



**Avaliação de Modelos Digitais de Elevação para
Estudos Geoecológicos no Maciço da Pedra Branca, Rio de Janeiro, Brasil**
Digital Elevation Models Evaluation for Geoecological Studies in
Pedra Branca Massif, Rio de Janeiro, Brazil

Leandro Gomes Souza; Gustavo Mota de Sousa;
Pedro Henrique Ferreira Coura & Manoel do Couto Fernandes

*Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ
Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza - CCMN
Laboratório de Cartografia (GEOCART), Departamento de Geografia, IGEO
Av. Athos da Silveira Ramos, 274 – Bloco H – Sala 017
Ilha do Fundão - Cidade Universitária, Rio de Janeiro – RJ - 21949-900
E-mails: leandro_gs86@yahoo.com.br; gustavoms@ufrj.br; pedro_ufrjgeo@yahoo.com.br; mfernandes@acd.ufrj.br
Recebido em: 03/03/2009 Aprovado em: 05/05/2009*

Resumo

As ferramentas do geoprocessamento têm sido utilizadas com frequência cada vez maior para o estudo integrado de variáveis geoecológicas, por permitirem análises mais rápidas e eficientes. Um dos produtos gerados pelo geoprocessamento e de grande importância para análises considerando a superfície real do terreno é o Modelo Digital de Elevação (MDE). A consideração da superfície real é essencial para o cálculo correto de volumes, áreas e distâncias, parâmetros cruciais para uma série de indicadores geomorfológicos. Existem diversos métodos para a geração desses modelos e não há consenso sobre qual deles apresenta maior precisão, uma vez que esta vai depender de características relacionadas à área de estudo. Este trabalho tem como objetivo comparar diferentes métodos para geração de MDE em áreas de relevo acidentado, utilizando como área de estudo o maciço da Pedra Branca, RJ. Foram gerados MDEs através de dois métodos de interpolação e tipo de grades diferentes: o método de interpolação com base em grade regular retangular (TOPOGRID) e o método de interpolação de Delaunay com restrições baseado em grade irregular triangular (TIN), ambos gerados no *software* ArcGIS 9.2. Para verificar a qualidade e a precisão altimétrica desses modelos, utilizou-se um mapa de declividades gerados a partir do modelo da grade irregular triangular. Os resultados mostram que o método mais adequado para a área estudada como um todo é o TOPOGRID. No entanto esse comportamento foi desigualmente distribuído segundo as classes de declividade, sendo seus erros maiores nas altas declividades, onde o modelo TIN se mostrou mais eficiente.

Palavras-chave: modelo digital de elevação; geoprocessamento; geoecologia

Abstract

Geoprocessing tools have been increasingly used to support the integrated study of geoecological variables, once they allow fast and efficient analysis. One of the products generated by geoprocessing of great importance do analysis that considerate the real surface of the terrain is the Digital Elevation Model (DEM). The consideration of the real surface is essential for the correct calculation of volumes, areas and distances, parameters of great importance for geomorphological indicators. There are many kinds of methods to generate this models and no consensus about which method has the best results, once it's precision will depend on characteristics of the study area. This work aims to compare the different DEM generation methods for irregular relief areas, using the Pedra Branca massif, RJ, as study area. It has been generated DEMs by two different interpolation methods and grids: one based in rectangular regular grid (TOPOGRID) and the interpolation method of Delaunay constrained, based in triangular irregular network (TIN), both generated in the *software* ArcGIS 9.2. For the verification of the quality and altimetric precision of these models, it has been utilized a map of declivities generated from the triangular irregular network model. Results show that the more adequate method for the study area is the TOPOGRID. However, it has been noted that this behavior is unequally distributed along its declivities classes, and it's errors are bigger in the great declivities, where the TIN model has been more efficient.

Keywords: digital elevation model; geoprocessing; geoecology

1 Introdução

A geocologia pode ser entendida como um conjunto dinâmico de variáveis de ordem física, biológica e antrópica, onde fatores heterogêneos encontram-se indissociados e juntos vão influenciar uns aos outros na evolução do conjunto da paisagem (Bertrand, 1982). Uma vez que devemos apreender a paisagem no seu conjunto, as análises geocológicas são muito complexas, sendo necessária a integração de um volume muito grande de variáveis. Devemos utilizar portanto métodos de análise que consigam compreender todas as informações geográficas de forma integrada, levando em consideração todas as inter-relações existentes entre os elementos que compõem a paisagem. Frente a isso, a utilização do geoprocessamento para estudos de caráter integrativo vem sendo cada vez mais recorrentes. O avanço tecnológico permitiu tecnologias que operam com uma grande quantidade de dados, de forma rápida e eficiente. Segundo Burrough & Mcdonnell (1998) existem diversos autores que apontam para essa nova perspectiva de análises integradas com utilização das geotecnologias e do geoprocessamento, com destaque para os sistemas de informações geográficas (SIGs). Conforme podemos verificar pela Figura 1 a respeito do desenvolvimento recente dos instrumentos de trabalho da geocologia, grande parte dos artigos recentes de ecologia de paisagem mencionam “modelos” e “SIG” ou “sensoriamento remoto” como palavras-chave.

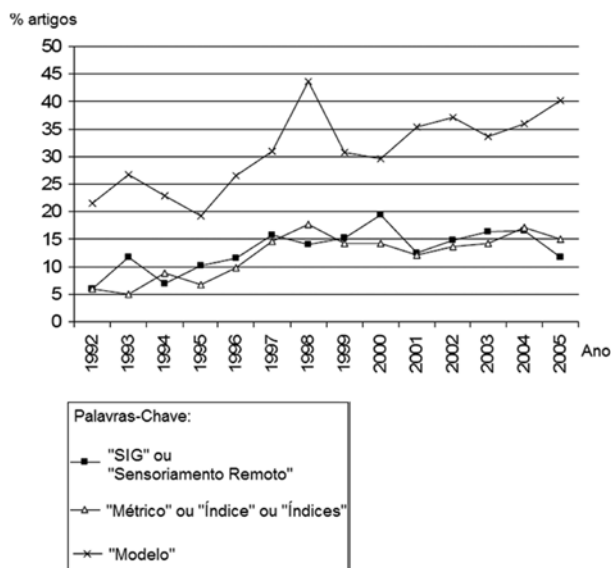


Figura 1 Relação percentual de artigos de Ecologia de Paisagens na *Web of Science* (1992-2005) / ano com geotecnologias entre as palavras-chave. Extraído de Metzger (2007).

