrado da Distância, evidenciando a não-coincidência entre o vetor da hidrografia e os *pixels* que representam os cursos d'água no mapa.

Observaram-se pequenas variações em relação à área calculada. Adotando como referência a bacia calculada com base no MDT gerado do método *Topogrid*, com a utilização dos arquivos vetoriais de hidrografia e corpos d'água, e, comparando-a com as outras, notou-se que todas tiveram decréscimo ([Figuras 8 e 9](#)).

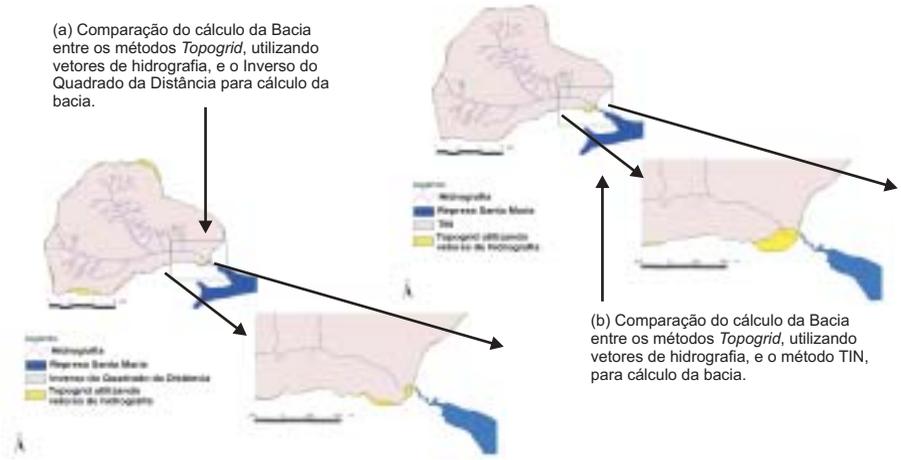


Figura 8. Comparação entre os métodos *Topogrid* (com os vetores da bacia) e o Inverso do Quadrado da Distância (a) e o TIN (b).

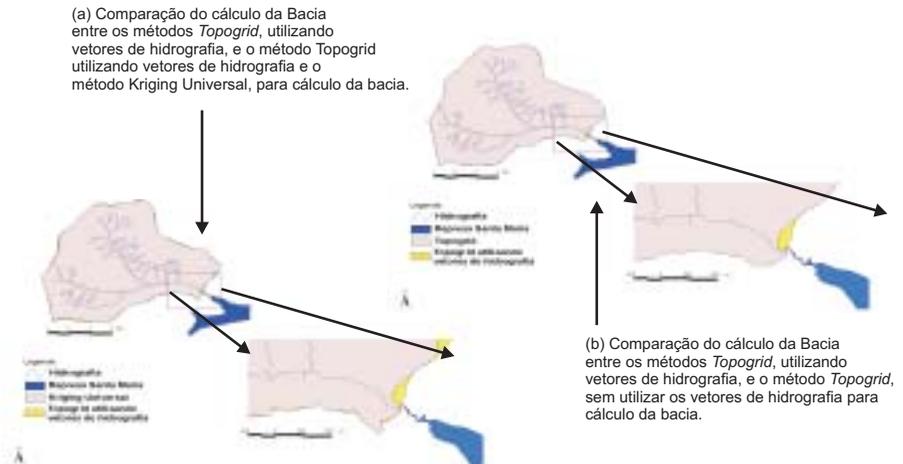


Figura 9. Comparação entre os métodos *Topogrid* (com vetores da bacia) e o *Kriging* Universal (a) e o *Topogrid* sem os vetores da bacia (b).

Conclusões

1. A remoção das depressões geradas na interpolação foi fundamental para aumentar a qualidade do MDT.
2. O uso de vetores de hidrografia e corpos d'água, acrescidos de dados das curvas de nível na interpolação, aumentou o nível de detalhe e de confiabilidade do MDT.
3. A escolha do interpolador afetou a qualidade dos resultados, visto que ocorreram discrepâncias dos resultados de cada MDT, sendo fundamental a escolha de um interpolador adequado para garantir a qualidade do trabalho.

Referências

DIETRICH, W. E.; WILSON, C. J.; MONTGOMERY, D. R.; McKEAN, J. Analysis of erosion thresholds, channel networks and landscape morphology using a digital terrain model. **The Journal of Geology**, Chicago, v. 110, p. 259-278, 1993.

DIETRICH, W. E.; MONTGOMERY, D. R. **SHALSTAB**: a digital terrain model for mapping shallow landslide potential. [S. l.]: National Council for Air and Stream Improvement, 1998. 26 p.

FERNANDES, N. F.; AMARAL, C. P. Movimentos de massa: uma abordagem geológico-geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand, 1996. p. 123-194.

GUIMARÃES, R. F. **Utilização de um modelo de previsão de áreas susceptíveis à escorregamentos rasos com controle topográfico**: adequação e calibração em duas bacias de drenagem. 2000. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

MONTGOMERY, D. R.; DIETRICH, W. E. A physically-based model for the topographic control on shallow landslide. **Water Resources Research**, Washington, v. 30, p. 1153-1171, 1994.

MOORE, I. D.; O'LOUGHLIN, E. M.; BURCH, G. J. A. Counter based topographic model for hydrological and ecological applications. **Earth Surface and Processes and Landforms**, Chichester, v. 13, p. 305-320, 1988.

O'LOUGHLIN, E. M. Prediction of surface saturation zones in natural catchments by topographic analysis. **Water Resources Research**, Washington, v. 22, p. 794-804, 1986.

OKIMURA, T.; ISHIKAWA, R. Prediction methods for surface failures by movements of infiltrated water in a surface soil layer. **Natural Disaster Science**, Kyoto, v. 7, p. 41-51, 1985.

Comparison of Different Methods for Hydrographic Basin Limits Determination

Abstract – *The morphometric parameters are of fundamental importance for the good operation of models, among them, the area of the basin to amount determined for each pixel stands out for releases use in hydrologic models used for the definition of saturation areas in the landscape and predictive models of mass movements. In this work three different ways are compared of obtaining the delimitation of hydrologic basins starting from a digital elevation model: a) Directly of DEM without any treatment type, being used of different interpolators types; b) Starting from the elimination of the depressions inherent of the interpolator that doesn't correspond to the nature and; c) Making DEM being used of the corresponding vectors the drainage net and water bodies, being eliminated, also, the depressions. The results show that the values obtained by the different processes possess significant discrepancy amongst themselves.*

Index terms: morphometry; hydrologic basin limits; digital elevation model (DEM).