

## Uso do Modelo Numérico do Terreno (MNT) para avaliação de Neotectônica no Litoral Sul do Estado da Paraíba: Estudo de caso da Bacia Hidrográfica do Rio Guruji, Brasil.

Maria Emanuella Firmino Barbosa<sup>1,2</sup>  
Prof<sup>o</sup> Dr. Max Furrier<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal da Paraíba - UFPB  
Caixa postal 58059-900 - João Pessoa - PB, Brasil  
mfurrier@usp.br

<sup>2</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado da Paraíba - IFPB  
Caixa Postal 58015-430 - João Pessoa-PB, Brasil  
mariaemanuellaf@gmail.com

**Abstract.** This article shows the use of Digital Elevation Model and its derivatives for the detection of anomalies in the neotectonic Guruji River basin, located in the municipality of Conde, state of Paraíba (Brazil). For the preparation of the work, topographic maps with scale of 1: 25000 Software and Spring 5.3, for preparation of Digital Elevation Model and all cartographic material. The results so far have been satisfactory, showing a number of irrefutable evidence of the occurrence of recent tectonics, such as the asymmetrical pattern of drainage, altimetric difference between the portions east - west. The sharp notch of watercourses in the eastern portion of the basin that were very apparent with the letter of that pointed to strong slope steepness in the courses of streams Estiva and Caboclo and also with the analysis of the 3D model of the basin showed that in a very didactic strong notching, asymmetry of the drainage and especially the differences between the two altimetric main river.

**Keywords:** Neotectonics, Digital Elevation Model, Guruji River.

### 1. Introdução

A temática relacionada à Neotectônica nos últimos anos vem ganhando diversas pesquisas de geólogos, geógrafos e geomorfólogos. Porém, existe uma imparcialidade quanto ao método para detecção de anomalias tectônicas. Dentro desse contexto os usos de técnicas de geoprocessamento servem para auxiliar nessas pesquisas. Tornando mais rápido e muito mais viável economicamente esse tipo de estudo.

A região costeira do Nordeste Brasileiro tem sido descrita como palco de intensa deformação frágil durante o Cenozóico. No litoral da região nordeste, diversos estudos envolvendo dados geológicos, geomorfológicos e geofísicos demonstraram a relevância do tectonismo cenozóico e a existência de grabens e horsts em alguns setores da costa. (Bezerra et al., 1998)

No presente trabalhos almeja-se mostrar o quão importante é a utilização do MNT (Modelo Numérico do Terreno), para a detecção de tectônica recente. Esta técnica foi aplicada na Bacia hidrográfica do rio Guruji, no município do Conde, estado da Paraíba, Brasil. Tenta-se com esse trabalho mostrar uma nova alternativa metodológica para análise de eventos neotectônicos. Claro que sem deixar de lado os outros métodos geomorfológicos, geofísicos e morfométricos. Para os estudos de tectônica recente aconselha-se utilizar todos os métodos possíveis para ratificar a exatidão da pesquisa.

Modelo Numérico de Terreno - MNT (em inglês, DTM = “Digital Terrain Model”) é uma representação matemática da distribuição espacial de uma determinada característica vinculada a uma superfície real. A superfície é em geral contínua e o fenômeno representado pode ser variado (Lopes et al., 2006).

## 2. Localização da área de estudo

A área investigada corresponde à bacia hidrográfica do Rio Guruji, localizada no município do Conde, litoral sul do estado da Paraíba. A bacia hidrográfica possui uma área total de 44, 698 km<sup>2</sup> (Figura 1).

A bacia hidrográfica do Rio Guruji é composta pelos riachos Estiva, Caboclo e Pau Ferro e demais córregos secundários sem denominações, que deságuam ao norte da Praia de Jacumã. Essa bacia possui peculiaridades bastante expressivas e facilmente visíveis como, por exemplo, o seu padrão de drenagem assimétrico, com os afluentes da margem direita mais expressivos que os afluentes da margem esquerda, e a forte inflexão do Rio Guruji no seu baixo curso, a poucos metros da linha de costa, cuja direção de seu curso muda bruscamente de W-L para S-N.