Verificamos portanto o grande desenvolvimento de instrumentos de trabalho para a geocologia, com ênfase ao geoprocessamento em geral e aos modelos em particular, que no ano de 2005 foram citados entre as palavras-chave por 40% dos artigos da *Web of Science*. Assim, como pudemos verificar, estudos integrativos, relacionando sociedade e natureza, têm surgido com frequência cada vez maior nos últimos anos. Dentro desse contexto, o geoprocessamento vem sendo crescentemente utilizado como ferramenta suporte na elaboração de modelos para esse tipo de estudo. No entanto, pela necessidade de adequação desses modelos com a realidade, surgem questionamentos no processo de elaboração desses, que necessitam uma investigação científica (Fernandes & Menezes, 2005).

Uma dessas investigações diz respeito à não consideração da dimensionalidade dos dados e informações, ou seja, a não observância da sua existência em superfície real. Em muitos casos, os elementos e análises são considerados em sua superfície planimétrica (projetada) ao invés da superfície real (tridimensional), o que pode acarretar em uma interpretação equivocada da estrutura e funcionalidade dos elementos da paisagem e sua dinâmica, mascarando os resultados obtidos, principalmente em áreas de relevo acidentado, onde elementos planares e lineares apresentam valores maiores se interpretados em superfície real. Por exemplo no cálculo da extensão de canais, os valores encontrados pela superfície planimétrica serão menores que os de observações em superfície real.

De acordo com Fernandes (2004), os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) possuem uma grande variedade de instrumentos para se trabalhar com a dimensionalidade, mas têm uma limitação por não considerarem a irregularidade da distribuição dos fenômenos no espaço a ser analisado. Devido à limitação existente no trabalho com superfícies planimétricas, torna-se necessária assim a utilização dos Modelos Digitais de Elevação (MDEs), que permitem a observação de informações de distâncias, áreas e volumes através de uma modelagem tridimensional.

Segundo Felgueiras (1997), existem três nomenclaturas diferentes relativas a modelos tridimensionais gerados em ambiente SIG:

- MDT – Modelo Digital de Terreno: utilizado para modelagem do relevo e outros tipos

de informações que variam de acordo com ele. Ex.: temperatura.

- MNT – Modelo Numérico de Terreno: quando se utiliza uma variável “z” de uma dada área da superfície terrestre; essa variável pode ser de qualquer natureza, tanto física quanto sócio-econômica, como por exemplo nível de poluição atmosférica e densidade populacional.
- MDE – Modelo Digital de Elevação: utilizado exclusivamente para a modelagem de relevo.

Modernamente, alguns autores fazem distinção entre MDT (superfície do terreno) e MDE (elevação, incluindo vegetação, construção, etc.), como Correia (2008). Entretanto, optamos neste trabalho pela utilização da definição de MDE apresentada anteriormente, considerando apenas as informações de relevo. A Figura 2 apresenta o esquema de um modelo digital, mostrando as diferenças entre as distâncias entre pontos no modelo (acima) e na superfície projetada (abaixo).

Para a geração de MDEs existem diversos métodos que combinam diferentes malhas ou modelos de grade e diferentes interpoladores. Os tipos de grade utilizados são de bases regulares (GRID) ou redes irregulares triangulares (TIN), além da utilização de diferentes algoritmos de interpolação para a construção do modelo. De acordo com a intenção do trabalho, o tipo de terreno que irá ser representado e a disponibilidade de dados de entrada será evidenciado o melhor modelo a ser utilizado, permitindo maior qualidade das análises e diagnósticos a serem desenvolvidos.

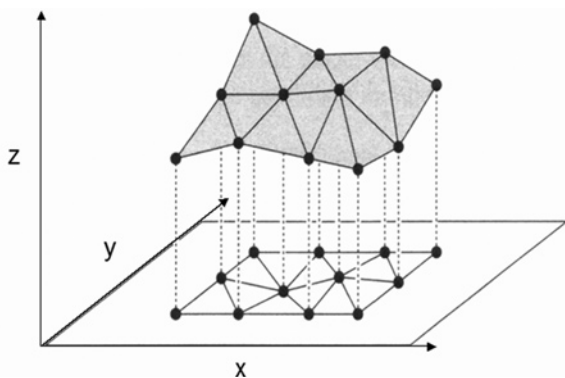


Figura 2 Representação de um modelo digital no sistema de coordenadas x, y e z. Extraído de Fernandes (2004).

Como não existe um consenso definitivo sobre essa discussão, esse trabalho visa cooperar com a discussão do melhor método para construção de MDE em áreas onde as diferenças entre as observações em superfícies planimétricas e reais são mais significativas, ou seja, em áreas de relevo acidentado.

2 Área de Estudo

Poucos ecossistemas no Brasil apresentam uma diversidade semelhante à da extensa formação costeira brasileira conhecida como mata atlântica, onde a paisagem apresenta-se multifragmentada e profusamente variada ao longo do litoral. Esse mosaico de florestas pluviais, planícies e montanhas costeiras denominado em conjunto de mata atlântica ocupa principalmente a vertente atlântica das serranias. No trecho da região Sudeste, a fachada atlântica comporta uma variedade de biótopos que, se por um lado apresentam similaridades geoecológicas entre si, por outro levam a particularidades ditadas por diferentes condições de evolução – tanto na escala geológica quanto em natureza e intensidade das intervenções antrópicas (Oliveira, 2005). O maciço da Pedra Branca (Figura 3) faz parte desse conjunto, estando localizado na parte ocidental do município do Rio de Janeiro-RJ. Possui uma área aproximada de 197,27 km² e seu relevo apresenta variações altimétricas de 984 metros, sendo assim bastante acidentado, característica importante para o tipo de avaliação proposta por esse estudo.

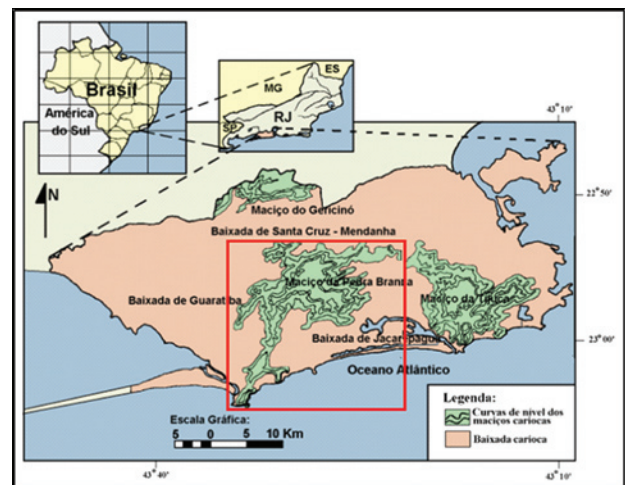


Figura 3 Localização do maciço da Pedra Branca, Rio de Janeiro-RJ.

