



## **EXTRAÇÃO DA DRENAGEM DA REGIÃO NORDESTE UTILIZANDO O SISTEMA TERRAHIDRO**

*Sergio Rosim<sup>1</sup> ; João Ricardo de Freitas Oliveira<sup>2</sup> ; Alexandre Copertino Jardim<sup>3</sup> & Miguel Zanic Cuellar<sup>4</sup>*

**RESUMO** – Este artigo apresenta o sistema TerraHidro com os objetivos de delimitar as redes de drenagens de toda região Nordeste do Brasil e de identificar as áreas com maior potencial de inundação na região do Semiárido brasileiro. TerraHidro é um sistema para tratamento de modelos hidrológicos distribuídos, em desenvolvimento na Divisão de Processamento de Imagens (DPI) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O propósito principal deste trabalho é disponibilizar para os especialistas em recursos hídricos, mudanças climáticas e afins, um conjunto de informações básicas sobre drenagem superficial e delimitação de bacias hidrográficas que lhes permitam trabalhar em grandes regiões geográficas sem ter que digitalizar manualmente essas informações. Apenas um trabalho de edição manual residual deverá ser realizado para garantir a exatidão em todos os segmentos da drenagem. Além disso, o aplicativo Distância Vertical à Drenagem mais Próxima (HAND) identifica as potenciais áreas de inundação, calculando a diferença de altitude entre cada ponto da grade e o seu vizinho mais próximo da drenagem. Proximidade dada pela menor distância de caminhos de fluxo. Os modelos de superfície Aster GDEM foram utilizados neste trabalho.

**ABSTRACT**– This article presents TerraHidro system aiming at delimiting the drainage networks of the Northeast region of Brazil and identifying the areas with greatest potential for flooding in the Brazilian semi-arid region. TerraHidro is a system for processing distributed hydrological models and it is being developed at the Image Processing Division (DPI) of the National Institute for Space Research (INPE). The main purpose of this work is to provide a set of basic information about superficial drainage and delineation of watersheds for experts in water resources, climate change and others thus allowing them to work in large geographic regions without having to edit this

1) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, Av. Dos Astronautas, 1758, CEP: 12.227-010, Jardim da Granja, São José dos Campos, SP, Brasil

2) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, Av. Dos Astronautas, 1758, CEP: 12.227-010, Jardim da Granja, São José dos Campos, SP, Brasil

3) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, Av. Dos Astronautas, 1758, CEP: 12.227-010, Jardim da Granja, São José dos Campos, SP, Brasil

4) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, Centro Regional do Nordeste – CRN, Rua Carlos Serrano, 2073, Lagoa Nova, CEP: 59.076-740, Natal - RN, Brasil

information by hand. Only residual manual editing work must be done by specialists to ensure accuracy in all drainage segments. In addition, the application Height Above to the Nearest Drainage (HAND) identifies the potential flood areas, calculating the elevation difference between each point of the grid and its nearest neighbor in the drainage. The proximity is given by the shortest distance of flow paths. Aster GDEM surface models were used in this work.

**Palavras-Chave** – drenagem, bacias hidrográficas, inundações

## 1. MOTIVAÇÃO

A região Nordeste do Brasil é uma região caracterizada pela escassez de água, notadamente na região do Semiárido. Ao mesmo tempo sofre com a ocorrência de inundações, por vezes catastróficas. Esta situação coloca a água como elemento fundamental nesta região. O entendimento do comportamento dinâmico da água na superfície e no subsolo é determinante para melhorar a qualidade de vida na região nordeste.

O problema abordado neste trabalho é a falta de banco de dados com informações de drenagens de grandes bacias hidrográficas e em grandes regiões geográficas que facilitem o seu uso, através de estruturação e padronização de dados espaciais sobre escoamento superficial das águas no Brasil, em particular na região Nordeste. O escoamento ou drenagem superficial, é informação básica largamente utilizada em modelos hidrológicos que estudam recursos hídricos na superfície terrestre e também no subsolo.