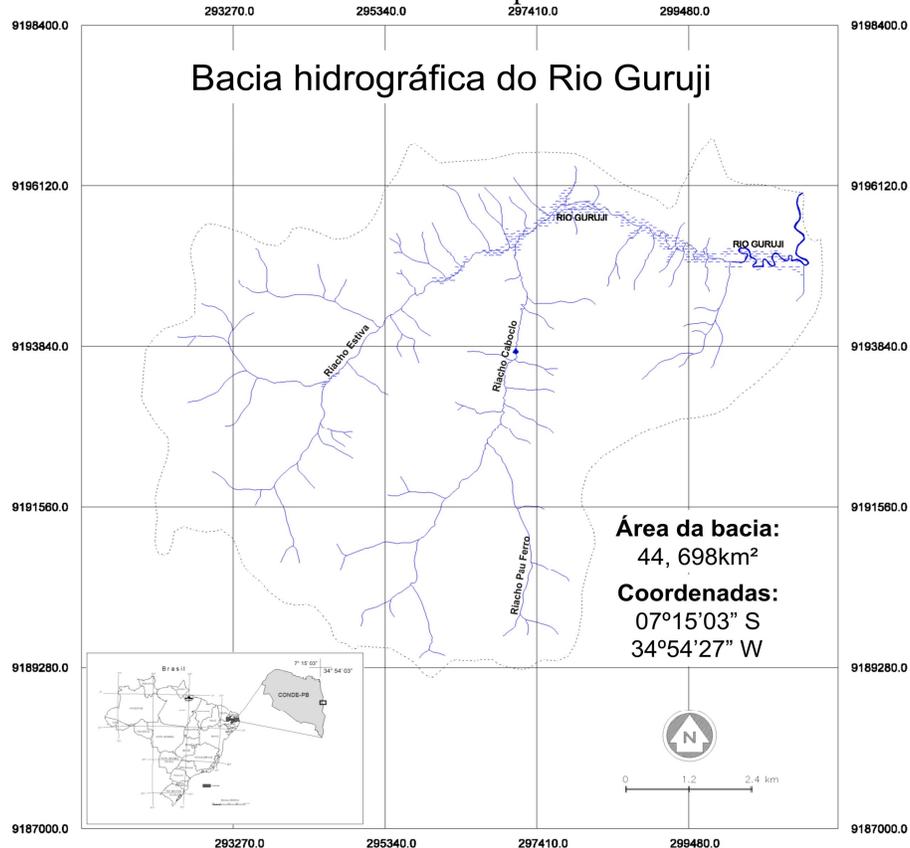


Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do rio Guruji.

## 3. Metodologia de Trabalho

A mensuração dos canais, geração dos produtos cartográficos, a análise das feições geomorfológicas da área e os dados morfométricos da bacia foram obtidos das cartas topográficas de Jacumã (SB. 25-Y-C-III-3-NE) e do Conde (SB. 25-Y-C-III-3-NO), escala 1: 25.000 SUDENE (1974), com equidistância das curvas de nível de 10 m. Com essas cartas topográficas foi feito um mosaico da bacia hidrográfica do Rio Guruji para depois ser exportado para o *Software* Spring 5.03, para assim poder ser feita a digitalização da imagem, contagem e mensuração dos canais e, por fim, a confecção das cartas temáticas, esse programa foi escolhido para o presente trabalho por ser um *Software* de SIG livre.

Foi gerado o Modelo Digital do Terreno - MDT, também conhecido como Modelo Numérico do Terreno - MNT, e a partir desses dados, são geradas a grade retangular e triangular, que é utilizado para produzir carta de declividade diversos tipos

de informação como perfis topográficos da área, relevo sombreado e a visualização em 3D do terreno.

