

UFF - UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE  
POLO UNIVERSITÁRIO DE CAMPOS DOS GOYTACAZES  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA SOCIEDADE E DESENVOLVIMENTO REGIONAL  
BACHARELADO EM GEOGRAFIA

GABRIEL ELIAS RIOS CARRIÇO

IDENTIFICAÇÃO DIGITAL DE ANOMALIAS DE DRENAGEM EM UM TRECHO DA  
BACIA DO RIO POMBA NA CARTA DE SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA, RIO DE  
JANEIRO.

CAMPOS DOS GOYTACAZES

JULHO 2018

GABRIEL ELIAS RIOS CARRIÇO

IDENTIFICAÇÃO DIGITAL DE ANOMALIAS DE DRENAGEM EM UM TRECHO DA  
BACIA DO RIO POMBA NA CARTA DE SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA, RIO DE  
JANEIRO.

Trabalho apresentado ao curso de bacharelado em Geografia pela Universidade Federal Fluminense, Polo Universitário Campos dos Goytacazes, como um dos requisitos para a conclusão do curso em Geografia.

Orientador:

Prof. Dr. Thiago Pinto da Silva

Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro

Julho de 2018

GABRIEL ELIAS RIOS CARRIÇO

IDENTIFICAÇÃO DIGITAL DE ANOMALIAS DE DRENAGEM EM UM TRECHO DA  
BACIA DO RIO POMBA NA CARTA DE SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA, RIO DE  
JANEIRO.

Trabalho apresentado ao curso de bacharelado em Geografia pela Universidade Federal Fluminense, Polo Universitário Campos dos Goytacazes, como um dos requisitos para a conclusão do curso em Geografia.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Thiago Pinto da Silva  
UFF – Universidade Federal Fluminense

---

Prof. Dr. Cláudio Henrique Reis  
UFF – Universidade Federal Fluminense

---

Me. Anadelson Martins Virtuoso  
UFF – Universidade Federal Fluminense

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer primeiramente à minha mãe Rejane e ao meu pai Julio por todo apoio que me deram durante todo o tempo percorrido na graduação.

Ao meu orientador Prof. Thiago do laboratório de Geologia da UFF – Campos que deu uma grande ajuda nessa fase final do curso e durante todo desenvolvimento deste projeto.

Aos meus irmãos Julio Marques e Victória por toda companhia e companheirismo durante a graduação.

A todos os professores, amigos e colegas que conheci e tive o prazer de estar junto nesse percurso pela UFF.

## Resumo

O presente trabalho teve como objetivo fazer uma identificação digital de dados morfotectônicos de um trecho da bacia hidrográfica do rio Pomba contido na carta topográfica 1:50.000 de Santo Antônio de Pádua. A metodologia utilizada foi a de localização de anomalias de drenagem através das imagens tridimensionais no software *QuantumGis*, classificadas como cotovelo com divisores planos, colineares com divisores planos e não colineares com divisores planos, comparando com a análise analógica através da carta física da região, quantificando as ocorrências e o sentidos dos escoamentos, e referenciando cartograficamente com a ajuda do aplicativo *Google Maps*. Como resultado, pôde-se reforçar a tese que há um ordenamento do relevo na direção Nordeste-Sudeste, que controla parte dos fluxos dos rios Pomba e Paraíba do Sul e que as anomalias ocorrem em sentido ortogonal a esse lineamento. Os resultados identificados reforçam a hipótese de que uma identificação por métodos digitais é consideravelmente mais simples e fácil de se obter bons resultados se comparada com a análise e procura sobre a carta utilizando métodos convencionais analógica.

Palavras chave: sensoriamento remoto; geoprocessamento; mapeamento; anomalias de drenagem.