3 Metodologia

Existem diversas formas para se construir um MDE, como através de ortofotos, imagens de satélite SPOT, imagens de radar, extração de dados tridimensionais de fotografias aéreas com a utilização de restituidores e por fim a utilização de dados oriundos da vetorização ou digitalização de curvas de nível e outros elementos topográficos (drenagem, pontos cotados, etc.), que foi o caso utilizado nesse trabalho.

A base cartográfica vetorial foi obtida junto ao Instituto Pereira Passos – RJ (IPP, 1999), na escala 1:10.000. Foram utilizadas as 18 ortofotos que cobrem a área de estudo para realizar ajustes de edição e atualização das bases de hipsometria e hidrografia, através do uso do *software* ArcGIS 9.2 para a identificação e ajuste de erros e inconsistências como curvas de nível descontínuas, sobrepostas, incompletas e cruzamento de linhas. Além disso, a base hidrográfica vetorial precisou ser editada, uma vez que a canalização subterrânea em áreas urbanas e os canais subsuperficiais eram representados como canais descontínuos. O ajuste desses de forma contínua com os canais superficiais, de modo que se tornassem visíveis para a criação do MDE, foi realizado com base na hipsometria e nas ortofotos do IPP (1999) além da utilização da base 1:50.000 do IPP do ano de 2004 como referência da ocorrência dos canais. Foi necessário também realizar a correção topológica do direcionamento dos fluxos de drenagem na base vetorial de hidrografia, isto é, a inversão da direção do curso de alguns canais, para que os segmentos de linhas respeitassem o direcionamento de montante a jusante. Vale ressaltar que o maciço da Pedra Branca foi delimitado pela curva de nível de 40 metros, servindo assim de limite para a seleção das bases que foram utilizadas na pesquisa.

Foram utilizados dois métodos interpoladores para a geração dos MDEs, um método de interpolação com base em grade regular retangular – módulo TOPOGRID (intitulado neste trabalho como modelo TOPOGRID) – e um método de interpolação de Delaunay com restrições utilizando grade irregular triangular – TIN (convencionado neste trabalho como modelo TIN). Esses modelos foram gerados no software ArcGIS a partir das ferramentas “Topo to Raster” para a geração do modelo de grade regular, e “Create Tin From Features”, na extensão

3D Analyst, para a geração do TIN. Vale ressaltar que a ferramenta para gerar o modelo Topogrid do software ArcGIS utiliza um método de interpolação baseado no módulo ANUDEM, desenvolvido por Hutchinson (1989). Os dados de entrada utilizados para criar ambos os modelos foram: pontos cotados, curvas de nível, drenagem e limite do maciço da Pedra Branca. A distribuição dos pontos cotados é representada na Figura 4.

Para a verificação das respostas de cada modelo gerado e definição do melhor método de geração de MDE para a área de estudo foi gerado um mapa de declividade das encostas a partir do MDE TIN (Figura 5) e foram utilizados pontos de controle escala 1:2.000, existentes dentro dos limites do maciço, num total de 8402 pontos, conforme apresentado na Figura 6. Esses pontos foram extraídos das cartas na escala 1:2.000 do IPP cobrindo o maciço. Uma vez que as faixas de declividade geradas a partir do TIN apresentam uma distribuição de área bastante similar às do mapa de declividades gerado pelo TOPOGRID não houve influência nos resultados obtidos, justificando assim a sua utilização. Segundo De Biasi (1992), os intervalos de declividade devem ser escolhidos segundo as necessidades de cada trabalho. Assim, para o presente estudo, que teve como objetivo a comparação da distribuição dos erros de cada modelo segundo a declividade, seguiu-se os seguintes intervalos, adaptados do autor anteriormente mencionado: 0° a 15° (baixa declividade); 15° a 30° (média declividade); e acima de 30° (alta declividade). Buscou-se identificar assim a existência ou não de um padrão de distribuição dos erros segundo as classes de declividades. Vale ressaltar que esses pontos controle utilizados a partir da base do IPP possuem uma distribuição bastante desigual na área do maciço, pois a grande maioria está localizada na porção norte, área mais urbanizada e onde encontramos as menores altitudes e declividades.

Dessa forma foi comparada a elevação obtida pelos modelos TOPOGRID e TIN com relação à elevação desses pontos na escala 1:2.000. Para tal foi utilizada a ferramenta 3D Analyst Tools – Functional Surface – Surface Spot, de forma a construir uma tabela contendo os valores de elevação do TOPOGRID e do TIN para cada localidade onde houvesse a informação de elevação pelos pontos controle das cartas na escala 1:2.000.