Segundo Fitz (2008), para a geração de um MNT, em geral deve-se: Primeiro realizar um levantamento dos dados disponíveis e procurar caracterizá-los espacialmente. Geralmente, trabalha-se com dados pontuais (altitudes no terreno, temperaturas) ou com isolinhas (isoietas, isotermas, isoípsas, etc.). Em seguida introduz-se os dados no sistema (digitalização / vetorização), estabelecendo os parâmetros de interpolação dos pontos e por fim aplica-se o módulo do respectivo software para a geração do modelo.

As amostras disponíveis para elaboração das grades representam o comportamento do relevo da região, dispostas numa malha de pontos e isolinhas com informações altimétricas distribuídas irregularmente.

Na elaboração do MNT foi gerada a grade regular e irregular, com a finalidade de melhor representar os dados da bacia hidrográfica em questão. A geração de grades regulares é utilizada em análises de cunho qualitativo dos dados, pois uma das formas de visualização da grade regular é através de uma imagem em níveis de cinza, onde os valores mais escuros correspondem aos pontos de cotas mais baixas e os tons de cinza mais claros os pontos de valor mais alto. (Figura 2)

Essa forma de representação não preserva a quantidade e nem a especialização original dos dados, no entanto permite uma fácil avaliação visual, qualitativa, do desempenho do interpolador (Bruch et al., 2009).

As grades retangulares são geralmente utilizadas em aplicações qualitativas, ou seja, para visualização da superfície. Enquanto o modelo de grade triangular irregular é utilizado quando se requer maior precisão na análise quantitativa dos dados (Lopes et al., 2006).

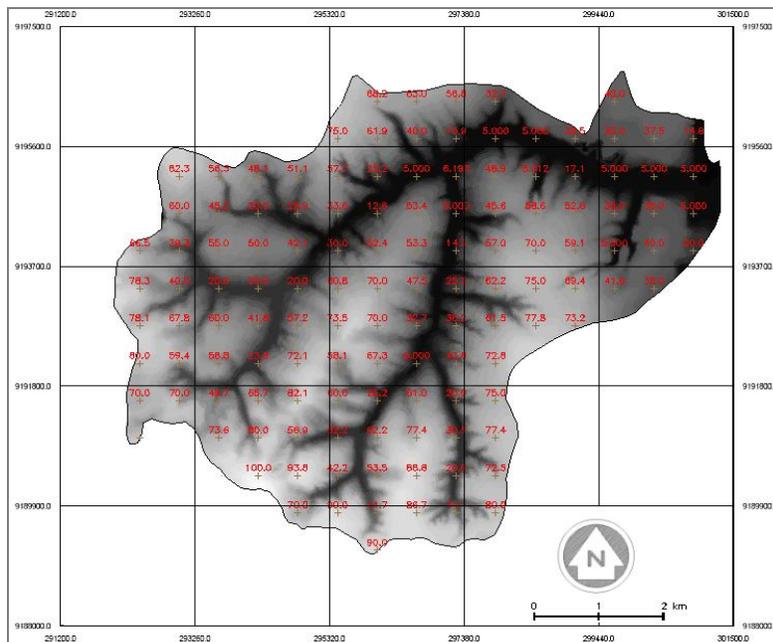


Figura 2. Imagem de nível de cinza e grade regular da bacia hidrográfica do rio Gurujá.

A grade triangular irregular, *Triangular Irregular Network* (TIN), conserva a quantidade dos dados, favorecendo uma análise mais quantitativa (Câmara et al., 2001). Os vértices do triângulo são geralmente os pontos amostrados da superfície. Esta modelagem considerando as arestas dos triângulos permite que as informações morfológicas importantes como as discontinuidades, representadas por feições lineares

de relevo (cristas) e drenagem (vales), sejam consideradas durante a geração da grade triangular, possibilitando assim modelar a superfície do terreno preservando as feições geomórficas da superfície (Lopes et al., 2006).

