

2018

**RELATÓRIO DO EMPREGO DO ÍNDICE TOPOGRÁFICO DE UMIDADE NA
DETECÇÃO DAS ÁREAS INUNDÁVEIS**



Laboratório de Sistemas de Informações
Espaciais
LSIE
2018

Sumário

1	INTRODUÇÃO	1
2	MODELAGEM HIDROLÓGICA PARA A DEFINIÇÃO DAS ÁREAS DE INUNDAÇÃO.....	3
2.1	Definição das áreas teste	3
2.2	Descrição dos Dados Disponíveis	9
2.3	Procedimentos Metodológico para Correção do MDE	14
2.4	Parâmetros Adotados para a Definição do Índice Topográfico.....	15
3	Definição do Índice Topográfico nas Áreas Teste.....	18
3.1	Região da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul	18

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1.1 – IDENTIFICAÇÃO DAS SEIS ÁREAS TESTE PARA MODELAGEM DO ÍNDICE TOPOGRÁFICO DE UMIDADE.	4
FIGURA 2.1.2 – PARQUE NACIONAL DE ANAVILHANAS QUE SERÁ UMA DAS ÁREAS TESTE.	5
FIGURA 2.1.3 – ÁREA DAS CAMPINARANAS DO MÉDIO/ALTO RIO NEGRO.	5
FIGURA 2.1.4 – ÁREA TESTE DA USINA HIDRELÉTRICA DE BELO MONTE.	6
FIGURA 2.1.5 – ÁREA DO MÉDIO SÃO FRANCISCO.	7
FIGURA 2.1.6 – REGIÃO DO ENCONTRO DO RIO JAVAES E ARAGUAIA.	8
FIGURA 2.1.6 – ÁREA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL.	9
FIGURA 2.2.1 – COMPARAÇÃO ENTRE OS DIFERENTES PRODUTOS DO SRTM.	10
FIGURA 2.2.2 – COMPARAÇÃO ENTRE OS DIFERENTES PRODUTOS DO SRTM.	12
FIGURA 2.2.3 – EXEMPLO DE UMA IMAGEM SAR DO SATÉLITE SENTINEL 1.	13
FIGURA 2.2.4 – RESULTADO DO EXEMPLO DO PROCESSAMENTO DA IMAGEM DO SATÉLITE SENTINEL 1.	13
FIGURA 2.2.5 – EXEMPLO DO MDE PRODUZIDO A PARTIR DOS DADOS DO SRTM DE 30 METROS DA REGIÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL.	15
FIGURA 2.3.1 – FIGURA ESQUEMÁTICA DE FUNCIONAMENTO DO MÉTODO D8, DESENVOLVIDO POR O’CALLAGHAN E MARK (1984), (DIREÇÃO DO FLUXO EM UMA SÓ DIREÇÃO).	16
FIGURA 2.3.2 – FIGURA ESQUEMÁTICA DO FUNCIONAMENTO DO MÉTODO DINF, DESENVOLVIDO POR TARBOTON (1997), (DIREÇÃO DO FLUXO DISTRIBUÍDO).	16
FIGURA 2.3.3 – COMPARAÇÃO DOS VALORES DE ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO DOS DIFERENTES MÉTODOS TESTADOS.	18
FIGURA 3.1.1 - MDE PRODUZIDO A PARTIR DOS DADOS DO SRTM DE 90 METROS PARA A BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL.	19
FIGURA 3.1.2 - MDE PRODUZIDO A PARTIR DOS DADOS DO SRTM DE 30 METROS PARA A BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL.	19
FIGURA 3.1.3 - DIREÇÃO DE FLUXO PARA O SRTM DE 90 METROS.	20
FIGURA 3.1.4 - DIREÇÃO DE FLUXO PARA O SRTM DE 30 METROS.	20
FIGURA 3.1.5 - DECLIVIDADE PARA O SRTM DE 90 METROS.	21
FIGURA 3.1.6 - DECLIVIDADE PARA O SRTM DE 30 METROS.	21
FIGURA 3.1.7 - ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO PARA O SRTM DE 90 METROS.	22
FIGURA 3.1.8 - ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO PARA O SRTM DE 30 METROS.	23

1 INTRODUÇÃO

Este relatório está inserido dentro das atividades do projeto de “Revisão Metodológica dos Processos e Normativos de Identificação/Demarcação de Imóveis da União”. O objetivo deste relatório está relacionado a descrição inicial do emprego do índice topográfico de umidade na detecção das áreas inundáveis nas áreas teste definidas em comum acordo entre SPU e o LSIE/UnB.

As atividades desenvolvidas estão relacionadas a descrição dos dados disponíveis para a confecção dos modelos digitais de elevação (MDE) nas áreas teste, os procedimentos metodológicos para correção dos MDE e, os parâmetros adotados para a modelagem hidrológica das áreas inundáveis.

O processo de modelagem hidrológica para a identificação das áreas inundáveis possui diversos passos e caminhos. Deste modo, dividiu-se inicialmente os procedimentos metodológicos nas seguintes fases: identificação dos dados disponíveis e de possível geração; procedimentos de correção dos dados dos MDE adquiridos; desenvolvimento metodológico para identificação das áreas inundáveis.

Em cada etapa do trabalho serão produzidos e adquiridos dados/informações que serão disponibilizados ao SPU para compor sua estrutura de dados do projeto. O formato de

armazenamento dos dados/informações seguirá os preceitos do SPU, que está em fase de desenvolvimento e definição, mas estes já estão sendo disponibilizados conforme demanda dos próprios técnicos do SPU.

Deste modo, a base de dados que está sendo desenvolvida subsidiará não somente o SPU no acompanhamento do projeto, mas também, servirá de base para outras ações e/ou consulta que o órgão vier a ter na continuação de seus trabalhos.

2 MODELAGEM HIDROLÓGICA PARA A DEFINIÇÃO DAS ÁREAS DE INUNDAÇÃO

2.1 Definição das áreas teste

As áreas teste foram definidas em reuniões com os técnicos do SPU e do LSIE/UnB que foram as seguintes regiões: Anavilhanas, Rio Negro, Belo Monte, encontro do rio Araguaia com o rio Javaes, médio do São Francisco e, o rio Paraíba do Sul (Figura 2.1.1).

A área teste da região de Anavilhanas está inserida dentro do Parque Nacional de Anavilhanas (Figura 2.1.2). Este parque é formado pelo arquipélago de Anavilhanas que foi transformado em Parque Nacional pela lei nº 11.799 de 2008. O Parque encontra-se no domínio geomorfológico denominado de Planície Amazônica, cujas características mais perceptíveis são planícies e terraços de inundação muito amplos que ocorrem ao longo dos principais canais tronco da bacia hidrográfica dos rios Negro-Solimões-Amazonas.

Outra região escolhida é o médio/alto Rio Negro, que está inserida dentro da bacia hidrográfica do Rio Negro, próximo ao Parque da Serra do Aracá (Figura 2.1.3). Esta região é conhecida pela vegetação de campinarana e campinas. As campinas e campinaranas são ecossistemas amazônicos, associados a solos pobres e arenosos frequentemente sujeitos ao alagamento periódico consequente da flutuação do lençol freático. Apesar de estes

ecossistemas ocuparem aproximadamente 7% da Amazônia Legal, há poucos estudos sobre eles.