O TerraHidro, que é um sistema para tratamento de modelos hidrológicos distribuídos, em desenvolvimento na Divisão de Processamento de Imagens (DPI), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), situado em São José dos Campos – SP, foi utilizado para determinar as redes de drenagens, as bacias hidrográficas da região Nordeste e áreas com potencial de inundação da região do Semiárido. O método empregado pelo TerraHidro para determinação de redes de drenagens é o Priority First Search (PFS), conforme Jones (2002), que simula o comportamento físico da água fornecendo um resultado com alto grau de qualidade. Collischonn ET al. (2010) comparou este método com outros e concluiu que ele apresenta melhores resultados na definição dos fluxos locais. O trabalho do usuário será a correção pontual dos erros de posicionamento das drenagens, pois mesmo dando bom resultado este não é completamente correto. Quando se trabalha em grandes áreas, como é o caso da região Nordeste, o trabalho manual de digitação das drenagens é impossível, na prática.

Outro fator considerado neste trabalho é a identificação de áreas com maior potencial de inundação. O TerraHidro realiza esta tarefa empregando o procedimento Distância Vertical à Drenagem mais Próxima (HAND - Height Above to the Nearest Drainage) de acordo com Rennó *et al.* (2008). Este

resultado permite ao especialista direcionar seus esforços inicialmente para as áreas que, potencialmente, são mais propensas a serem inundadas.

Na próxima sessão os materiais e métodos empregados neste trabalho são descritos. Em seguida, o sistema TerraHidro é descrito, dando-se ênfase para as funções utilizadas. Na sessão seguinte, os resultados obtidos são mostrados e na última sessão as conclusões e trabalhos futuros são apresentados.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

As regiões de estudo são a região Nordeste e a região denominada de Semiárido que compreende parte significativa da região Nordeste mais parte do Estado de Minas Gerais. A região Nordeste ocupa uma área de 1.561.177 km<sup>2</sup> distribuída pelos Estados da Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará, Piauí e Maranhão. As redes de drenagens, bacias hidrográficas e áreas com potencial de inundação foram definidas a partir de dados de altimetria Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) Global Digital Elevation Model Version 2 (GDEM V2). Este dado, com resolução horizontal de 30 metros, pode ser copiado a partir da internet no endereço <http://gdex.cr.usgs.gov/gdex/> e o documento contendo o documento com o sumário da validação deste modelo de superfície pode ser encontrado em [http://www.jspacesystems.or.jp/ersdac/GDEM/ver2Validation/Summary\\_GDEM2\\_validation\\_reporr\\_final.pdf](http://www.jspacesystems.or.jp/ersdac/GDEM/ver2Validation/Summary_GDEM2_validation_reporr_final.pdf). Esses dados permitem a definição de redes de drenagens de alta resolução considerando o tamanho da área de estudo.

Imagens Landsat foram empregadas pelos especialistas do Centro Regional do Nordeste para extração manual de rios. Este trabalho foi realizado para aproximadamente 5% do território nordestino. Estas drenagens foram utilizadas para verificar a qualidade das drenagens extraídas pelo TerraHidro.

O métodos empregados foram o sistema (1) TerraHidro que, a partir do dado de altimetria GDEM, extraiu os fluxos locais, calculou a área de contribuição seguindo os caminhos definidos pelos fluxos locais, a definição da rede de drenagem e sua vetorização, e as áreas com maior potencial de inundação. O TerraHidro foi desenvolvido na linguagem C++ e conta uma versão Windows de 32 bits e outra para Linux; (2) TerraView que é um visualizador de dados geográficos construído utilizando a biblioteca geográfica TerraLib conforme Câmara et al. (2000). Todos esses softwares foram desenvolvidos Divisão de Processamento de Imagens (DPI) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

### 3. DESCRIÇÃO DO TERRAHIDRO

O TerraHidro é um sistema para desenvolvimento de modelos hidrológicos distribuídos. Atualmente, é um *plugin* do visualizador de dados geográficos TerraView. Emprega a grade regular (DEM) como estrutura de representação da altimetria e dos resultados de processamentos envolvendo geração de informações matriciais. As funções que compõem o TerraHidro e que fora utilizadas neste trabalho são:

Fluxos Locais que é o primeiro processamento a ser realizado para determinar os fluxos locais a partir da grade de altimetria, do GDEM. Os fluxos locais são conhecidos na literatura por Local Drain Directions – LDD segundo Burrough (1998), e são determinados para cada célula da grade de altimetria. Define-se, para cada célula da grade, a continuidade do fluxo procurando em relação às suas oito células vizinhas. Aquela que apresenta maior declividade é selecionada, formando-se um fluxo entre as duas células partindo da célula central. Uma grade de saída é gerada contendo o código que representa o sentido do fluxo local para cada célula da grade de altimetria. A figura 1 mostra a determinação dos fluxos locais (LDD): (a) grade regular de altimetria; (b) declividades a partir da célula central em relação às 8 células vizinhas; (c) fluxo local em código, seguindo a máxima declividade; (d) codificação usada para o LDD, definindo o sentido do fluxo da célula central para uma célula vizinha.