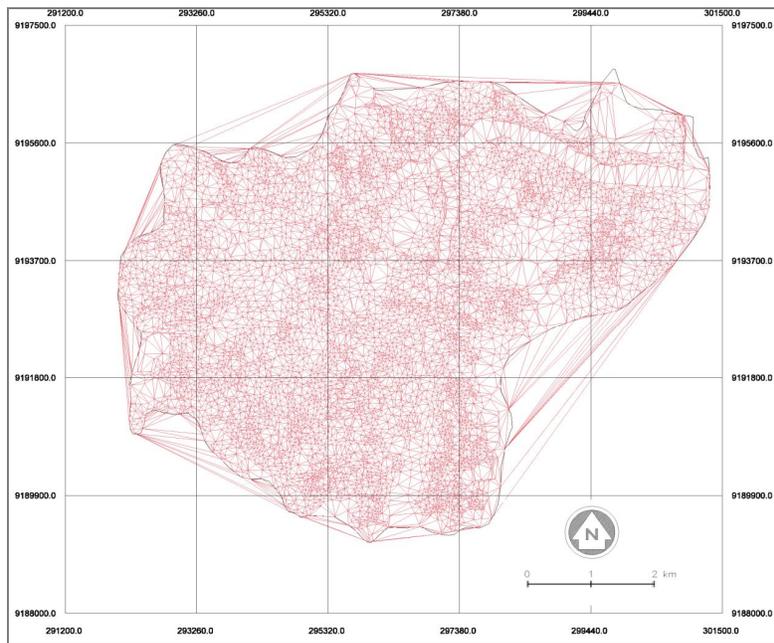


Figura 3. Grade Triangular da bacia hidrográfica do rio Guruji.

O Spring oferece cinco variações de interpoladores por média móvel para geração de grades regulares: vizinho mais próximo, média simples, média ponderada, média ponderada por quadrante e média ponderada por cota e quadrante. Oferece ainda o recurso de refinamento de grade regular através do adensamento da malha de pontos pela utilização dos interpolador bilinear, do interpolador o qual produz superfícies pouco suavizadas, mas requer menos esforço computacional, e bicúbico, que fornece uma grade mais suave, com cada retalho de grade mais contínuo em relação ao seu vizinho. Na geração do TIN, o modo de triangulação utilizado nesse trabalho foi o de Delaunay, que favorece a criação de triângulos o mais próximo de equiláteros possível.

#### 4. Resultados e Discussão

Uma das modelagens mais utilizadas nas geotecnologias diz respeito a elaboração de MNTs ou MDTs, respectivamente Modelos Numéricos do Terreno ou Modelos Digitais do Terreno. Tais nomenclaturas obedecem à idéia de que esse tipo de modelagem procura representar digitalmente o comportamento da superfície do planeta. Atualmente, porém, essa visão tornou-se um pouco mais abrangente, podendo esse modelo ser considerado como a representação da variação contínua de qualquer fenômeno geográfico que ocorre na superfície ou mesmo na atmosfera terrestre (Fitz, 2008).

Em um Modelo 3D do terreno da bacia hidrografia do rio Guruji, pode-se perceber que a porção oeste da bacia possui uma considerável elevação em relação à porção leste. Perceber-se o forte entalhamento dos canais presentes nessa porção. (Figura 4)