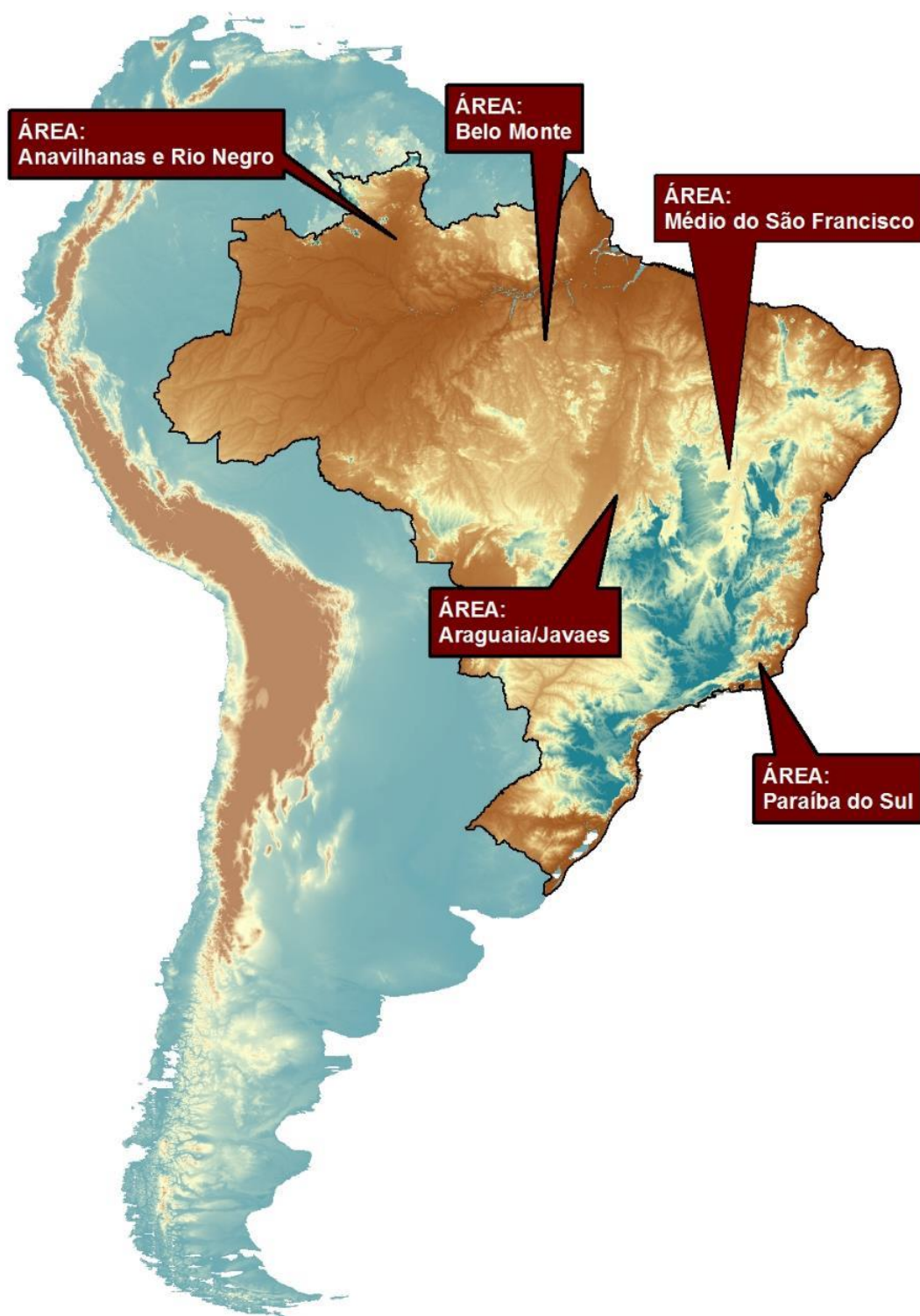


Figura 2.1.1 – Identificação das seis áreas teste para modelagem do índice topográfico de umidade.

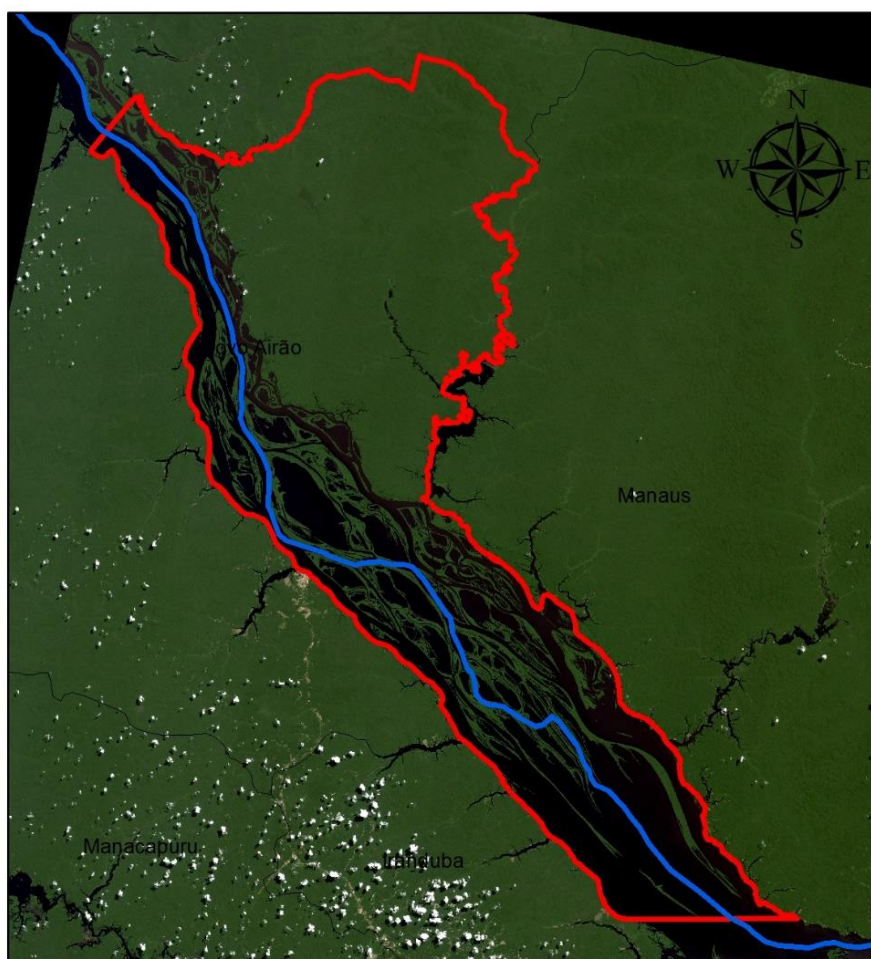


Figura 2.1.2 – Parque Nacional de Anavilhanas que será uma das áreas teste.



Figura 2.1.3 – Área das campinaranas do médio/alto Rio Negro.

A terceira área teste é a região de influência direta e indireta da Usina Hidrelétrica de Belo Monte (Figura 2.1.4). A área está inserida na Depressão da Amazônia Meridional formada por planícies fluviais de inundação. A Usina Hidrelétrica de Belo Monte começou a ser construída na região da Volta Grande do Xingu em 2011 e entrou em operação em abril de 2015.

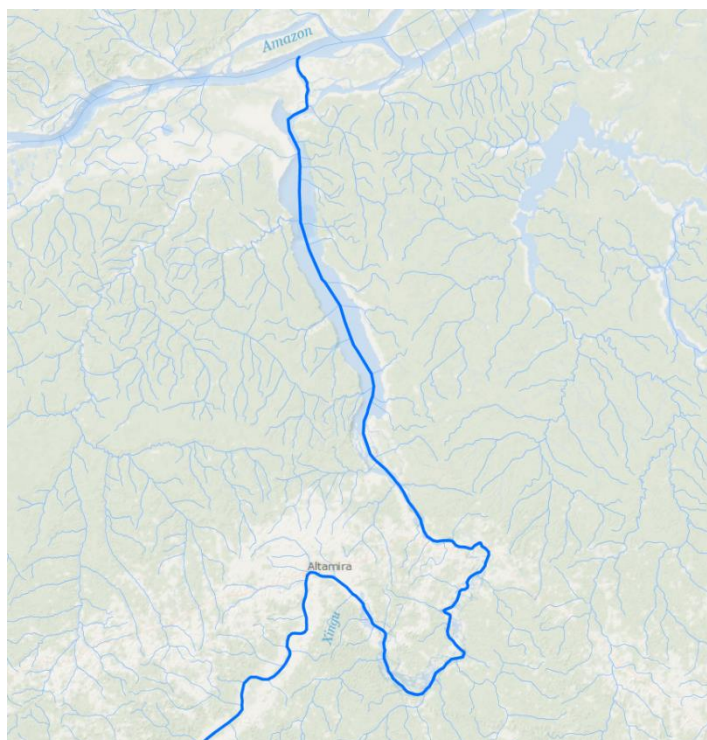


Figura 2.1.4 – Área teste da Usina Hidrelétrica de Belo Monte.

A quarta área teste é a região do médio rio São Francisco (Figura 2.1.5). A região fisiográfica do médio São Francisco corresponde a 63% da área total da bacia do São Francisco, tendo o rio nesse trecho 1.230 km de extensão. o relevo da região do Médio São Francisco se caracteriza por altitude que varia de 800 a 200 m onde se destaca uma topografia ondulada, com vales bem abertos devido a menor resistência à erosão dos xistos e outras rochas de baixo grau de metamorfismo, onde sobressaem formas abauladas esculpidas em rochas graníticas, gnáissicas e outros tipos de alto metamorfismo. Na extremidade oeste da fronteira norte tem-se a Chapada Cretácea do Araripe com altitude de 800 m, que se prolonga para leste através da

Serra dos Cariris esculpida em rochas graníticas e gnáissicas de idade pré-cambriana. Do lado sul ressalta-se as formas tabulares do Raso da Catarina, esculpidas em sedimentos da bacia do Tucano, com altitude de 300-200 m.