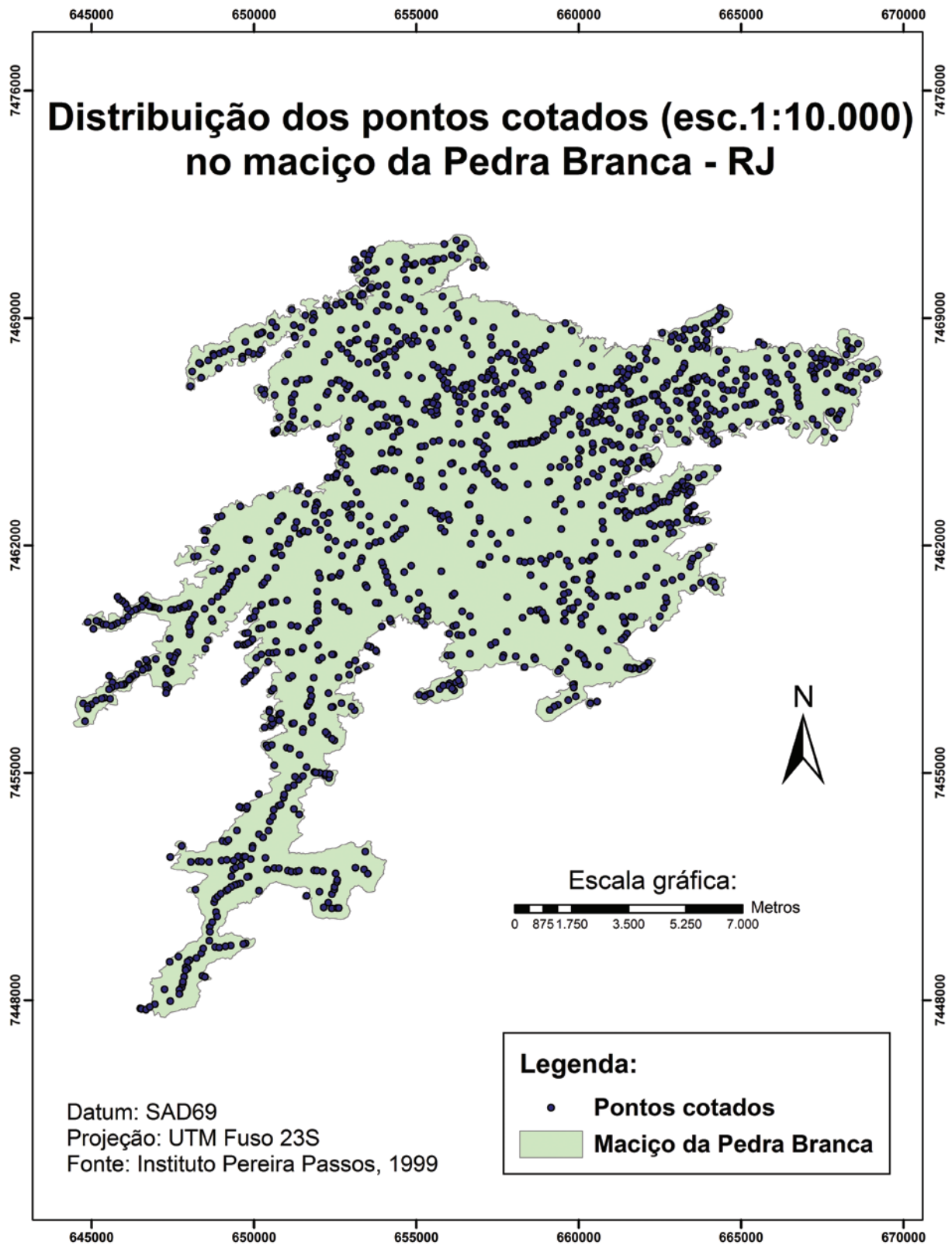


Figura 4 Amostra de pontos cotados no maciço da Pedra Branca-RJ.

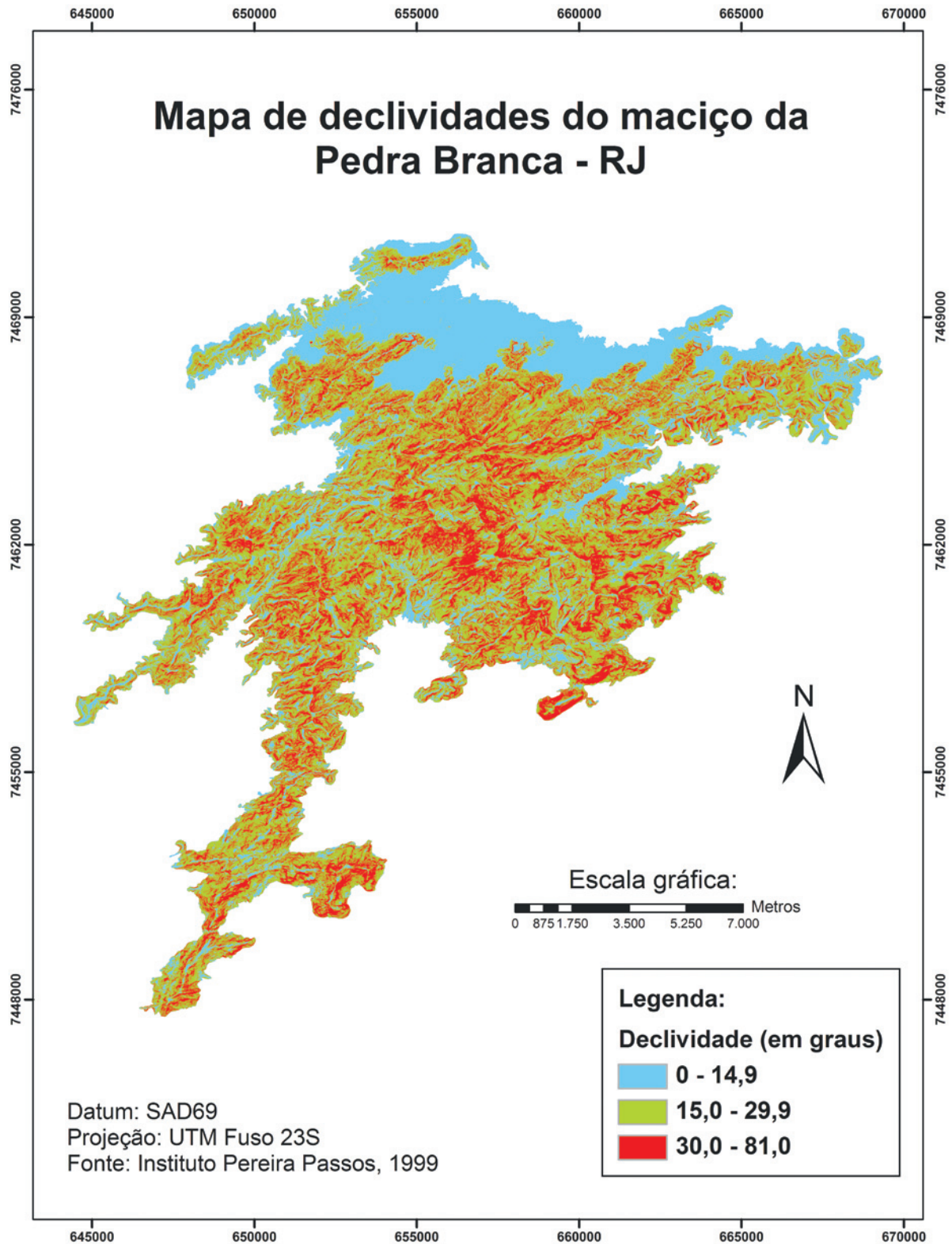


Figura 5 Mapa de declividades do maciço da Pedra Branca – RJ.