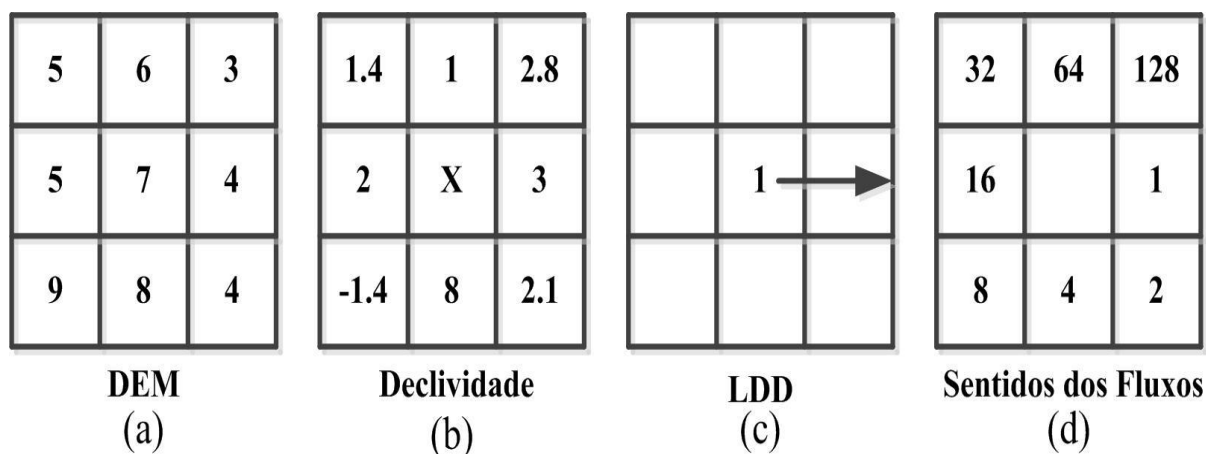


Figura 1 – Definição da grade de fluxos locais.

A segunda função é usada para definir a área acumulada a partir da grade de fluxos locais. Atribui-se, para cada célula da grade, a soma das áreas relacionadas a todas as células que contribuem com água para a célula considerada. A figura 2 apresenta este conceito: (a) grade regular de altimetria; (b) fluxos locais; (c) área acumulada para as células da grade considerando a área de cada célula igual a um.



A outra possibilidade para definição de uma bacia é a seleção de um ou mais pontos sobre a drenagem. O TerraHidro tem uma função para definir a bacia de contribuição para um ou mais pontos isolados. Dessa forma, o usuário pode definir diferentes cenários, cada um com o conjunto de pontos desejados. Pode, por exemplo, definir as bacias mais representativas da sua área geográfica de estudo. A figura 4a apresenta um exemplo de bacia para um ponto selecionado sobre uma drenagem e a figura 4b mostra um exemplo de delimitação de sub-bacias para cada trecho da drenagem na região do Semiárido

A rede de drenagem pode ser representada na forma matricial, original da sua criação, ou na forma vetorial, permitindo que seja visualizada sem a noção de descontinuidades, como acontece na forma matricial.