## **Abstract**

The present work had as objective to do a digital identification of morphotectonic data from the watershed of the river Pomba, displayed in the topographical chart 1: 50,000 of Santo Antônio de Pádua city. The methodology used was the localization of drainage anomalies with the tridimensional images on the software QuantumGis, classified as elbow with flat, collinear divisors with flat and non-collinear dividers with flat dividers, comparing with the analogical analysis through the physical chart of the region, quantifying the occurrences and the meanings of the flows, and referencing cartographically with the help of the Google Maps application. Within the result, it could be reinforced the thesis that there is an order of relief in the Northeast-Southeast direction, which controls part of the flows of the Pomba and Paraíba do Sul rivers and that the anomalies occur in a direction orthogonal to this lineament. These identified results reinforce the hypothesis that an identification by digital methods is considerably simpler and easier to obtain good results when compared to the analogue search and analysis.

**Keywords:** remote sensing; geoprocessing; mapping; drainage anomalies.

## Lista de Figuras

Figura 1: Localização da área de estudo, em destaque o estado do Rio de Janeiro e a área da carta trabalhada. ....	2
Figura 2: Obtenção de imagens por sensoriamento remoto. ....	4
Figura 3: Como funciona as camadas de um MDE.....	6
Figura 4: Representação gráfica de um modelo digital de elevação ao lado de uma projeção 3D. ....	7
Figura 5: Mapa da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, destacando os segmentos utilizados para o cálculo. ....	8
Figura 6: Formas de rearranjo de drenagem através de captura vistas em planta. A linha tracejada é o divisor da drenagem. ....	9
Figura 7: Projeção digital hipsométrica da carta de Santo Antônio de Pádua com o hillshade, hidrografia, e escala de altitude. ....	12
Figura 8: Raster sem tratamento do relevo sombreado com shapes da hidrografia, área urbana e massas d'água já nas devidas proporções. ....	13
Figura 9: Hillshade em 315° adicionado para melhor visualização da modelagem 3D do terreno. ....	14
Figura 10: Raster de declividade trabalhado com cores âmbar para amarelo. ....	15
Figura 11: Raster de declividade trabalhado nas cores e na tabela de inclinação conforme padrão da EMBRAPA (1999). ....	16
Figura 12: Raster de declividade com o hillshade (relevo sombreado) e linhas de nível de 20 em 20 metros aplicado ao fundo conforme EMBRAPA (1999). ....	17
Figura 13: Carta topográfica Santo Antônio de Pádua 1:50.000. ....	18
Figura 14: Projeção virtual das 42 anomalias de drenagem reconhecidas por Ignácio (2017). ....	19
Figura 15: Projeção virtual das 48 anomalias de drenagem reconhecidas neste trabalho sobre mapa de declividade. ....	20
Figura 16: Detalhe do processo de detecção com o relevo em alto contraste e alguns pontos já devidamente marcados. ....	21
Figura 17: Detalhe de algumas discrepâncias entre pontos marcados por Ignácio (2017) e a coleta atual. ....	21
Figura 18 Resultado final da detecção de anomalias na carta topográfica de Pádua. ....	22

## **Lista de Tabelas**

Tabela 1: Quantificação, número e porcentagem de anomalias encontradas na coleta digital de dados. ....	23
Tabela 2: Tabela retirada de Ignácio (2017) onde estão quantificados os resultados provenientes da coleta analógica. ....	23

## SUMÁRIO

<b>1 – INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2 – AREA DE ESTUDO.....</b>	<b>2</b>
<b>3 – SENSORIAMENTO REMOTO.....</b>	<b>3</b>
<b>3.1 – SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS.....</b>	<b>4</b>
<b>3.2 – MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO.....</b>	<b>5</b>
<b>4 –MORFOTECTÔNICA E O SISTEMA DE DRENAGEM REGIONAL.....</b>	<b>7</b>
<b>5 – MÉTODOS E TÉCNICAS.....</b>	<b>9</b>
<b>6 – RESULTADOS.....</b>	<b>11</b>
<b>6.1 – PRODUTOS DO MAPEAMENTO DIGITAL.....</b>	<b>12</b>
<b>6.2 – COMPARAÇÕES COM OS RESULTADOS ANALOGICOS.....</b>	<b>17</b>
<b>7 – CONCLUSÕES.....</b>	<b>23</b>
<b>8 – REFERÊNCIAS.....</b>	<b>26</b>