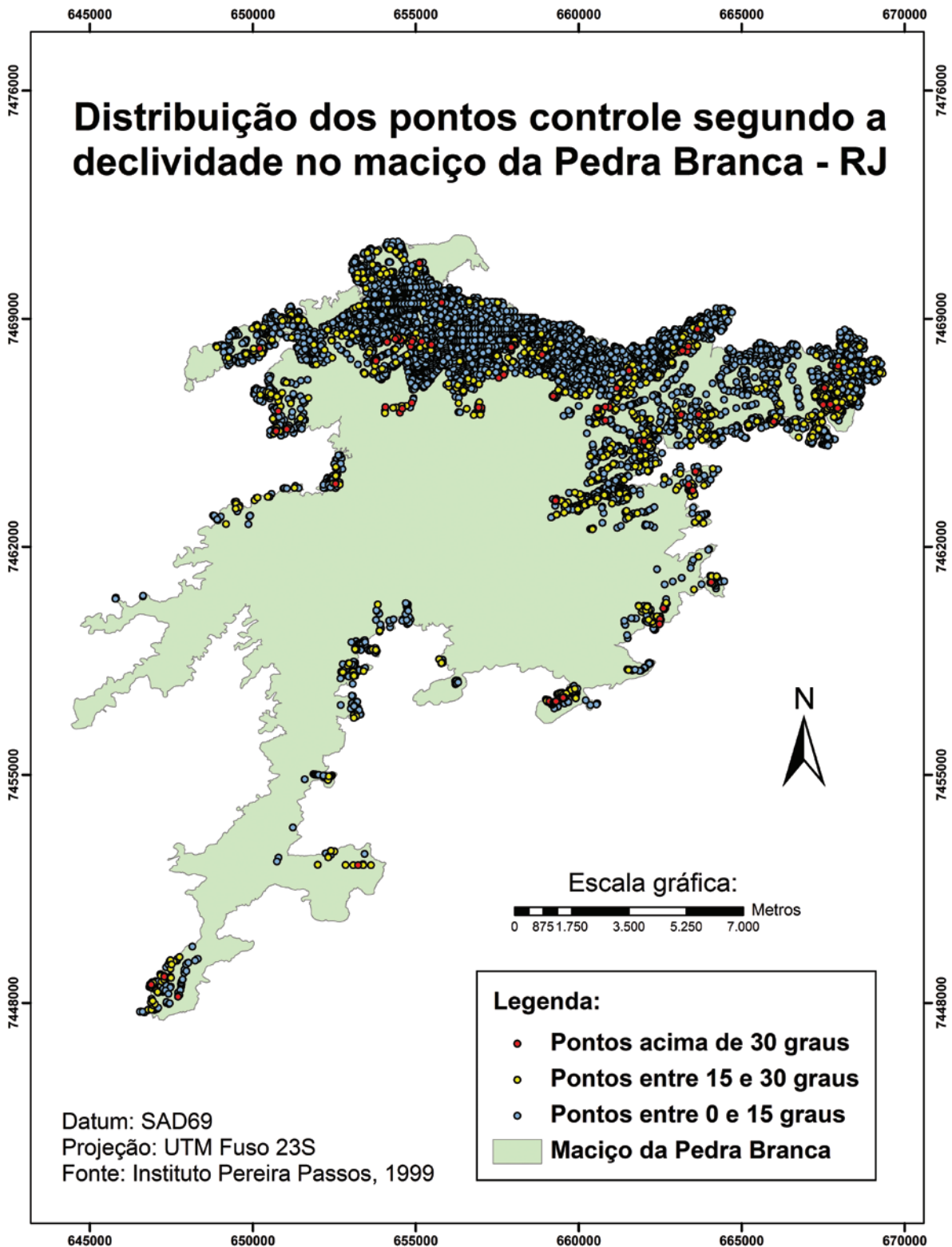


Figura 6 Distribuição dos pontos controle segundo classes de declividade.

4 Análise dos Resultados

Existe uma ampla bibliografia que compara a eficiência de diferentes métodos de criação de MDEs, como Fernandes & Menezes (2005). Alguns defendem o uso da grade regular retangular (GRID) como melhor modelo (Kumler, 1994), enquanto outros defendem a utilização do TIN (Moore *et al.*, 1993), conforme discussão apresentada.

Todo método por interpolação apresenta uma incerteza em relação à realidade, de forma que a elevação verificada em determinado ponto dificilmente coincidirá exatamente com a elevação real, isto é, aquela verificada no terreno. Cada método também possui vantagens e desvantagens.

De acordo com a distribuição dos pontos utilizados para a construção dos modelos, podemos ter diferentes níveis de confiabilidade e adequação desses (Burrough & McDonnell, 1998). Isto é, em uma superfície onde determinado fenômeno se distribui de forma descontínua, a utilização de uma base que apresente uma distribuição desigual das informações para interpolação de dados pode gerar modelos que tenham limitações para representar esse fenômeno de forma verossímil. Esse é um dos obstáculos para o método de interpolação TIN, por exemplo, que utiliza curvas de nível como vértices dos triângulos que formam a grade irregular, pois a ausência de curvas de nível por longas superfícies implica em maior incerteza do modelo gerado por esse método para essas áreas.

Os MDEs TOPOGRID e TIN são apresentados respectivamente nas Figuras 7 e 8.

Para determinar o modelo com melhor desempenho, foi utilizado o Erro Médio Quadrático (EMQ) das altitudes encontradas para cada modelo para as altitudes nos pontos controle. No presente trabalho, de forma geral, o modelo TOPOGRID apresentou melhor resultado para a área de estudo, comparando seu EMQ com o erro do modelo TIN.

O EMQ é definido através da seguinte fórmula, como utilizado no trabalho de Santos (2005):

$$EMQ = \sqrt{\frac{\sum (Z_i - Z_t)^2}{n - 1}}$$

Onde:

Z_i = valor de altitude encontrado no MDE, a partir da sua interpolação, nos pontos de controle;

Z_t = valor de altitude efetivo do ponto controle;

n = número de pontos controle na amostra.

Foi organizada uma tabela onde os 8402 pontos de controle foram inseridos e onde comparou-se a resposta de cada modelo para as altitudes nesses pontos. A Tabela 1 apresenta uma parte dessa tabela. O campo “Elevação” corresponde à elevação do ponto de controle; “TOPO” e “TIN” as altitudes encontradas para esse mesmo ponto pelos modelos TOPOGRID e TIN, respectivamente; |TOPO-TIN|, |TOPO-Elevação| e |TIN-Elevação| representam a diferença entre as altitudes dos dois modelos; do modelo TOPOGRID para o ponto de controle e do modelo TIN para o ponto de controle, respectivamente, para esses pontos.