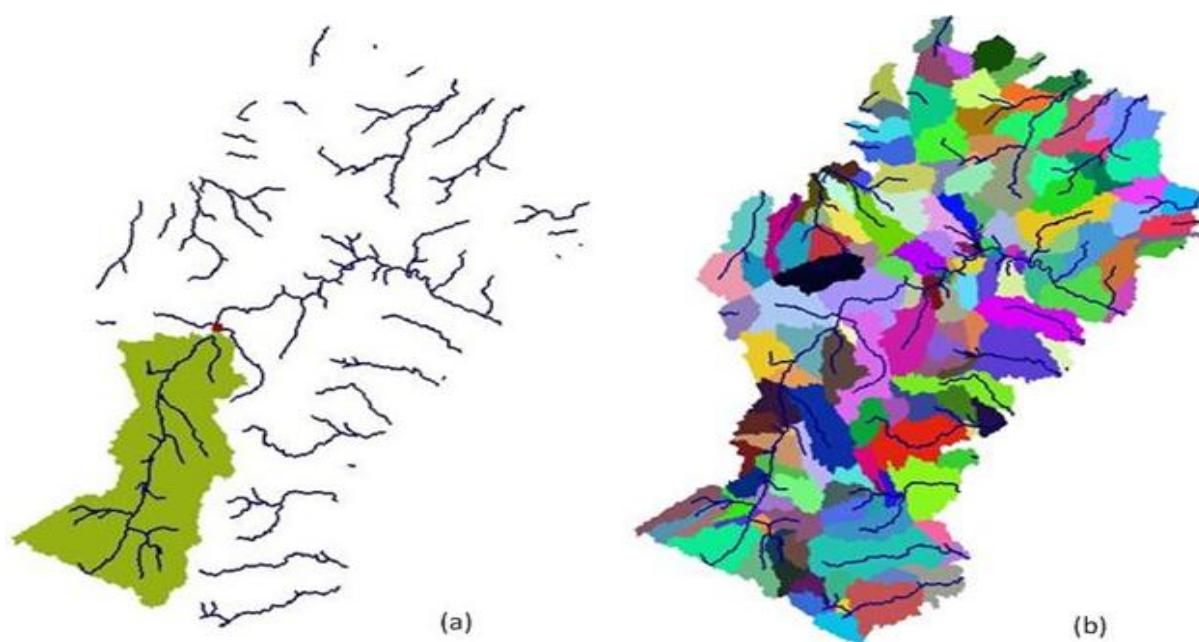


Figura 4 – Definição de bacias (a) para cada segmento da drenagem; (b) para um ponto isolado definido sobre a drenagem.

Além dessas funções destaca-se a função HAND usada para identificar potenciais áreas de inundação. HAND calcula, para cada célula da grade regular de altimetria, a diferença de relevo entre esta célula a célula mais próxima pertencente à rede de drenagem. Quando o relevo ao redor da drenagem possui uma pequena inclinação, aumenta o potencial de inundação dessas áreas. O resultado deste trabalho permite que especialistas em recursos de água aplicar seus modelos hidrológicos para verificar as condições das águas de superfície no semiárido empregando redes de drenagem extraídas por TerraHidro.

#### 4. RESULTADOS: REGIÃO NORDESTE

O objetivo deste trabalho é apresentar um conjunto de informações básicas da região Nordeste do Brasil formado pelas redes de drenagens, bacias hidrográficas, extraídas dessas drenagens e potencial de inundação. Estas informações foram geradas no sistema TerraHidro. Este esforço faz parte do Banco de Drenagens do Nordeste em desenvolvimento no Centro Regional do Nordeste (CRN), que é um centro do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), localizado na cidade de Natal – RN. A extração de drenagens realizadas no TerraHidro serão avaliadas pelos especialistas do núcleo de geoprocessamento do CRN para efetuarem as correções pontuais manualmente. Considerando-se a extensão da região nordeste a diminuição significativa do trabalho manual de geração de drenagens é altamente desejável.

Duas drenagens da região Nordeste podem ser visualizadas na figura 5, com dois limiares diferentes, e na figura 6 duas drenagens delimitadas pela região do Semiárido brasileiro. Cada drenagem foi definida por um limiar diferente. Pode-se observar que aumentando o valor do limiar diminui-se a densidade da drenagem. O usuário pode então criar diferentes drenagens e selecionar aquela que mais seja adequada à sua aplicação.