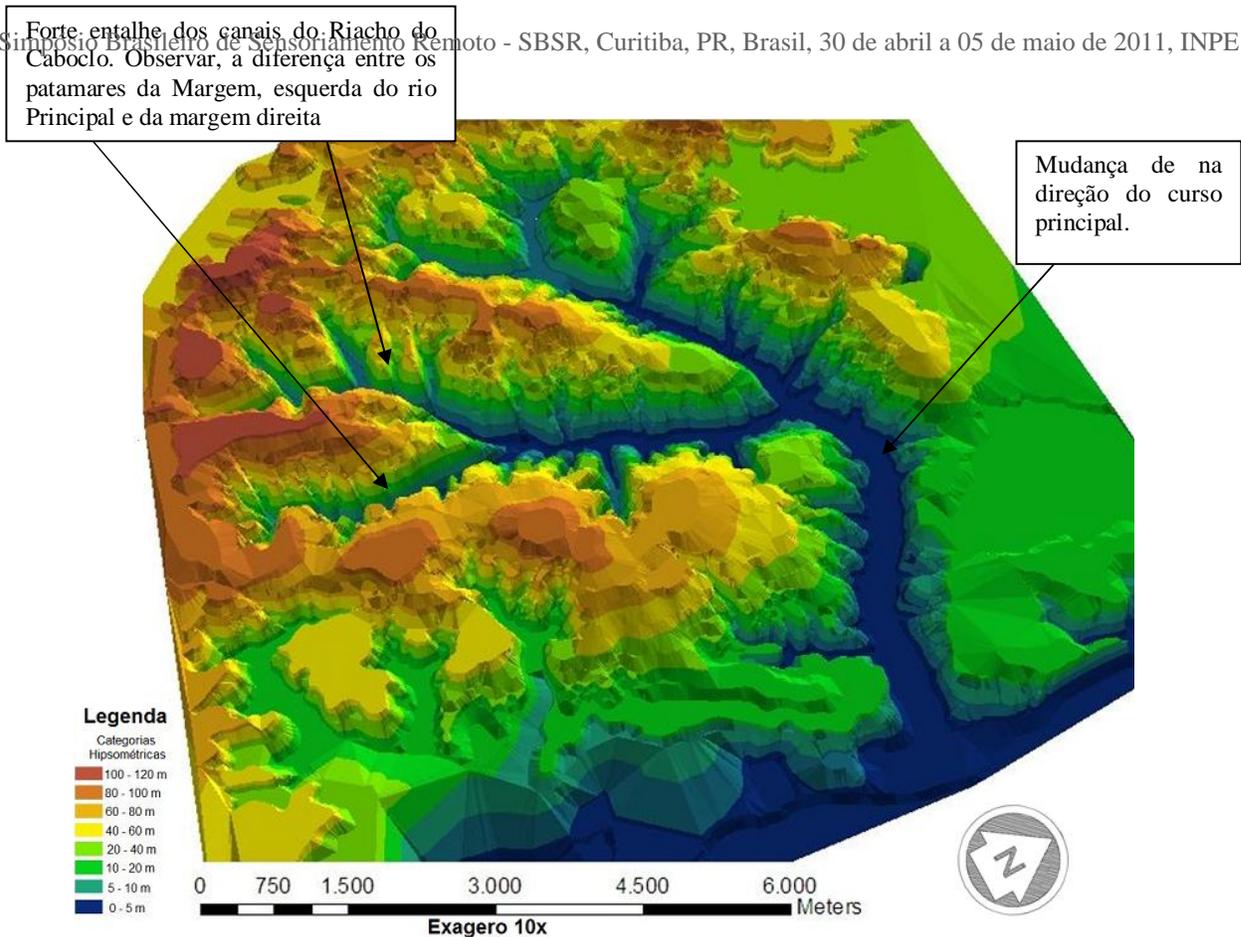


Figura 4. Modelo em terceira dimensão (3D) da bacia hidrográfica do rio Gurujá, projeção paralela.

Os produtos gerados através dos processos apresentados, com base nas amostras disponíveis, permitiram uma variabilidade de análises importantes, que facilitam a tomada de decisão, o planejamento de ações etc. Nesse trabalho foram enfocadas as visualizações, com diferentes texturas, geração de imagens e TIN. Fora esses produtos, existem outros não menos importantes, todos decisivos para o desenvolvimento de trabalhos que necessitem do apoio de informações espaciais.

#### 4.1 Hipsometria e Declividade

A carta altimétrica ou também chamada de hipsométrica consiste, segundo Guerra (2006), naquela onde as isoípsas ou curvas de nível ligam os pontos de igual altitude. Estas cartas são representações da topografia continental emersa, isto é, do relevo positivo.

Segundo Christofoletti (1980) a hipsometria da preocupa-se em estudar as inter-relações existentes em determinada unidade horizontal do espaço no tocante a sua distribuição em relação às faixas altimétricas, indicando a proporção ocupada por determinada área da superfície terrestre em relação às variações altimétricas a partir de determinada isoípsa base.