ID	Elevação	TOPO	TIN	TOPO-TIN	Declividade (graus)	TOPO-Elevação	TIN-Elevação
0	90,87	89,97	90	0,03	23,7500441	0,9	0,87
1	146,83	146,53	146,8	0,27	9,98402183	0,3	0,03
2	135,79	135,69	135,8	0,11	3,80285081	0,1	0,01
3	184,79	184,41	184,8	0,39	6,31599599	0,38	0,01
4	138,25	136,63	135	1,63	28,7482914	1,62	3,25
5	73,9	73,34	73,74	0,4	14,4687154	0,56	0,16
6	68,35	68,38	70	1,62	2,57393976	0,03	1,65
7	97,4	96,74	95,64	1,1	15,5849878	0,66	1,76
8	83,23	83,51	84,24	0,73	7,80687735	0,28	1,01

Tabela 1 Altitudes (em metros) encontradas pelos diferentes modelos digitais de elevação

Com esses valores foi possível o cálculo dos somatórios e posteriormente do EMQ:

Soma | TOPOGRID-Elevação |: 1602,38

Soma | TIN-Elevação |: 7642,16

Soma | TOPOGRID-Elevação |²: 2181,5082

EMQ TOPOGRID: 0,1223779

Soma | TIN-Elevação |²: 15043,4

EMQ TIN: 0,8439

A Figura 9 apresenta os resultados do EMQ para os modelos TOPOGRID e TIN.

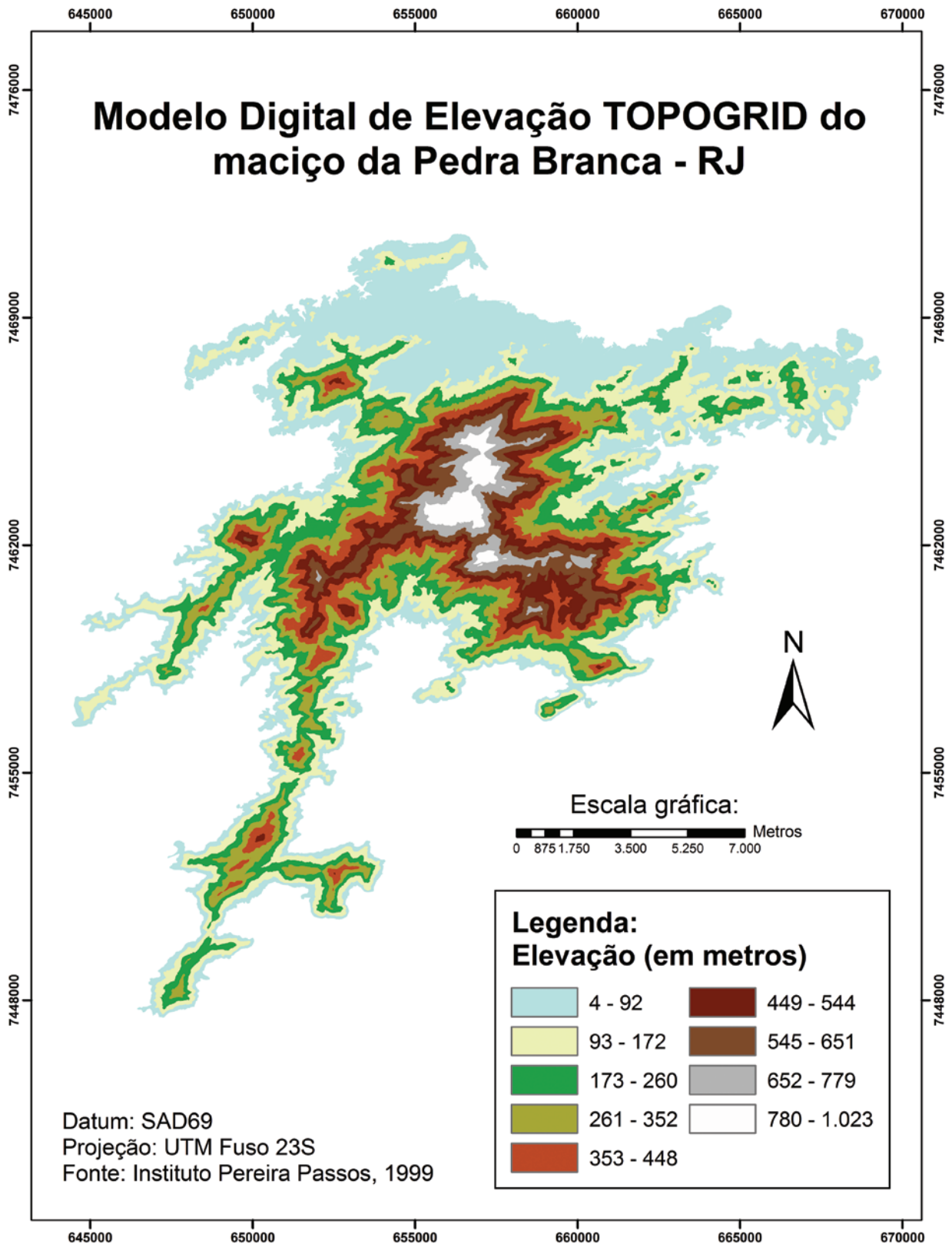


Figura 7 Modelo digital de elevação - TOPOGRID.