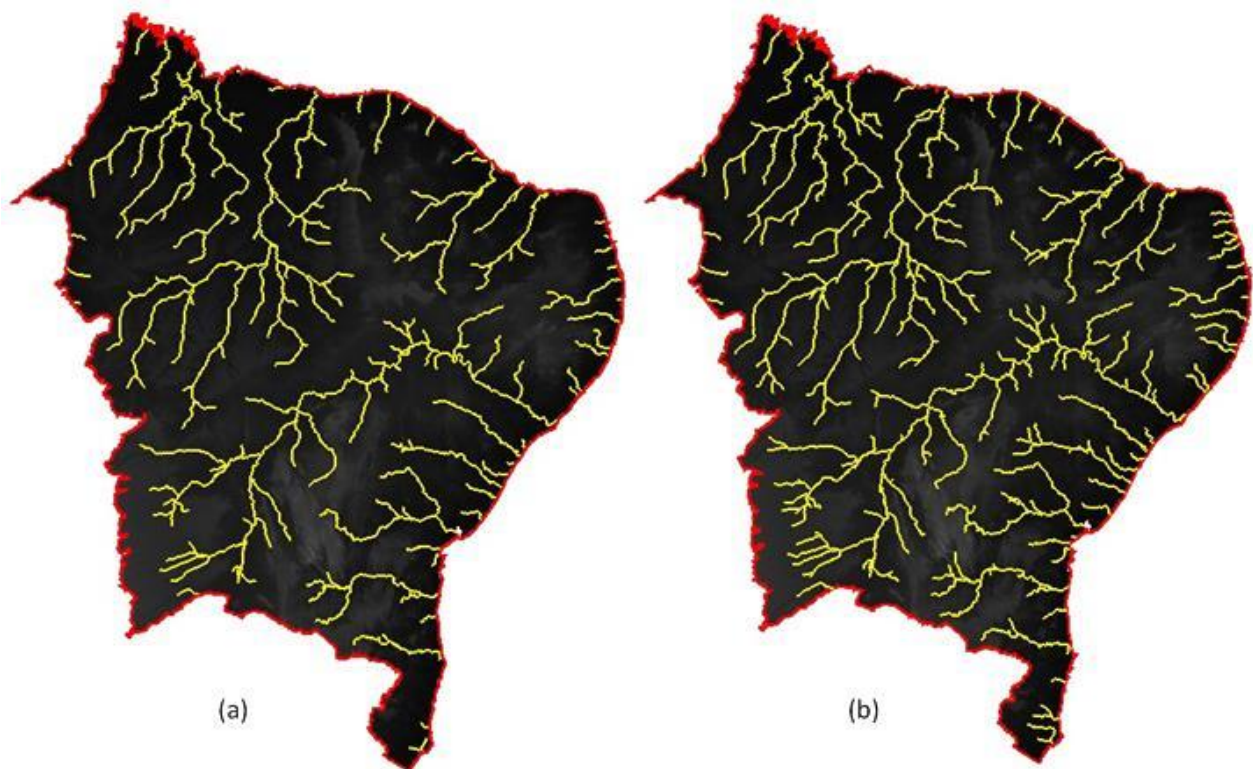


Figura 5 – Delimitação da drenagem para a região Nordeste com limiares (a) 3 milhões e (b) dois milhões.

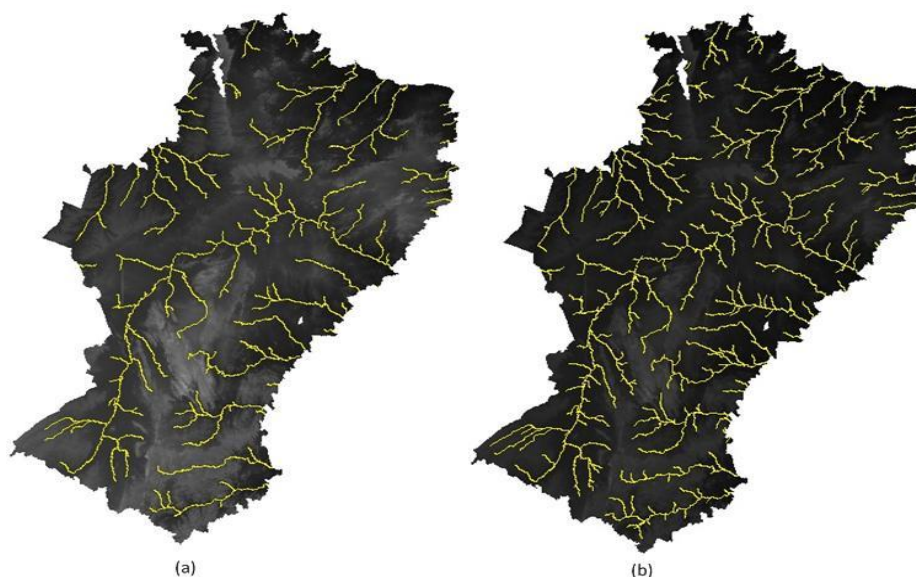


Figura 6 – Delimitação de duas drenagens para a região do Semiárido.