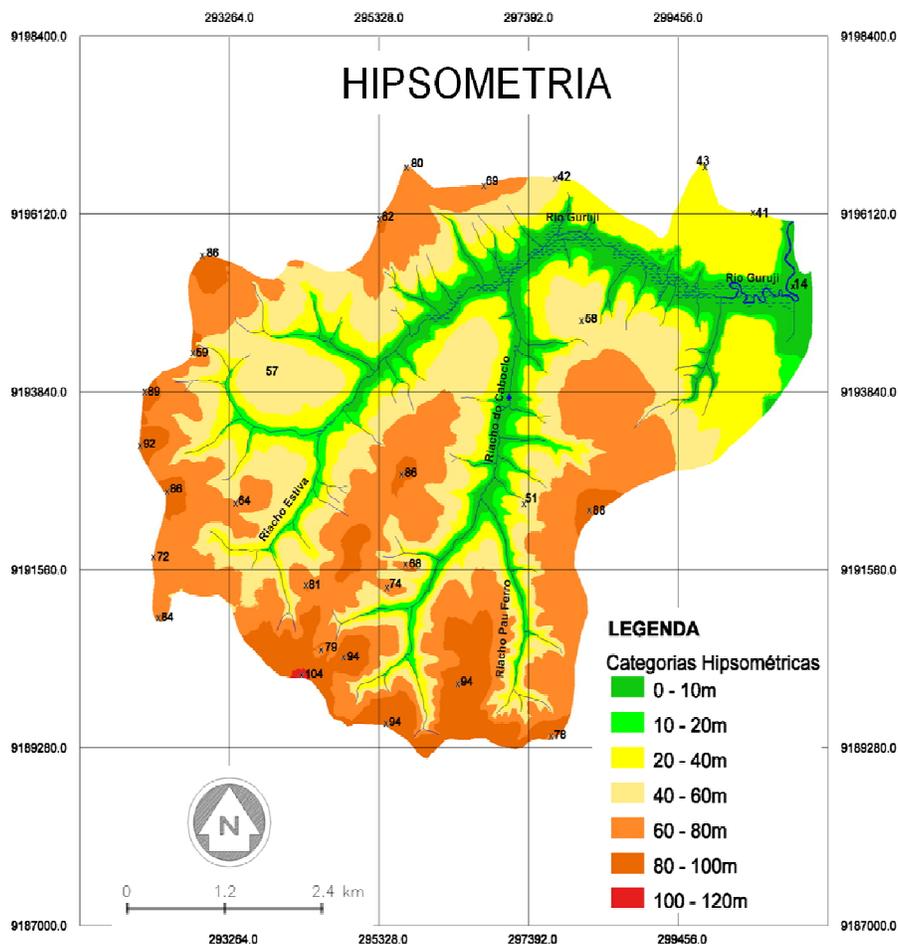


Figura 30 - Carta hipsométrica da bacia hidrográfica do Rio Gurujá.

A análise hipsométrica, que é utilizada pelos hidrólogos para diferenciar o estado dos processos erosivos nas bacias hidrográficas, classificando a drenagem de jovem a velha, tem sido adotada para comparar a curva representativa da bacia hidrográfica com a respectiva curva teórica correspondente no caso de não ter sofrido nenhuma alteração no seu processo de degradação, nem por causas litológicas, nem por causas tectônicas (Torres, 1994).

Com a carta hipsométrica em mãos, pode-se avaliar vários parâmetros, dentre eles a porcentagem de área que cada categoria abrange. O resultado obtido foi que a classe que varia entre 60 - 80 m foi o que obteve o maior valor de área, em torno de 12,55 km<sup>2</sup>, e o menor valor com menos de 1% de área 0,028km<sup>2</sup> é a classe temática que varia entre 100 - 120 metros. Porém um pouco mais ao sul da área estudada existe uma área denominada de Alto Estrutural Coqueirinho, que possui topos que chegam a patamares de 131 m e que alguns pesquisadores acreditam que esse Alto Estrutural influencia a configuração da drenagem da bacia do Gurujá como de outras bacias hidrográficas da região.