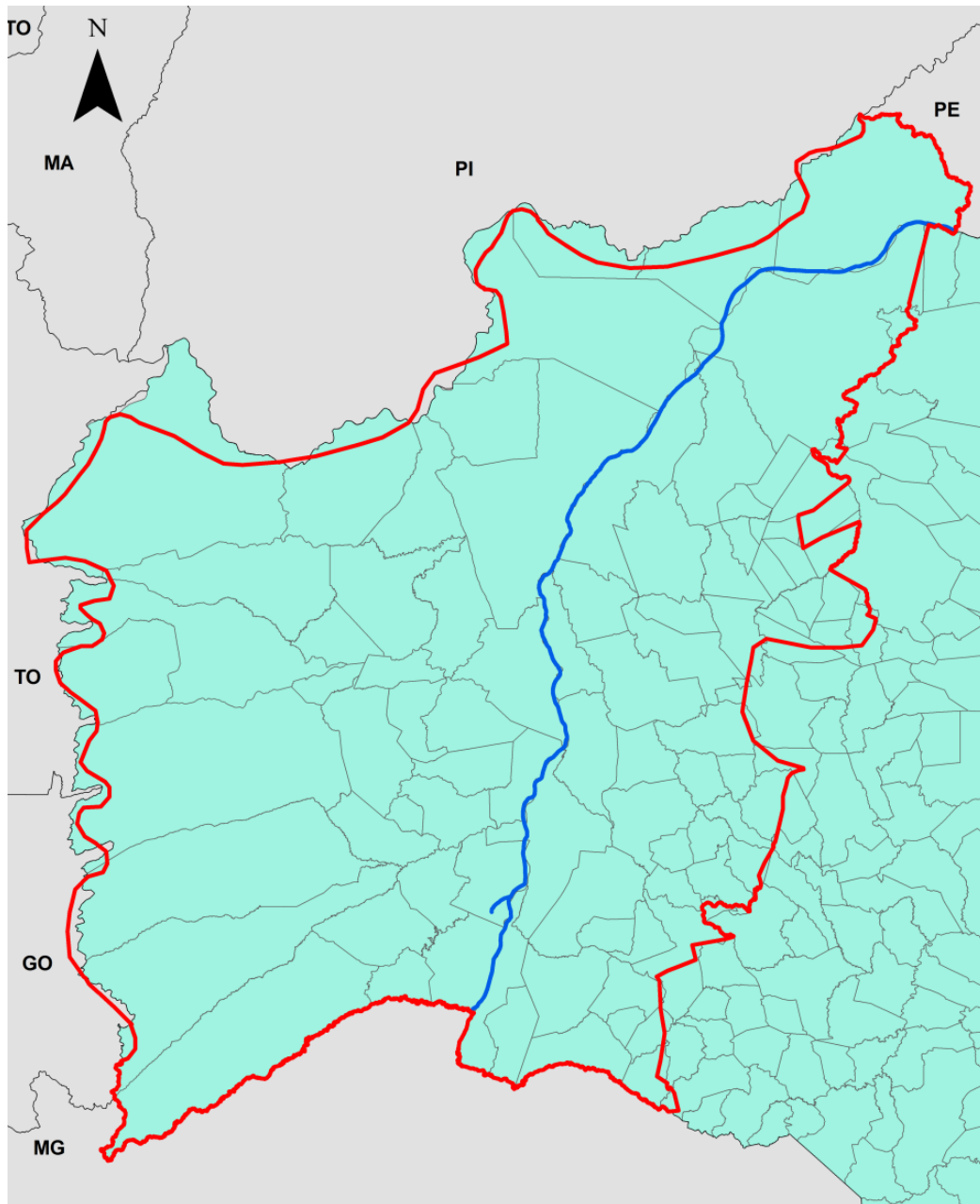


Figura 2.1.5 – Área do Médio São Francisco.

A quinta área teste é o encontro entre os rios Araguaia e Javaes (Figura 2.1.6). Esta região se caracteriza pela sua amplitude da vazão dos rios na época de cheias.



Figura 2.1.6 – Região do encontro do rio Javaes e Araguaia.

E por fim, a região da bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. Esta bacia possui importância socioeconômica muito grande pois abrange o eixo Rio-São Paulo, possuindo uma

das rodovias federais com maior tráfego e o planejamento da construção de uma linha férrea de alta velocidade (Figura 2.1.7).

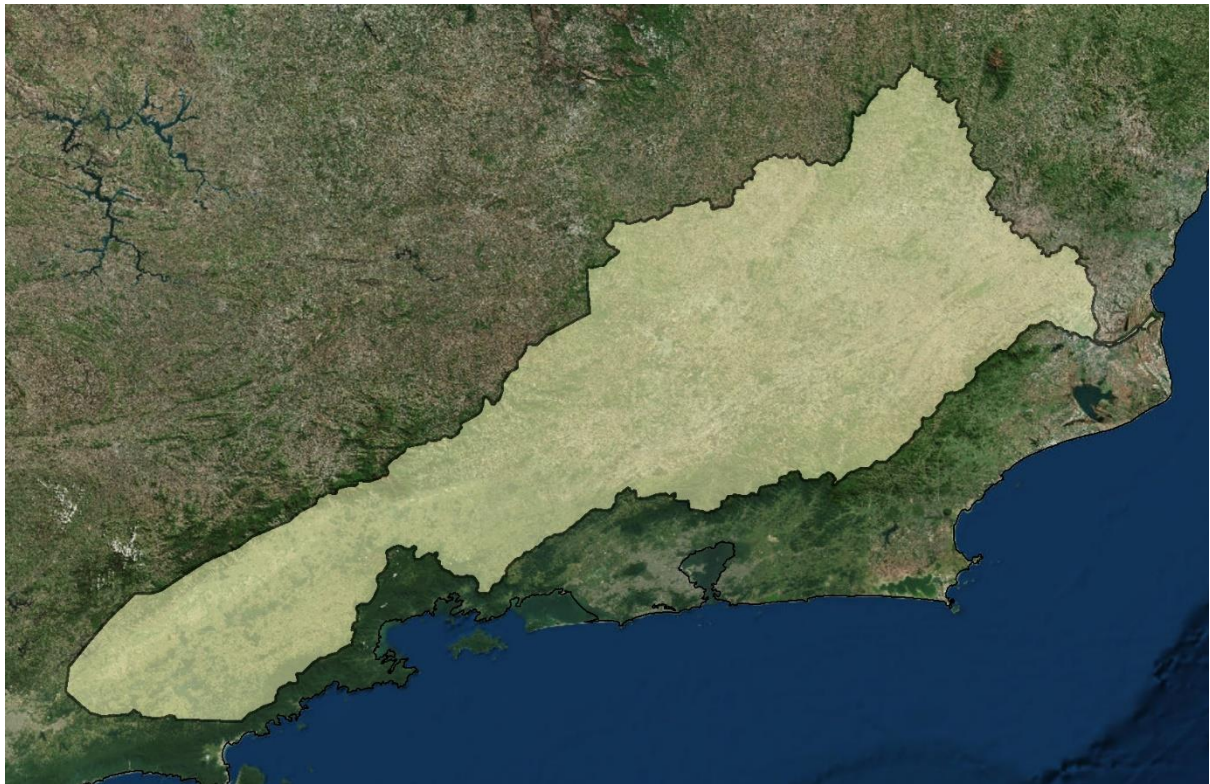


Figura 2.1.6 – Área da bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.

2.2 Descrição dos Dados Disponíveis

Nesta etapa foram identificados quais os dados de topográficos disponíveis e também já foram elencados quais as imagens de satélite já baixadas de cada área. Destaca-se que para a modelagem hidrológica a área compreendida é toda a área definida pelas bacias hidrográficas inseridas da região de interesse em questão (Figura 2.2.1). Abrangendo, deste modo, uma área bem maior do que as áreas demonstradas anteriormente que servirão de base para comparação com a metodologia a partir de sensoriamento remoto.

Os únicos dados contínuos disponíveis que abrangessem todas as áreas são provenientes da missão Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). A missão SRTM foi desenvolvida no início dos anos 2000, em que o ônibus espacial Endeavour fez um recobrimento de 80% a superfície terrestre (entre as latitudes de 60o norte e 56o sul) em 11 dias.