Os especialistas do grupo de geoprocessamento do centro regional do Nordeste (CRN), do INPE, situado em Natal – RN extraíram manualmente a drenagem de uma pequena parcela da região Nordeste. Esta drenagem foi tomada, neste trabalho, como sendo dado de verdade e foi utilizada para verificar a qualidade da drenagem extraída pelo TerraHidro. Embora esta comparação tenha sido realizada em pequenas áreas pôde-se observar a boa qualidade da drenagem extraída do TerraHidro, embora o resultado não tenha sido 100% correto. A intenção do TerraHidro é diminuir significativamente o trabalho de edição manual. Considerando que os especialistas do CRN extrairão a drenagem para toda a região Nordeste esta diminuição é altamente significativa. A Figura 7 mostra um exemplo comparando as duas drenagens.

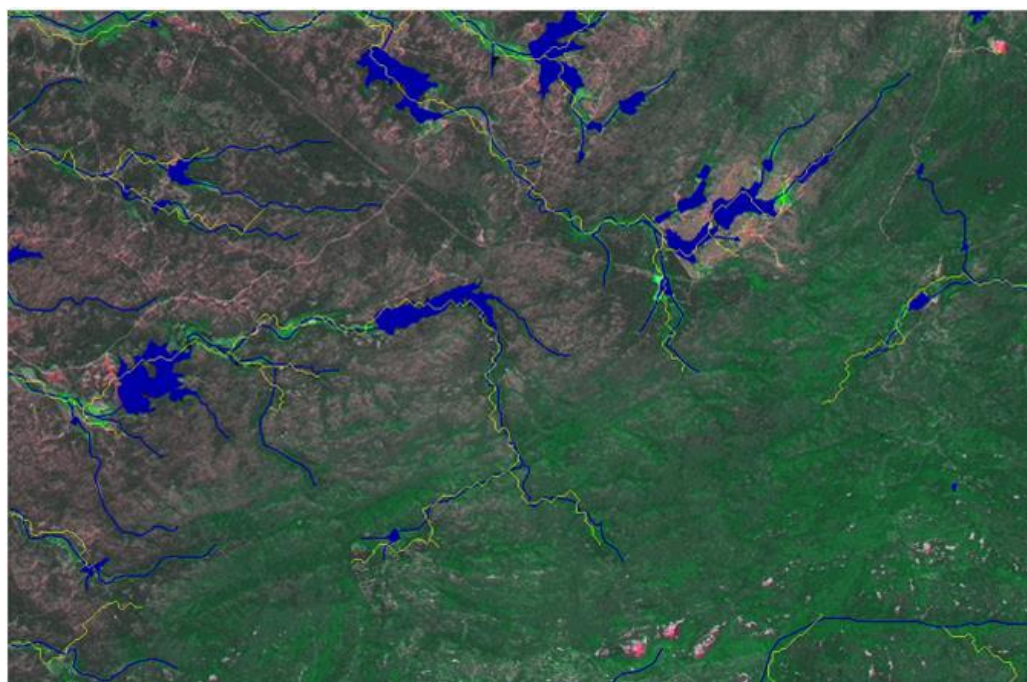


Figura 7 – Comparação qualitativa entre a drenagem extraída manualmente (azul) e a drenagem determinada pelo TerraHidro (amarelo).



Finalmente, um exemplo do uso do HAND é mostrado na Figura 8. As áreas com maiores potenciais de inundação são destacadas, na cor azul. Ressalta-se que essas áreas foram determinadas pela variação da altimetria em torno das drenagens. Pode-se afirmar somente que existe maior potencial de inundação em áreas com menor variação de altimetria. Estudos envolvendo modelos hidrológicos devem ser utilizados para definir a possível extensão deste potencial.