Outro ponto que merece destaque é que as maiores altitudes estão na porção oeste da bacia, voltando assim à idéia da influência do alto estrutural. Por essa porção da área possuir maiores altitudes, logo se observa um maior entalhamento dos cursos d'água e também a ordenação dos canais, onde a maioria dos canais de primeira ordem está na porção oeste da bacia, ao todo são 50 canais, mostrando assim que o fator morfológico é determinante para a configuração da bacia.

Declividade é a inclinação maior ou menor do relevo em relação ao horizonte. Na representação em curvas de nível vemos que quanto maior for a inclinação tanto mais próximas se encontram as curvas de nível. Inversamente elas serão tanto mais afastadas quanto mais suave for o declive (Guerra, 2006).

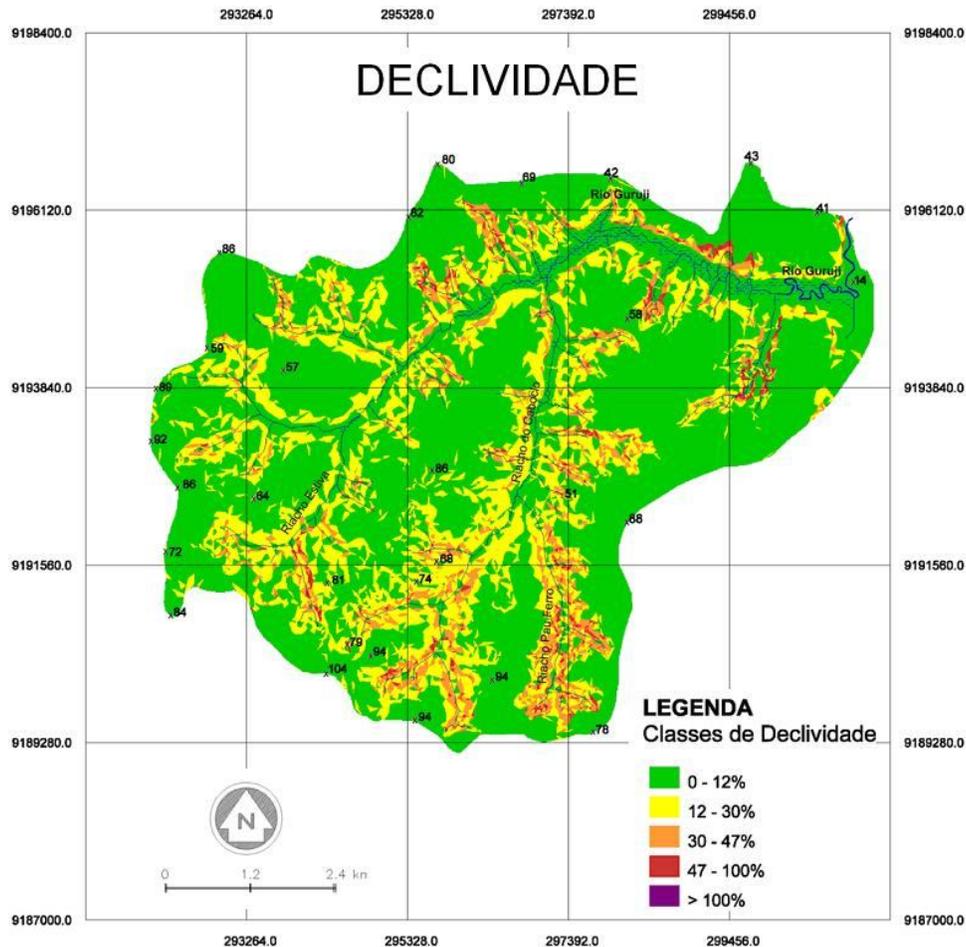


Figura 31. Mapa de declividade da bacia hidrográfica, observar que as maiores declividades estão na porção direita da bacia, ratificando assim o que já havia sido visto na carta hipsométrica.