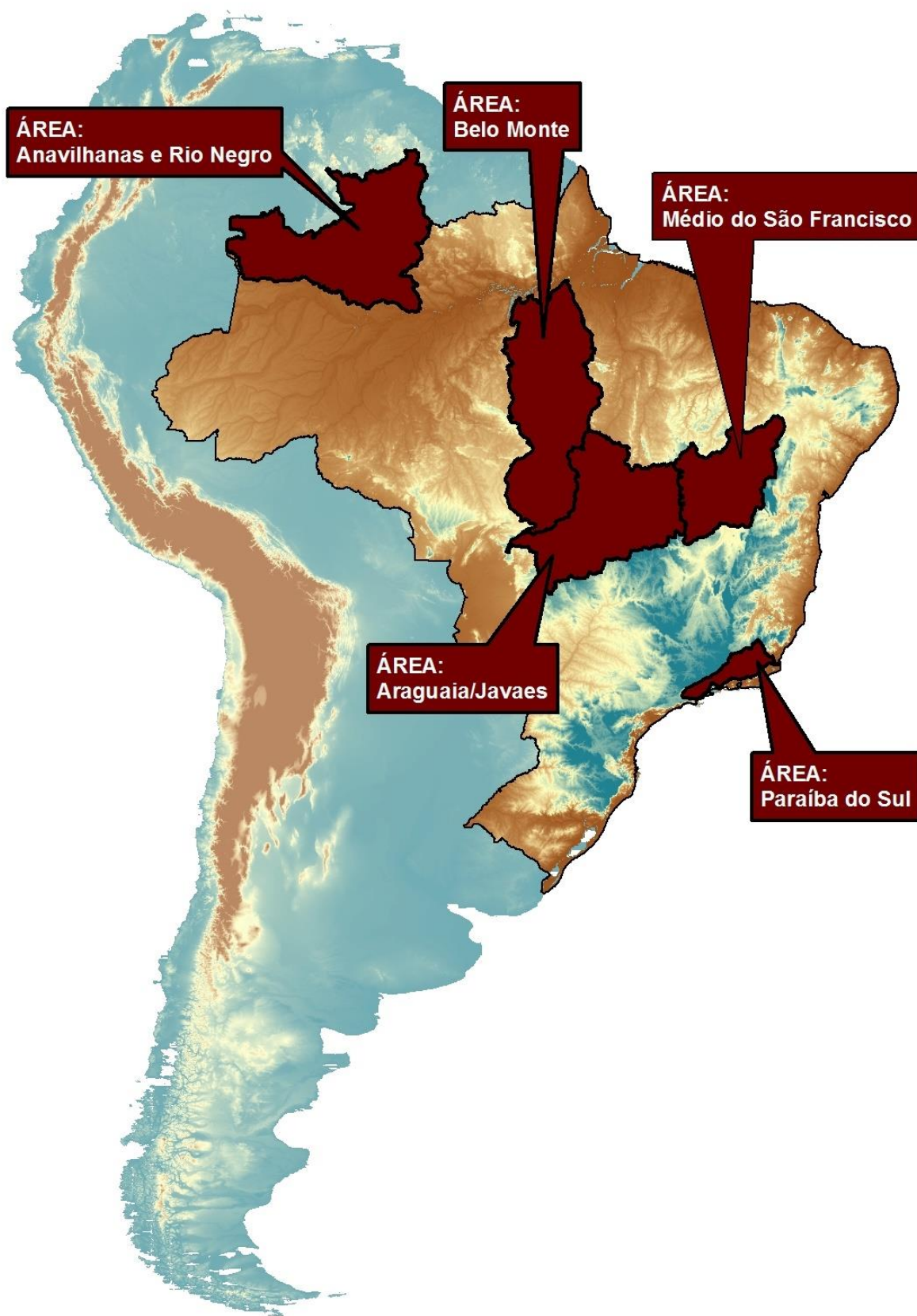


Figura 2.2.1 – Comparação entre os diferentes produtos do SRTM.

O ônibus espacial transportava um radar InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar) com dois tipos de sistema de abertura: um sistema na banda C de comprimento de onda (5,6 cm) e, outro sistema na banda X de comprimento de onda (3,1 cm) (Farr et al., 2007).

A obtenção dos dados do SRTM foi feita a partir da técnica de interferometria de radar, na qual duas imagens de radar são adquiridas a partir de ângulos de visada diferentes, permitindo o cálculo da altimetria da superfície imageada (pixel à pixel) (Farr et al., 2007).

Este sobrevoo possibilitou a aquisição de dados topográficos, de forma contínua, com duas resoluções espaciais: 1 arc sec (30 metros) e de 3 arc sec (90 metros), no datum horizontal WGS84 e datum vertical WGS84/EGM96.

Cabe destacar que, a resolução de 90 metros foi disponibilizada inicialmente para toda a superfície terrestre, sendo que a resolução de 30 metros só se encontrava disponível para o Estados Unidos. No entanto, no final do ano de 2014 a agência espacial norte-americana (NASA) começou a disponibilizar os dados de 30 metros para o restante do globo terrestre.

Este tipo de aquisição de dados, de forma contínua (de dia e de noite, com ou sem cobertura de nuvem) e dentro de uma mesma metodologia possibilitou uma acuidade vertical relativa na ordem de 5 metros (Smith & Sandwell, 2003; Rosen et al. 2001a, b).

Desta forma, se tem um conjunto de dados topográficos contínuos e homogêneos de praticamente todo o globo terrestre, tornando o SRTM numa importante ferramenta para os estudos da superfície terrestre (Santos et al., 2005; van Zyl, 2001; Rabus et al., 2003; Smith & Sandwell, 2003).

Em 2008, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) lançou o projeto TopoData. Este projeto teve como uma das finalidades fazer o refinamento dos dados do SRTM de 90 metros para 30 metros. Este processo de refinamento foi desenvolvido a partir de técnicas

geoestatísticas de interpolação dos dados (Valeriano, 2008). Desde então, houve um processamento de melhoramento desses dados tendo sua última versão em 2011.

Ao compararmos os dados do SRTM 90 metros, TopoData e o SRTM 30 metros (Figura 2.2.2) verifica-se que os dados provenientes do SRTM 30 metros possui um melhor detalhamento e por consequência um ganho de informações topográficas. Deste modo, optou-se pela utilização dos dados do SRTM de 90 metros e de 30 metros somente.

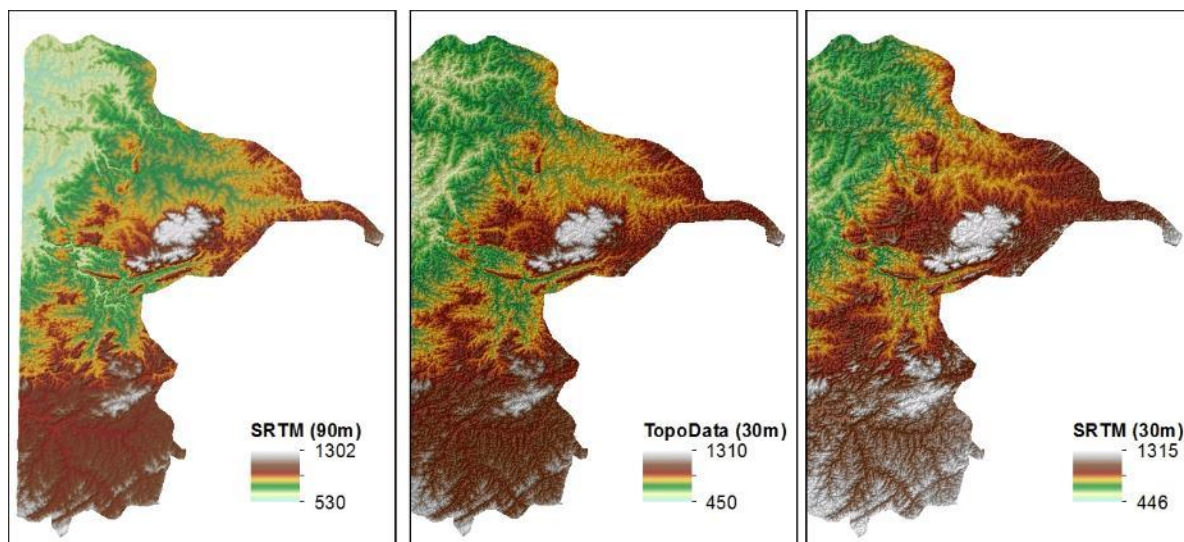


Figura 2.2.2 – Comparação entre os diferentes produtos do SRTM.

Recentemente, com a disponibilização dos dados provenientes do satélite Sentinel 1 (Figura 2.2.3), que são imagens de radar na banda C, é possível a extração dos dados de elevação de regiões que se tenham imagens de radar. Foi feito inicialmente, um teste e verificou-se a possibilidade de uso. Deste modo, será discutido ao longo do projeto quais áreas poderiam ser utilizadas esta metodologia de aquisição de dados de elevação (Figura 2.2.4).

Além dos dados SRTM foram feitos downloads das imagens de satélite do Landsat e Sentinel, conforme a tabela 2.1.