## 1 – INTRODUÇÃO

A importância dos estudos geomorfológicos e geológicos na região da bacia do rio Pomba no Norte-Fluminense se destacam, em função da área apresentar importantes aspectos relacionados à questão ambiental e econômica, visto que esta região constitui-se em uma importante base de produção agrícola e pecuária do estado do Rio de Janeiro, Toda essa dinâmica econômica vem contribuindo para a modificação dos variados tipos de ambientes na bacia, onde se podem incluir as lagoas, colinas, planaltos e serras.

Mais especificamente, o Norte-Noroeste Fluminense consiste numa vasta depressão interplanáltica, alternada com alinhamentos serranos escalonados e delimitada a sul, pelo planalto da Região Serrana e, a norte, pelo planalto Sul Capixaba e estende-se a oeste pela zona da mata mineira, com características um pouco similares. A leste, esse domínio é encerrado pela baixada Campista e os tabuleiros do grupo Barreiras. Esta região abrange a porção fluminense das bacias dos rios Pomba, Muriaé e Itabapoana, além do Paraíba do Sul, conforme descrito por Dantas et al. (2001).

Avaliando imagens de satélite da região norte-fluminense em questão, percebe-se um alinhamento paralelo do relevo em conjunto com o alinhamento hídrico no sentido de direção ao litoral. Em linhas gerais, o Norte-Noroeste Fluminense assemelha-se bastante com o Médio Vale do rio Paraíba do Sul, apresentando um extenso relevo colinoso, seccionado por frequentes alinhamentos serranos de direção estrutural bem definida, com maciços montanhosos, cujo cenário é também marcado por pastagens subaproveitadas (Mello et al. 2005; Baiense, 2011). A rede de drenagem nos mostra evidências sobre a orientação tectônica que se formou na região no decorrer do tempo geológico. Devido a esse fato, analisar a drenagem digitalmente pode ser uma das principais formas de se encontrar anomalias em locais remotos e não identificados ainda por outras pesquisas.

Quando examinadas detalhadamente, são observadas importantes anomalias na conformação destas bacias hidrográficas, relacionadas a trechos retilíneos ou com expressivas assimetrias de drenagem, inflexões abruptas e estrangulamentos do vale, feições reconhecidamente ligadas a regiões tectonicamente ativas (Bishop, 1995; Silva, 2011 e Ignácio 2017).

O objetivo principal deste trabalho foi a criação de cartas digitais sobre as anomalias, a partir da presença de tais desdobramentos citados anteriormente, esse trabalho utilizou métodos já embasados para analisar e mapear a topografia local, mostrando toda zona hidrográfica,

utilizando de dados topográficos com projeções em 3D e partindo da análise do relevo pode-se obter novas projeções identificando pontos novos de anomalias no cenário estudado, assim complementando o foco principal deste trabalho que iniciou-se na ideia de uma comparação entre a análise analógica da carta de Pádua realizada por Ignácio(2017) onde se identificou manualmente as anomalias de drenagem presentes na carta e as possíveis diferenças se fosse realizada uma busca digital pelas anomalias. O desenvolvimento desse método de trabalho poderá ajudar na contribuição dos estudos sobre a geomorfologia e a neotectônica na depressão topográfica não somente do rio Paraíba do Sul, mas de qualquer área a ser estudada futuramente a partir das análises das projeções gráficas digitais do relevo.

## 2 – AREA DE ESTUDO

Localizada na região Noroeste do estado do Rio de Janeiro na região sudeste do Brasil, a carta utilizada para o estudo abrange os municípios de Santo Antônio de Pádua, Aperibé e Itaocara na escala de 1:50000 (Figura 1).