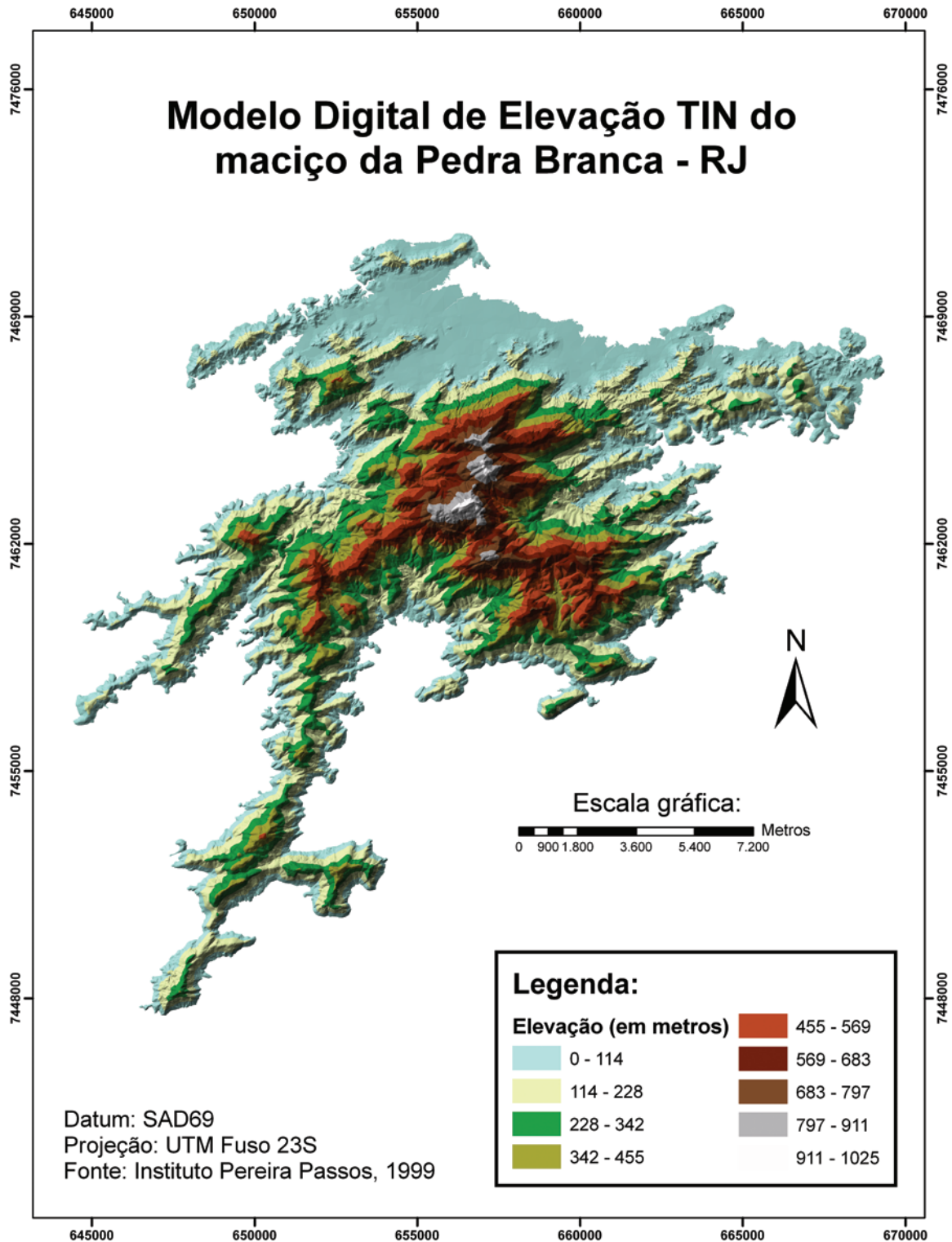


Figura 8 Modelo digital de elevação – TIN.

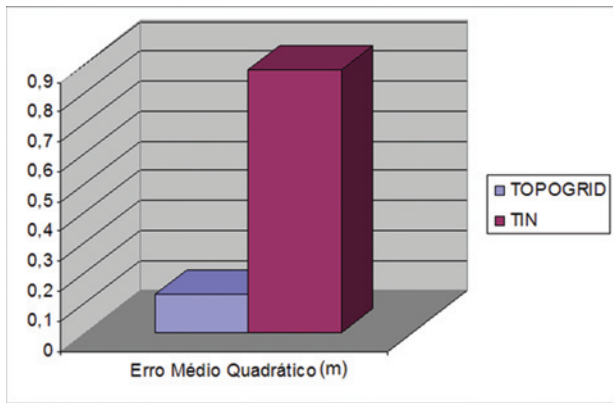


Figura 9 Erro Médio Quadrático em metros.

Avaliando o comportamento dos modelos em cada ponto, verificou-se que ambos os modelos atenderam ao padrão de exatidão cartográfico seguindo as normas da Concar (1984), de acordo com a Tabela 2.

Escala 1:10.000 – Equidistância 5m					
CLASSE A		CLASSE B		CLASSE C	
PEC Altimétrico	2,5m	PEC Altimétrico	3m	PEC Altimétrico	3,75m
Erro-Padrão	1,67m	Erro-Padrão	2m	Erro-Padrão	2,5m

Tabela 2 Padrão de Exatidão Cartográfico para cartas topográficas.

Para cartas topográficas de Classe A, apenas 10% dos pontos devem apresentar um erro maior que 2,5m, se comparado à elevação dos pontos no terreno. Ambos os modelos atenderam a essa exigência: no modelo

TOPOGRID, 49 pontos com erro superior a 2,5m, de um total de 8402 pontos (0,63 %); no modelo TIN, 613 pontos de um total de 8402 pontos (7,3%).

Segundo as classes de declividades estabelecidas, obtivemos 7519 pontos com baixa declividade, 774 pontos com média declividade e 109 pontos com alta declividade. Para verificar a relação entre o erro na elevação do ponto em cada modelo e a declividade desse ponto, foi calculado o erro médio para os pontos para cada classe de declividade estabelecida, obtendo-se os resultados apresentados na Figura 10.

Em geral, ambos os modelos tiveram melhores respostas para declividades menores, ou

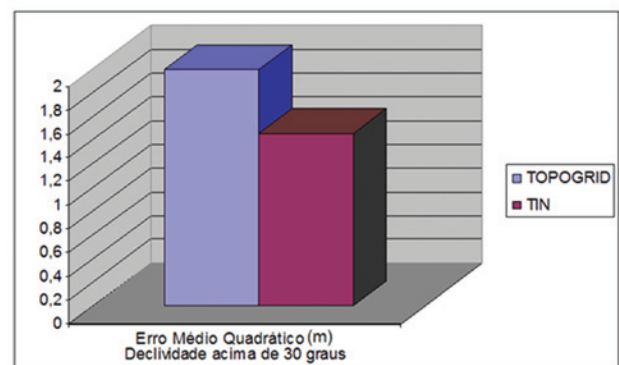
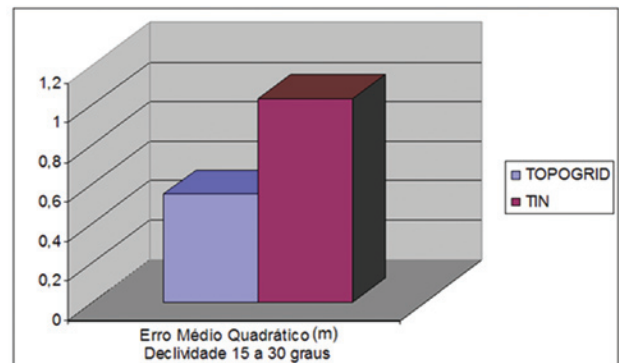
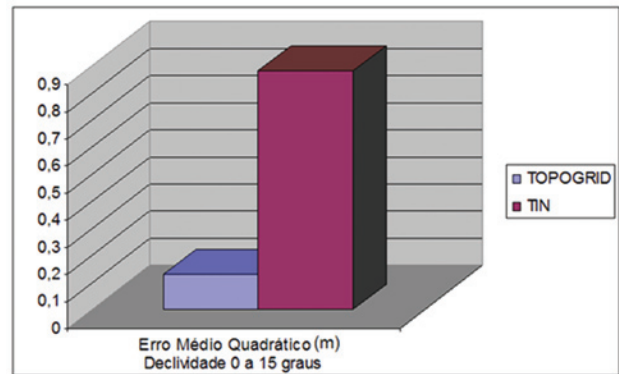


Figura 10 Erro médio em metros segundo classes de declividade.

seja, os pontos que apresentaram pior resposta tanto no modelo TOPOGRID quanto no modelo TIN são aqueles situados em maiores declividades. Isso ficou mais evidente no modelo TOPOGRID, sendo que o erro médio desse método supera o do TIN para as declividades acima de 30 graus, o que indica portanto que esse modelo tem uma resposta pior em declividades muito altas.