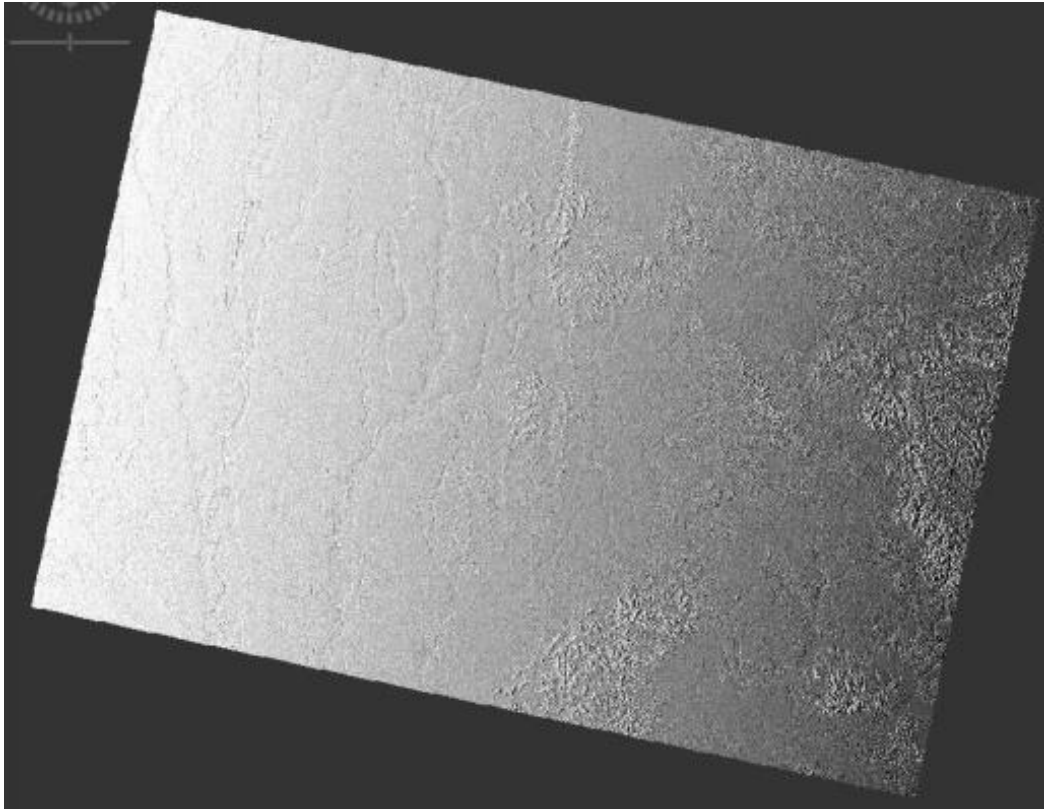


Figura 2.2.3 – Exemplo de uma imagem SAR do satélite Sentinel 1.

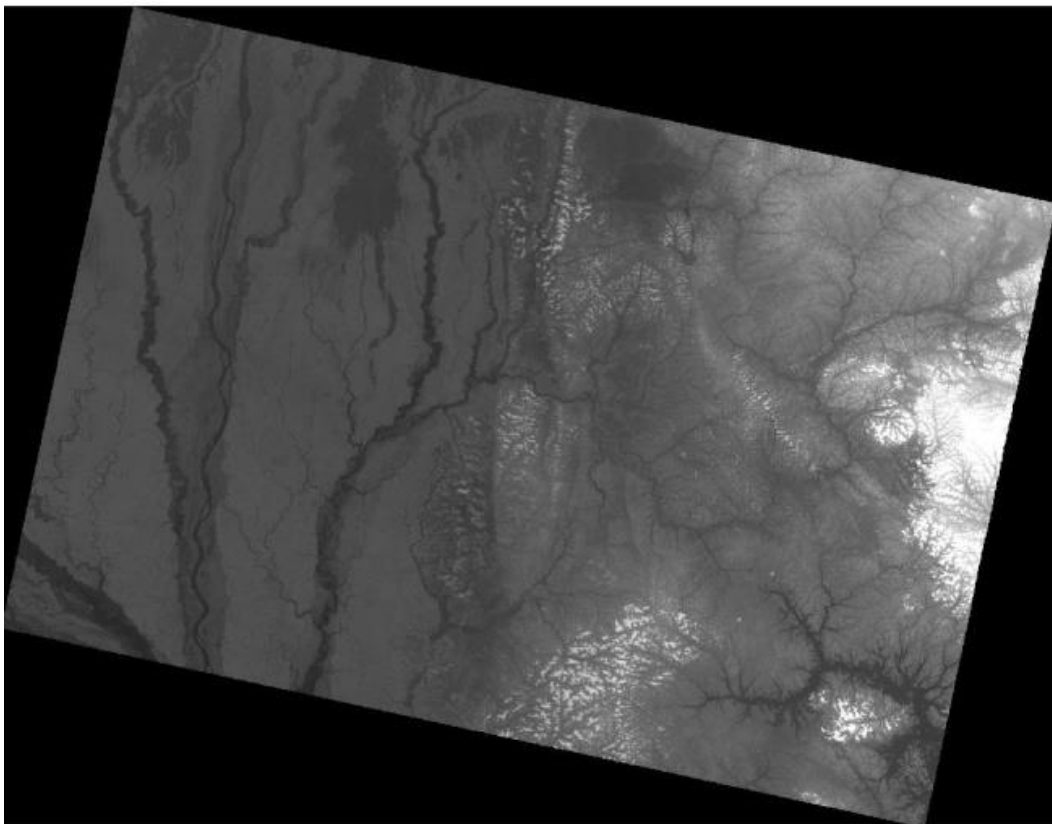


Figura 2.2.4 – Resultado do exemplo do processamento da imagem do satélite Sentinel 1.

Tabela 2.1 – Tabela com as imagens até o momento baixadas.

ÁREA	SATÉLITE	TOTAL DE IMAGENS
Anavilhanas	79 Landsat 25 Sentinel (radar)	104 imagens
Rio Negro	40 Sentinel (radar)	40 imagens
Belo Monte	207 Landsat 62 Sentinel (radar) 26 Sentinel (óptico)	295 imagens
Médio do São Francisco	365 Landsat 16 Sentinel (radar)	381 imagens
Bacia Hidrográfica do Rio Paráíba do Sul	100 Landsat 250 Sentinel	350 imagens

2.3 Procedimentos Metodológico para Correção do MDE

O modelo digital de elevação (MDE) simula o relevo em ambiente computacional e permite uma visualização tridimensional da superfície terrestre (Goodchild et al., 1993; Guimarães, 2000; Ramos, 2003). Nas últimas décadas, o sensoriamento remoto vem evoluindo e se tornando numa das maiores fontes de informações para estudos geoambientais. O constante avanço tecnológico permite que várias imagens sejam criadas, testadas e comparadas, permitindo assim que os pesquisadores tenham cada vez mais dados e modelos que se aproximem do comportamento real das superfícies.

Os dados provenientes do SRTM podem possuir variações ruidosas (como picos) e/ou falta de informação de elevação. Deste modo, foi feito um processo de filtragem das imagens originais do SRTM, posterior subtração das imagens originais e filtrada, eliminação das áreas que possuíram discrepância maior de 5 metros e reinterpolação dos dados gerando um novo MDE.

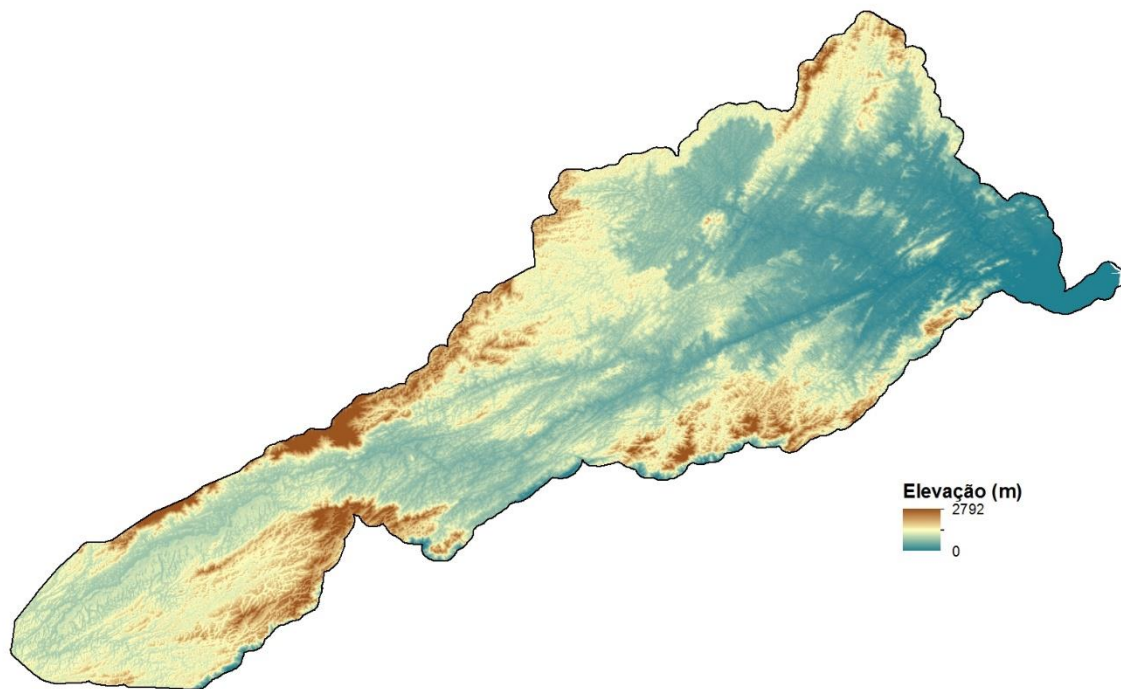


Figura 2.2.5 – Exemplo do MDE produzido a partir dos dados do SRTM de 30 metros da região da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.