### Mapa de Localização da Área de Estudo

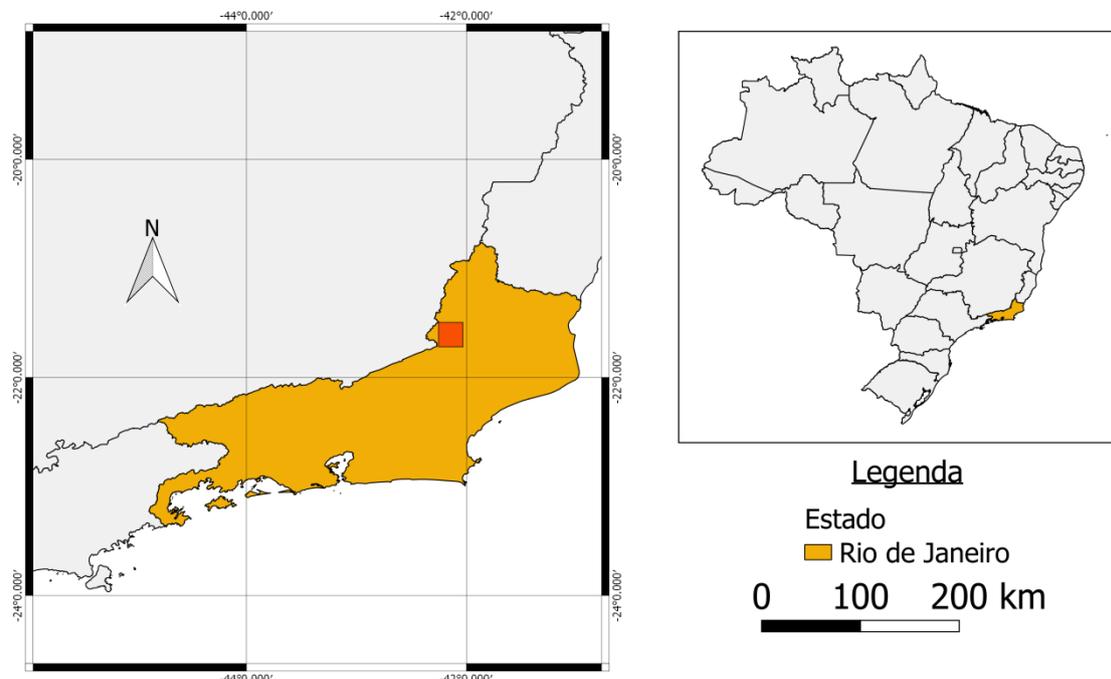


Figura 1: Localização da área de estudo, em destaque o estado do Rio de Janeiro e a área da carta trabalhada.

Fonte dos dados (<http://www.ibge.gov.br>) (Ignácio, 2017).

A bacia de drenagem do rio Pomba, está inserida na bacia do médio-baixo rio Paraíba do Sul. O rio Pomba tem sua cabeceira na serra da Mantiqueira, atravessa a área ao longo de aproximadamente 180 km com um desnível topográfico de cerca de 500 m, e desemboca no rio Paraíba do Sul próximo a Itaocara. Este rio apresenta uma configuração retilínea e orientação predominantemente no sentido geral Noroeste-Sudeste.

A depressão topográfica do rio Pomba (RJ/MG) é limitada ao norte pela serra da Mantiqueira e a sul pela Serra do Mar. Se destaca por constituir uma área com geometria romboédrica, segmentada por alinhamentos topográficos de orientação majoritariamente de sentido Nordeste-Sudeste e WNW-ESE (Baiense, 2011). As bacias de drenagem destes dois rios estão localizadas em contiguidade à porção final do Rifte do Paraíba do Sul, porém não possuem um registro sedimentar significativo. A existência de fraturamento afetando a cobertura sedimentar cenozoica e de marcantes feições lineares no relevo sugerem que a influência da tectônica atuante no mesozoico-cenozoico se estende também para essa região (Baiense 2011; Silva 2011 *apud* Ignácio 2017).