O mapa de declividade fornece informações do gradiente altimétrico do terreno, servindo de base para identificação de vertentes, encostas e áreas alagáveis. Em termos gerais o modelo tem se manifestado satisfatório e de grande utilidade, em especial em áreas de relevo acidentado (Carvalho e Latrubesse, 2004).

### 5. Considerações Finais

Os primeiros resultados obtidos com a utilização do modelo Numérico do Terreno para avaliação de Neotectônica foram satisfatórios, pois com essa análise pode-se fazer uma avaliação precisa e de baixo custo. Na bacia hidrográfica do Rio Gurujá pode-se observar através da análise dos produtos cartográficos (Cartas hipsométrica e de declividade), o forte controle estrutural na configuração do relevo.

Claro que não se pode substituir o trabalho de campo, nem os estudos geofísicos, geocronológicos e morfométricos. Existem diversos outros estudos de cunho geológico e geofísico que ainda devem ser feitos para ratificar e quantificar a influência da tectônica recente na área. Os resultados alcançados nesse trabalho, estritamente de cunho geomorfológico, podem abrir novos campos de aplicação e de entendimento quanto ao desenvolvimento e a evolução do relevo e sua relação com a tectônica recente em áreas de margem continental passiva.

### Referências Bibliográficas

BEZERRA, F. H. R. e AMARO, V. E. Sensoriamento Remoto Aplicado à Neotectônica da Faixa Litorânea Oriental do Estado do Rio Grande do Norte. In: IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (IX SBSR), 1998, Santos. **Anais...** Artigo, p. 361-369. On-line. Disponível em: < [marte.dpi.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/.../1\\_53p.pdf](http://marte.dpi.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/.../1_53p.pdf) -> Acessado em: 20 de julho de 2010

BRUCH, A. F.; GRUBER, N. L. S.; HANSEN, M. A. F. **Construção e representação de modelos numéricos do terreno no SIG Spring para o relevo da sub-bacia hidrográfica do Arroio João Dias, Minas do Camaquã-RS.** In: 12º Encuentro de Geógrafos da America Latina. Montevideú. 2009.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M.; D'ALGE, J. C. **Introdução à Ciência da Geoinformação.** São José dos Campos, INPE, 2001 (2a. edição, revista e ampliada).

CARVALHO, T. M.; LATRUBESSE, E. M. **Aplicação de modelos digitais do terreno (MDT) em análises macrogeomorfológicas: o caso da bacia hidrográfica do Araguaia.** Revista Brasileira de Geomorfologia. São Paulo. v.5, n.1, p. 85-93, 2004.

CHRISTOFOLETT, A. **Geomorfologia.** São Paulo: Editora Edgard Blücher / EDUSP, p.150, 1980.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação.** Ed. oficina de textos. São Paulo. P. 160. 2008.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico - geomorfológico.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 5ª ed. p.652, 2006.

LOPES, E. S. S.; RIEDEL, P. S.; VIDOTTI, M.; MERINO, E. R. Análise de modelo numérico do terreno para modelos geomorfológicos. In: Simpósio nacional de geomorfologia. 2006, Goiânia. **Anais...** Goiânia: universidade Federal de Goiás. v. 2. p. 1-9. 2006.

SUDENE – SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE. **Folha Jacumã SB. 25-Y-C-III-3-NE.** Recife, Carta Topográfica, escala 1:25.000. 1974.

SUDENE – SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE 1974. **Folha Conde SB. 25-Y-C-III-3-NO.** Recife, Carta Topográfica, escala 1: 25.000.

TORRES, H. H. F. **Metodologia para estudos Neotectônicos regionais: o caso João Câmara.** Recife: CPRM (Série publicações especiais, v.3). P.50. 1994. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/recife/camara/metodologia.pdf>>. Acessado em: 20 de março de 2009.