2.4 Parâmetros Adotados para a Definição do Índice Topográfico

Um dos dados fundamentais nos modelos hidrológicos é a área de contribuição, que simula a dinâmica do escoamento superficial. Com isso, é possível identificar em quais locais do terreno o fluxo tende a acumular e de onde ele vem. Os dois métodos mais utilizados para a definição da área de contribuição são o método D8 (O'Callaghan & Mark, 1984), e o método D-Inf (Tarboton, 1997).

O método D8 determina em uma janela de 3 x 3 pixels para qual dos 8 vizinhos o fluxo do pixel central irá se deslocar a partir do valor de menor altimetria (Figura 2.3.1). De acordo com Ramos et al. (2003) e Erskine et al.(2006), este método apresenta algumas limitações quando comparado com outro de distribuição proporcional. No método D-Inf (D_{∞}) (Tarboton, 1997), a representação da área de contribuição é dada de forma proporcional em função da

direção do fluxo. Este procedimento representa melhor o comportamento do fluxo superficial (Figura 2.3.2).

56	53	54
50	45	48
47	46	43

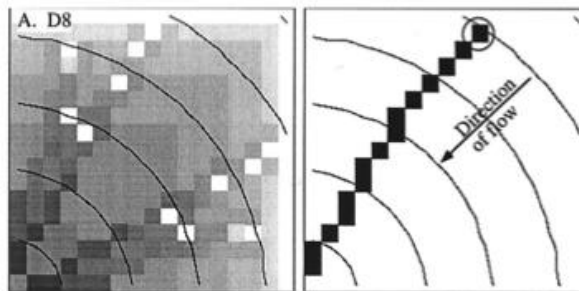


Figura 2.3.1 – Figura esquemática de funcionamento do método D8, desenvolvido por O’Callaghan e Mark (1984), (direção do fluxo em uma só direção).

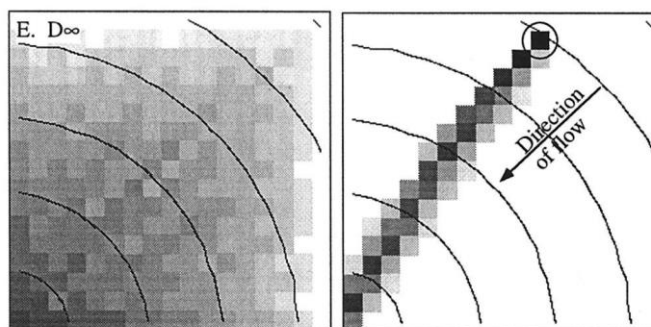
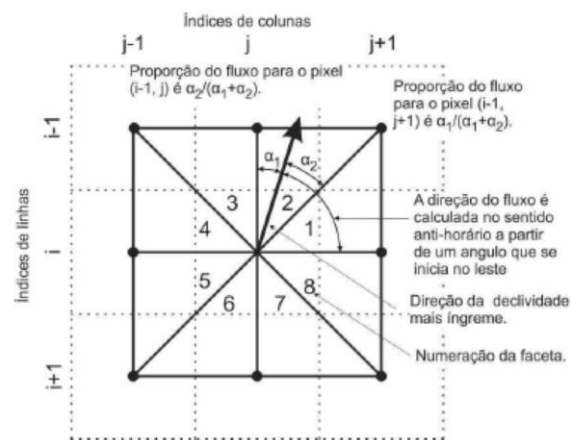
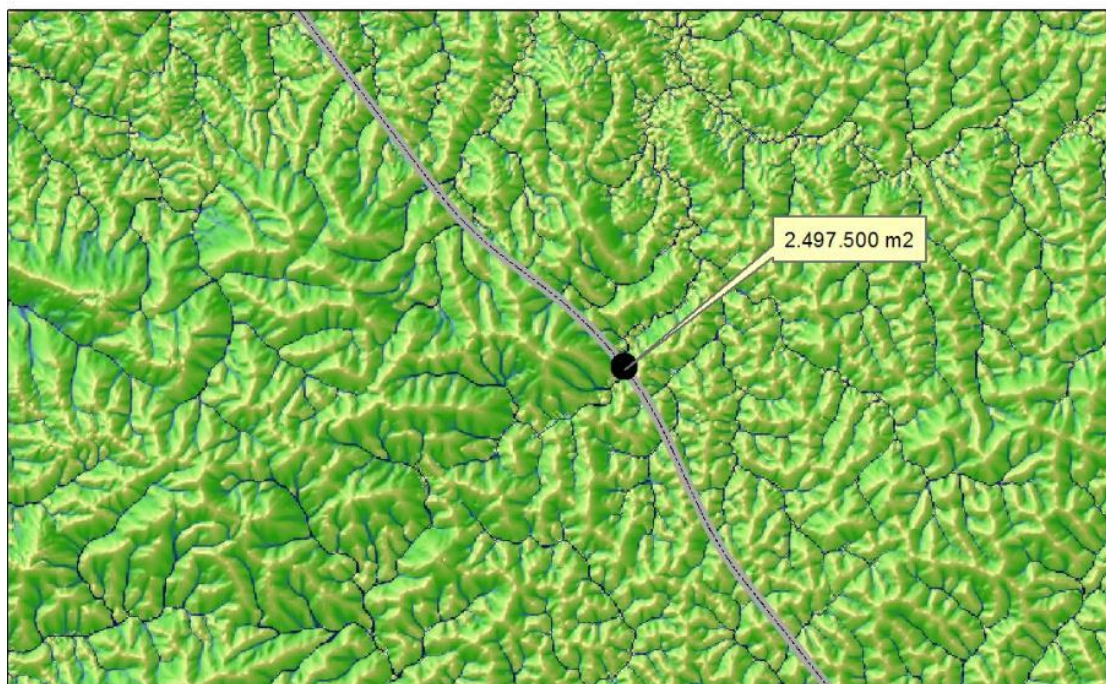


Figura 2.3.2 – Figura esquemática do funcionamento do método Dinf, desenvolvido por Tarboton (1997), (direção do fluxo distribuído).

Quando comparados estes dois métodos verifica-se uma diferença nos valores de área de contribuição obtidos por cada (Figura 2.3.3). A partir disso, definiu-se o método D-Inf como o método para o cálculo da área de contribuição a ser utilizado para o cálculo das vazões.

MÉTODO D8 - MÉTODO DEFAULT DO ARCGIS



MÉTODO Dinf - DISPONÍVEL NO ARCGIS

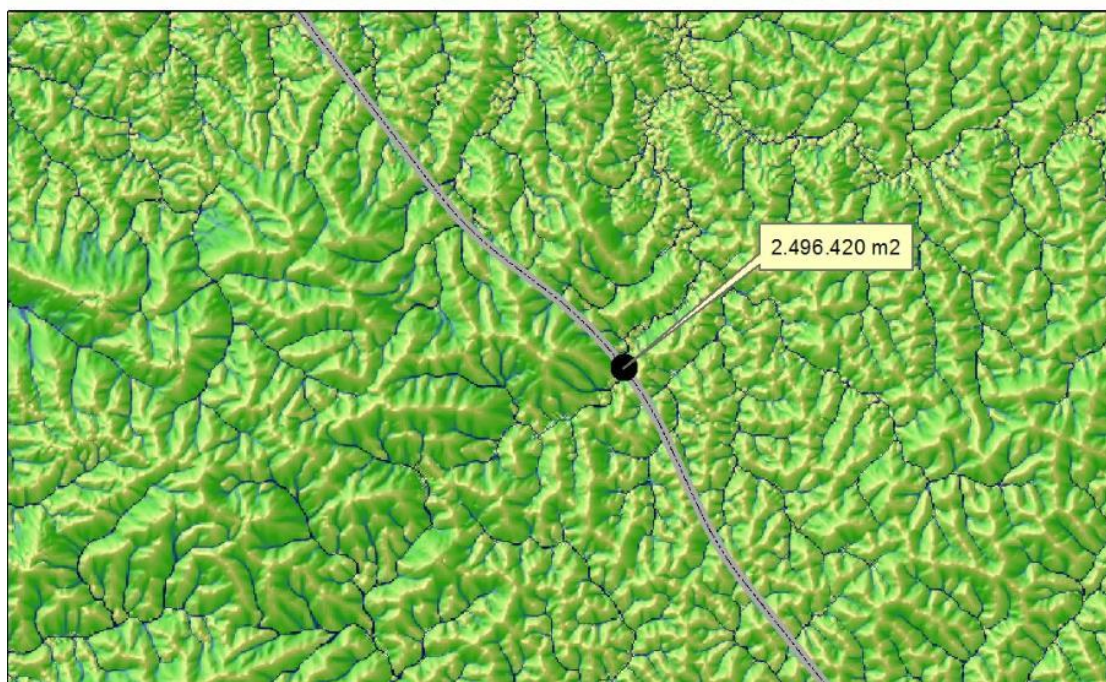


Figura 2.3.3 – Comparação dos valores de área de contribuição dos diferentes métodos testados.