### **3 – SENSORIAMENTO REMOTO**

O Sensoriamento Remoto é definido como o conjunto de “*hardwares*” e “*softwares*” utilizados na coleta, transferência e tratamento de informações espectrais obtidas à distância, de alvos na superfície terrestre. Para Lillesland (1987), o Sensoriamento Remoto é a ciência de obter informações de um determinado objeto, área ou fenômeno através da análise dos dados adquiridos sem o contato direto com os objetos investigados. Já Novo (1989), define o Sensoriamento Remoto como sendo a utilização de modernos sensores, aeronaves, espaçonaves, com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através do registro e da análise das interações entre a Radiação Eletromagnética (REM) e as substâncias existentes na superfície terrestre em suas mais diversas manifestações.

A radiação após atravessar a atmosfera atinge alvos na superfície terrestre e interage com os mesmos. Como resultado dessa interação, a energia incidente é fracionada em três componentes, ou seja; parte é absorvida, parte é transmitida e parte é refletida de volta para o espaço (Figura 2). Além disso, os alvos também emitem pequenas quantidades de radiação eletromagnética resultante de reações físico-químicas que ocorrem ao nível atômico e molecular de cada alvo. Assim, é possível analisar as condições dos alvos na superfície terrestre

com o emprego de sensores que captam a radiação refletida ou emitida por eles (Quintanilha, 1995).

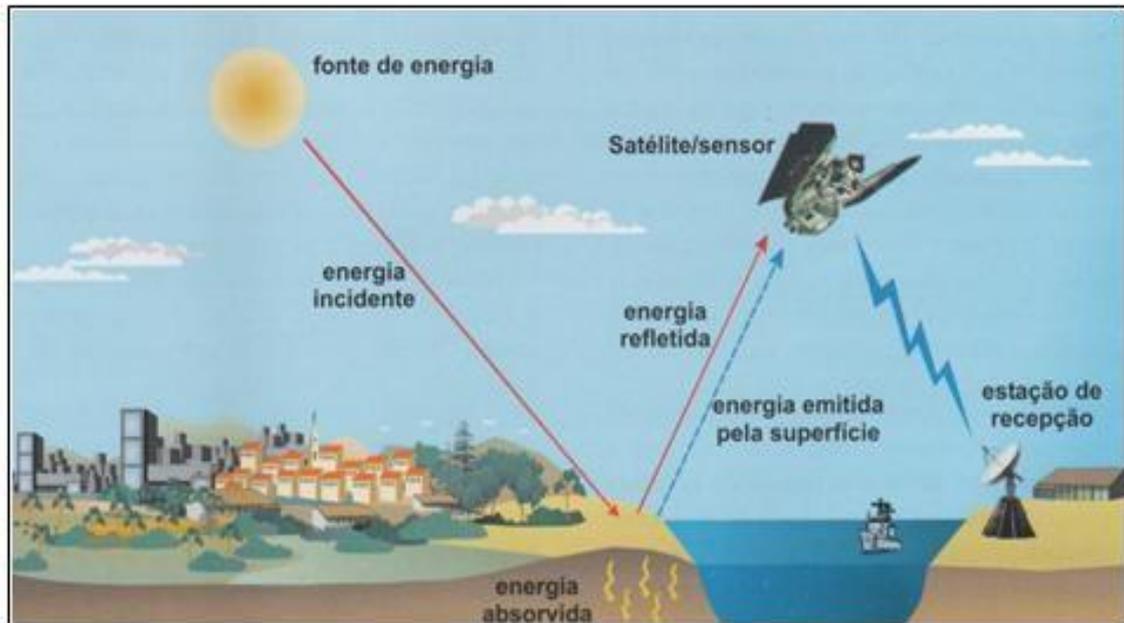


Figura 2: Obtenção de imagens por Sensoriamento Remoto. Fonte: Florenzano (2002), p.9.