O melhor desempenho, comparativamente, do TIN nas altas declividades se deve ao fato desse método interpolador funcionar melhor com maior quantidade de dados de entrada. Sendo assim, quanto

mais próximas as curvas de nível, mais informação para geração do modelo, sendo essa situação justamente aquela verificada nas altas declividades, onde temos curvas de nível bastante próximas. Uma vez que a área de estudo possui uma extensa superfície plana na sua porção norte o resultado esperado para esse modelo era justamente o de um desempenho pior para essa área, o que confirmamos observando a distribuição do erro médio do TIN para baixas declividades ao compará-lo com o método TOPOGRID.

5 Conclusões

Através da comparação entre os modelos gerados pelos métodos de interpolação TOPOGRID e TIN, verificamos para a área de estudo uma maior adequação do modelo TOPOGRID, uma vez que esse modelo apresentou menores diferenças de altitude em relação à altitude dos pontos utilizados como controle.

Características da área de estudo e das bases utilizadas que podem ter influenciado esse resultado são as grandes variações altimétricas e de declividade da área de estudo e a distribuição heterogênea dos pontos cotados utilizados como controle. Vale lembrar que a maioria dos pontos – 7519 (89,5%) do total – está localizada na vertente norte, com menores declividades, o que pode ter influenciado o resultado. Além disso, nas baixas declividades, com a diminuição dos dados de entrada para a geração dos MDEs (curvas de nível afastadas e poucos pontos cotados) o modelo de grade regular se mostrou muito eficiente em detrimento ao TIN. No entanto, para áreas de alta declividade, confirmou-se o TIN como melhor método de geração de modelo, já apontado por outros autores (Fernandes & Menezes, 2005).

Concluimos que a escolha do método deverá, portanto, ser guiada pelas características geomorfológicas da área de estudo, assim como dos dados de entrada de que se dispõe. Diante disso, a geração de MDEs mais adequados permitem análises mais consistentes, uma vez que consideram a superfície real para cálculos de diversos índices geomorfológicos.

Referências

Burrough, P.A. & McDonnell, R.A. 1998. *Principles of Geographical Information Systems*. Nova

- Iorque, Oxford University Press, 333 p.
- Bertrand, G. 1982. Paisaje y Geografía Física Global. In: MENDONZA; J.G., JIMÉNEZ, J.M. & CANTERO, N.O. *El Pensamiento Geográfico - Estudio Interpretativo y Antología de Textos (De Humbolt a las Tendencias Radicales)*. Madri, Editora Alianza, p.461-464.
- Concar. 1984. *Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984 Estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional*. Brasília. Disponível em: <<http://www.concar.ibge.gov.br/indexf7a0.html?q=node/41>>. Acesso em: 21 jun. 2008.
- Correia, J.D. 2008. *Mapeamento de Feições Depositionais Quaternárias por Imagens Orbitais de Alta Resolução Espacial - Médio Vale do Paraíba do Sul*. Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, 267p.
- De Biasi, M. 1992. Carta Clinográfica: os Métodos de Representação e sua Confecção. *Revista do Departamento de Geografia*, 6: 45-60.
- Felgueiras, C.A. 1997. *Apostila do Curso de Modelagem Digital de Terreno e Aplicações*. São José dos Campos, INPE, 48 p.
- Fernandes, M.C. 2004. *Desenvolvimento de Rotina de Obtenção de Observações em Superfície Real: Uma Aplicação em Análises Geoecológicas*. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, 263p.
- Fernandes, M.C. & Menezes, P.M.L. 2005. Comparação entre Métodos para Geração de MDE para a Obtenção de Observações em Superfície Real no Maciço da Tijuca-RJ. *Revista Brasileira de Cartografia*, 57 (2): 154-161.
- Hutchinson, M.F. 1989. A New Procedure for Gridding Elevation and Stream Line Data with Automatic Removal of Spurious Pits. *Journal of Hydrology*, 106: 211-232.
- Instituto Pereira Passos – IPP. 1999. Base Digitalizada do Município do Rio de Janeiro – Escala 1:10.000. Rio de Janeiro, IPP, vol.1. CD ROM.
- Kumler, M.P. 1994. An Intensive Comparison of Triangulated Irregular Network (TINs) and Digital Elevation Model (DEMs). *Cartographica, monograph 45, 31* (2), 99 p.
- Metzger, J. P. 2007. Ecologia de Paisagens: Bases epistemológicas. In: I ENCONTRO

I A L E - B R : D E G R A D A Ç Ã O
AMBIENTAL, RESULTANTES GEO-
HIDROECOLÓGICAS E DESAFIOS
À REABILITAÇÃO FUNCIONAL DA
PAISAGEM, Rio de Janeiro, 2007, Iale-Br e
Geoheco-Ufrj, 32p.

Moore, I.D. ; Turner, A.K. ; Wilson, J.P. ; Jenson,
S.K. & Band, L.E. 1993. GIS and Land-
Surface-Subsurface Process Modeling.
*In: GOODCHILD, M.; BRADLEY, P. &
STEYAERT, I. Environmental Modeling with*

GIS. Oxford University Press, p. 196-230.

Oliveira, R.R. 2005. Os Cenários da Paisagem. *In:*
*As Marcas do Homem na Floresta: História
Ambiental de um Trecho de Mata Atlântica*.
Editora PUC Rio, p. 23-33.

Santos, P.R.A. 2005. *Avaliação da Precisão
Vertical dos Modelos SRTM em Diferentes
Escala: Um Estudo de Caso na Amazônia*.
Mestrado em Engenharia Cartográfica,
Instituto Militar de Engenharia, Dissertação
de Mestrado, 116p.