3. DEFINIÇÃO DO ÍNDICE TOPOGRÁFICO NAS ÁREAS TESTES

3.1 Região da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul

Inicialmente, foi realizado o procedimento de preenchimento de depressões (fill sink) para que o MDE utilizado direcione o fluxo da área de contribuição corretamente. Este procedimento foi feito para os SRTM de 90 metros (Figura 3.1.1) e de 30 metros (Figura 3.1.2). Posteriormente, foram produzidos os mapas da direção de fluxo e de área de contribuição e declividade, tanto para 90 metros como para 30 metros (Figura 3.1.3 até 3.1.9).

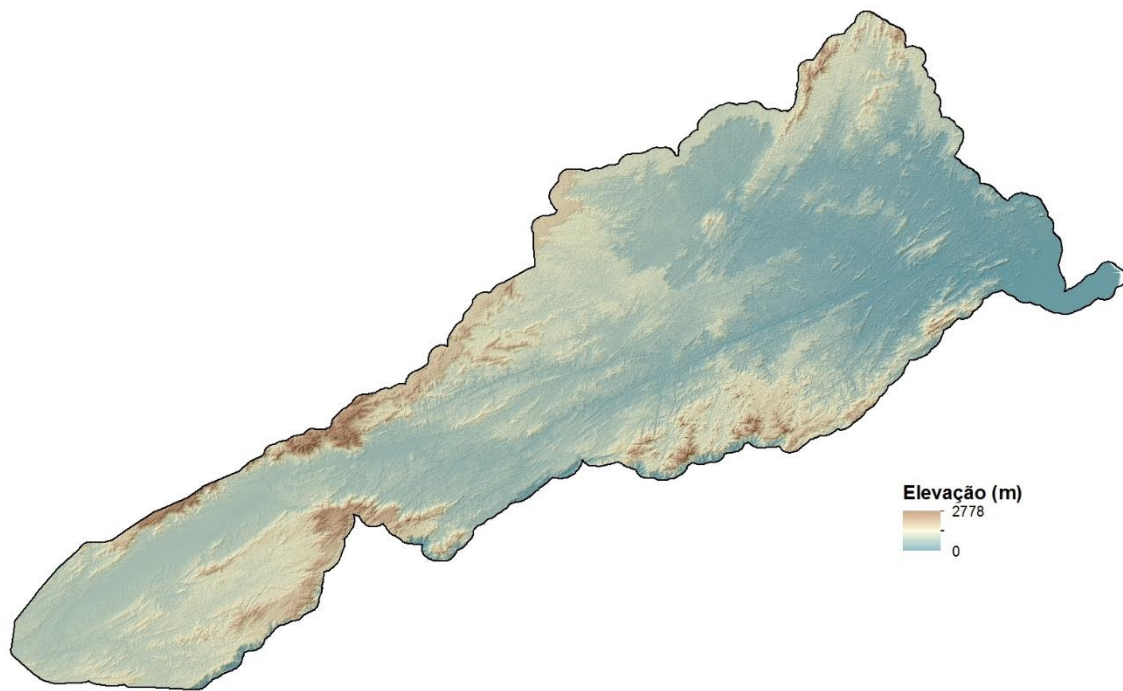


Figura 3.1.1 - MDE produzido a partir dos dados do SRTM de 90 metros para a bacia do Rio Paraíba do Sul.



Figura 3.1.2 - MDE produzido a partir dos dados do SRTM de 30 metros para a bacia do Rio Paraíba do Sul.

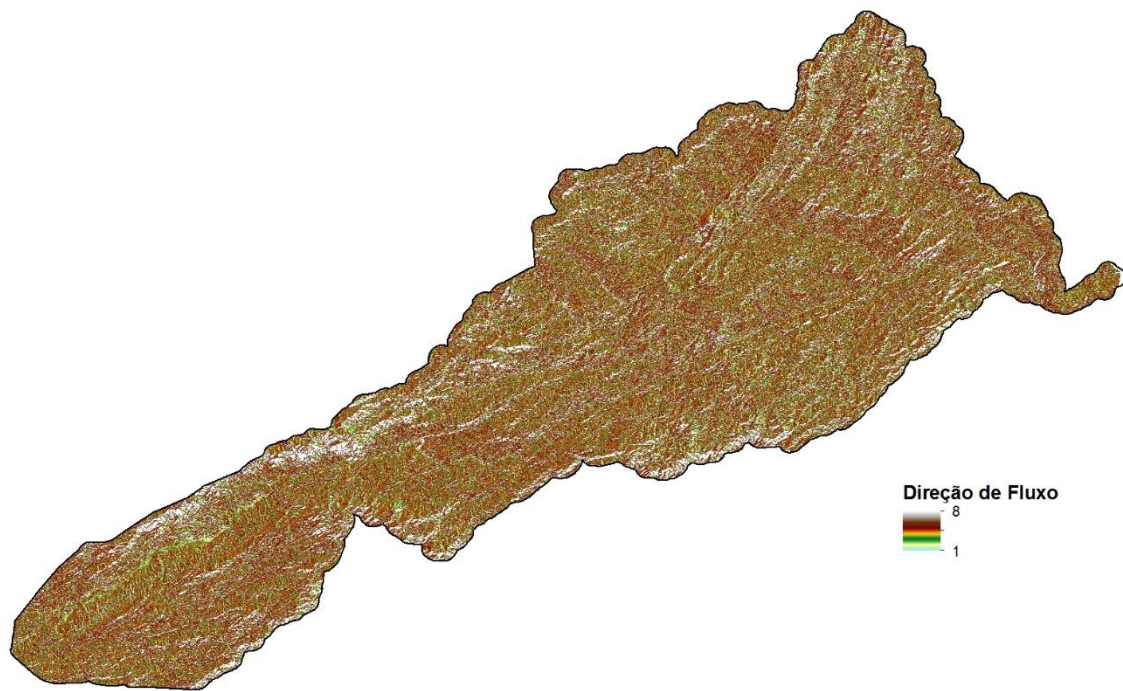


Figura 3.1.3 - Direção de fluxo para o SRTM de 90 metros.

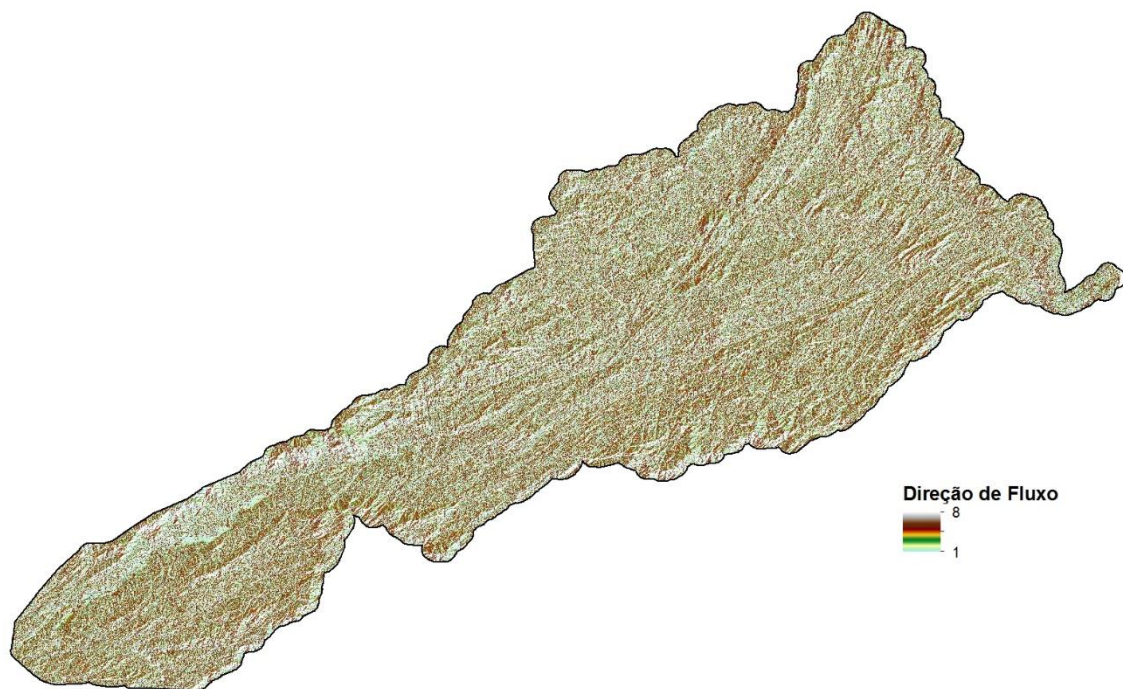


Figura 3.1.4 - Direção de fluxo para o SRTM de 30 metros.