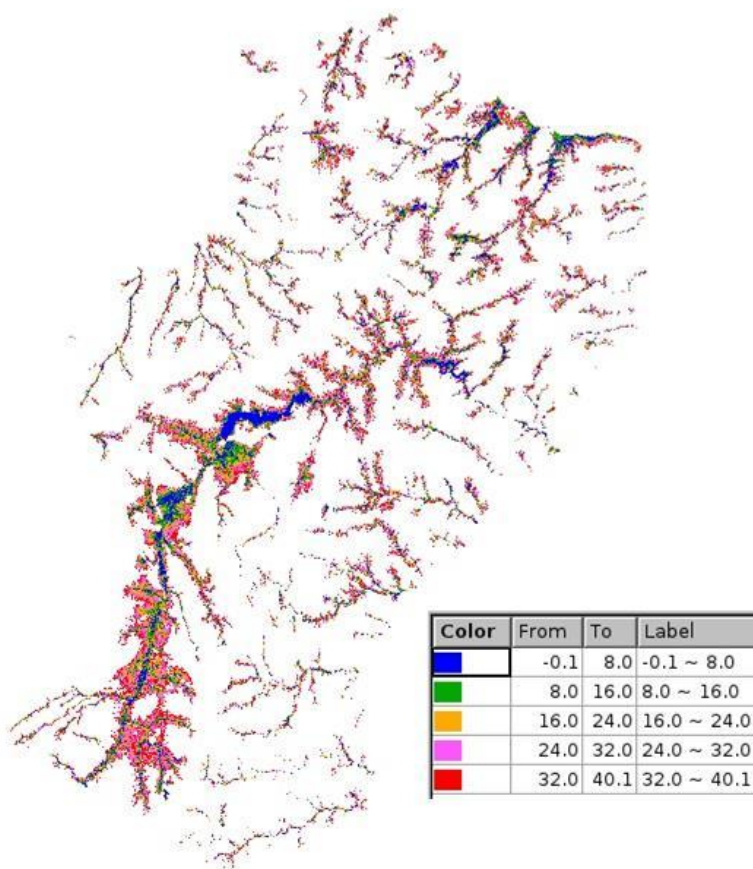


Figura 8 – Potencial de inundação da região do Semiárido.

## 5. CONCLUSÕES

O trabalho apresenta extração das drenagens, delimitação de bacias hidrográficas e áreas com potencial de inundação para a região Nordeste do Brasil e para o Semiárido. Pretende contribuir em futuro próximo com a disponibilização dessas informações para todos os pesquisadores interessados. Estes deverão ter atenção no que se refere a erros pontuais quando da extração da drenagem, pois o sistema utiliza modelos de representação de relevo que discretizam a realidade e que apresentam erros na sua fase de concepção. Sendo esses erros de pequena monta facilitam o trabalho do especialista que teria de digitalizar totalmente as drenagens manualmente. Com isso ganha em tempo e confiabilidade na geração dessas informações. O sistema TerraHidro foi empregado neste trabalho.

## BIBLIOGRAFIA

- BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R. A. (1998). *Principles of Geographical Information Systems*. New York: Oxford University Press, 333 p.
- CÂMARA, G. R.; SOUZA, C. M.; PEDROSA, B.; VINHAS, L., MONTEIRO; A. M. V., PAIVA; J. A., CARVALHO, M. T.; GATTASS, M. (2000). “*TerraLib: Technology in Support of GIS Innovation*”. in II Workshop Brasileiro de Geoinformática, GeoInfo2000, Centro Anhembi, São Paulo SP, 12 e 13 Jun. 2000, PP. 126-133.
- COLLISCHONN, W.; BUARQUE. D.C.; da PAZ, A.R.; MENDES, A.B.; FAN, F.M. (2010). “*Impact of Pit Removal Methods on DEM Derived Drainage Lines in Flat Regions*”. Anais American Water Resources Association (AWRA) Spring Specialty Conference. Orlando, Flórida, USA, pp. 1-6.
- JONES, R..(2002) “*Algorithms for using a DEM for mapping catchment areas of stream sediment samples*”. Computers & Geosciences 28, 10, pp. 1051 - 1060.
- RENNÓ, C.D.; NOBRE, A.D.; CUARTAS, L.A.; SOARES, J.V.; HODNETT, M.G.; TOMASELLA, J.; WATERLOO, M.J. (2008). “*HAND, a new terrain descriptor using SRTM-DEM: mapping terra-firme rainforest environments in Amazonia,*” Remote Sensing of Environment v.112, 2008, pp. 3469-3481.

**AGRADECIMENTOS** – Este trabalho foi suportado pela Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP, no projeto EXAPP no 01.13.0118.00.