Figura 3.1.5 - Declividade para o SRTM de 90 metros.

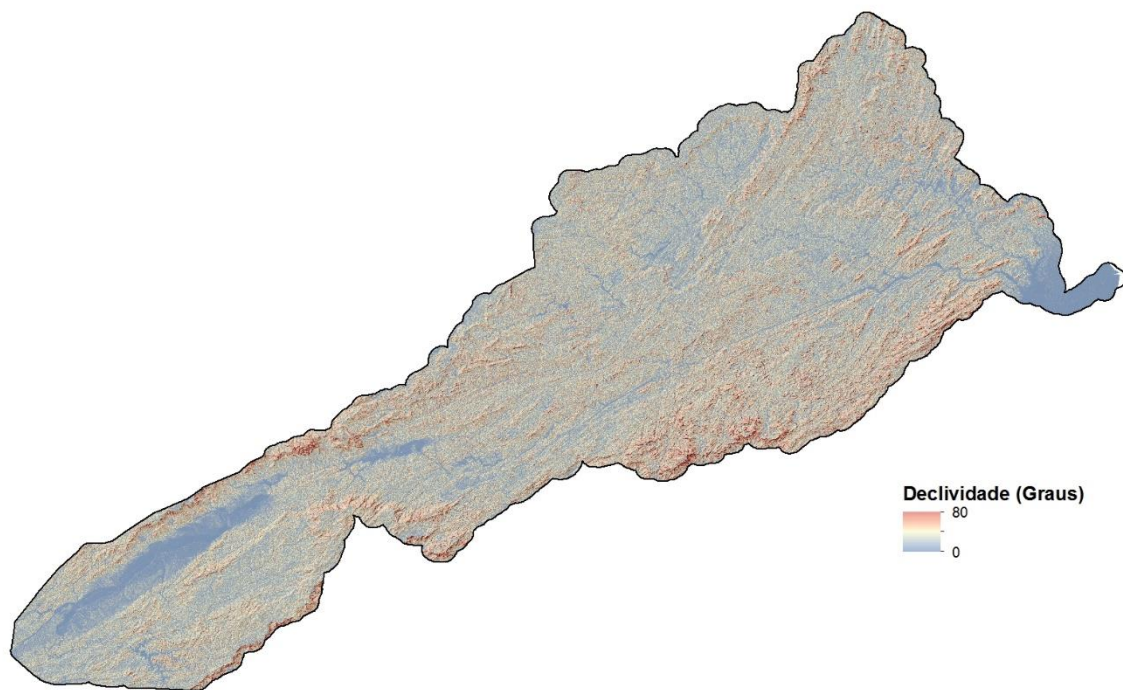


Figura 3.1.6 - Declividade para o SRTM de 30 metros.

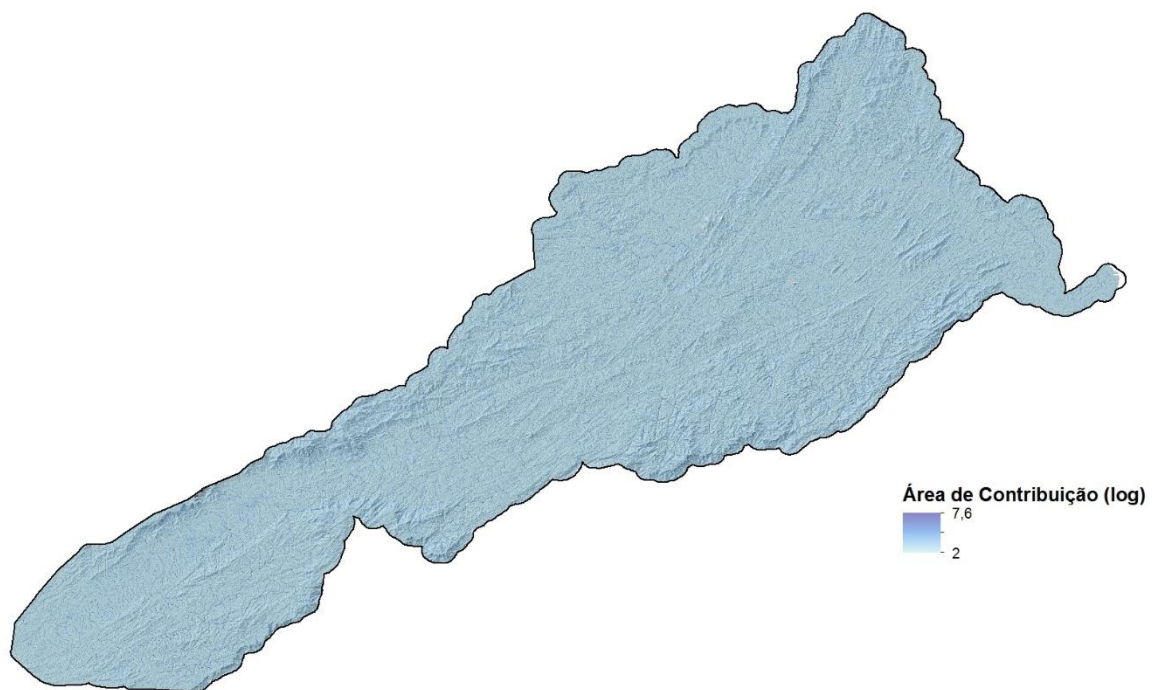


Figura 3.1.7 - Área de Contribuição para o SRTM de 90 metros.

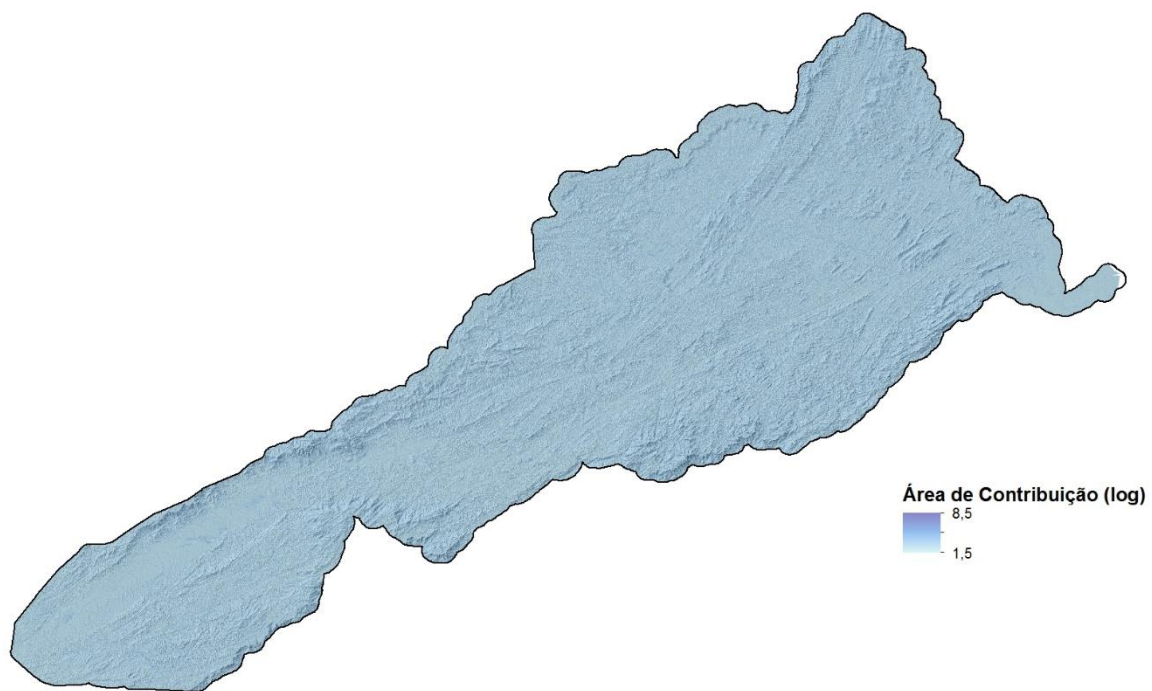


Figura 3.1.8 - Área de Contribuição para o SRTM de 30 metros.