Outra classe de propriedades muito importante no Sensoriamento Remoto são os três tipos de resolução que podem ser classificadas como:

Espectral, que possibilita o estudo e caracterização do comportamento espectral/físico dos diferentes objetos encontrados na superfície;

Espacial, onde é utilizada para determinar a menor distância entre dois objetos que o sensor seja capaz de identificar como diferentes entre si;

Radiométrica, que define-se pela sensibilidade do sensor, ou seja, detecta a variação da energia (Radiação Eletromagnética) em gradações de níveis de cinza, e por último; Temporal, que se refere à frequência na passagem do satélite sobre uma mesma área para captar mudanças no terreno. (Simonett, 1983).

### 3.1 – SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG)

Entre as diversas geotecnologias disponíveis no mercado, para manipulação de dados espaciais, fora utilizado o software *QuantumGis* (QGIS). O *QuantumGis* é um software gratuito, licenciado pela *General Public License* e baseado em um banco de dados aberto sobre

SIGs (Sistema de Informações Geográficas) (CRPM, 2001). A interface do software é simples e de fácil manuseio, o programa oferta várias ferramentas que possibilitam visualizar, gerenciar, editar, analisar os dados e compor mapas impressos, obter impressão com determinadas *screenshots* e compor uma lista de recursos com funções mais detalhadas.

Os variados níveis de coleta de dados espectrais dos alvos da superfície terrestre podem ser adquiridos através de três níveis de sensoriamento: terrestres, sub-orbitais e orbitais. No nível terrestre, os sensores podem ser instalados em mastros de barcos, em torres dentro dos laboratórios, topos de prédios, alto de colinas e morros ou fixados em boias, no nível sub-orbital são utilizadas aeronaves e drones como plataforma da coleta destes dados, enquanto no nível orbital, são instalados em balões meteorológicos, satélites não tripulados ou até mesmo em estações espaciais (neste caso para pesquisas mais específicas) (Novo, 1998).

Porém a escolha do sensor a ser utilizado para coleta de informações espectrais vai depender de alguns fatores como: objetivos da pesquisa, tamanho da área a ser estudada, disponibilidade de equipamentos sensores e do custo e da precisão dos resultados que pretendem que sejam obtidos.

Os SIG's têm superado o problema da manipulação de grandes volumes de dados que os métodos convencionais não resolveram, Segundo Novo (1998), o objetivo principal de um SIG é o de combinar e realçar dados de mapas temáticos, de imagens de satélite (Modelos de elevação), de aerolevantamentos no geral, e obter mapeamentos que forneçam subsídios para tarefas como: monitoramento dos recursos ambientais, geração automática de mapas cartográficos, cadastramento rural e urbano, entre outros.

### **3.2 – MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO**

O conhecimento e o mapeamento do uso da terra é fundamental para o entendimento dos processos de mudanças globais, especialmente em regiões de grande extensão que podem demandar muito tempo e custo. Por este motivo as técnicas de topografia digitais aliadas aos SIG's constituem partes de elementos indispensáveis ao planejamento das atividades agropecuaristas, na elaboração de projetos de engenharia, no levantamento e conservação de solos, nos mapeamentos temporais, na discriminação do uso e ocupação da terra, além de vários outros serviços e recursos para auxiliar no desenvolvimento regional/nacional etc. (Quintanilha, 1995).

A Interferometria por Radar é uma técnica de imageamento ativa do terreno, onde o radar emite o sinal eletromagnético através de uma antena central e registra as características do retorno deste sinal após reflexão no solo. Então, esse retorno é capturado em duas outras antenas que ficam alocadas a uma certa distância uma da outra, as quais são comparadas as frequências recebidas de volta entre si gerando o modelo digital de elevação (Melgaço *et al*, 2005) (Figura 3).

Resumidamente um modelo digital de elevação poderia ser descrito como uma grade de varredura do solo regularmente espaçada, referenciada a um ponto de referência vertical comum, onde ao filtrar os pontos fora do solo, como pontes e estradas, se obtém um modelo de elevação digital suave. Ao anular a vegetação e estruturas feitas pelo homem de dados de elevação, o resultado final é um MDE. Um modelo liso, de elevação de terra sem vegetação nem obstáculos que é particularmente útil em variados campos de estudo. (Figura 4).

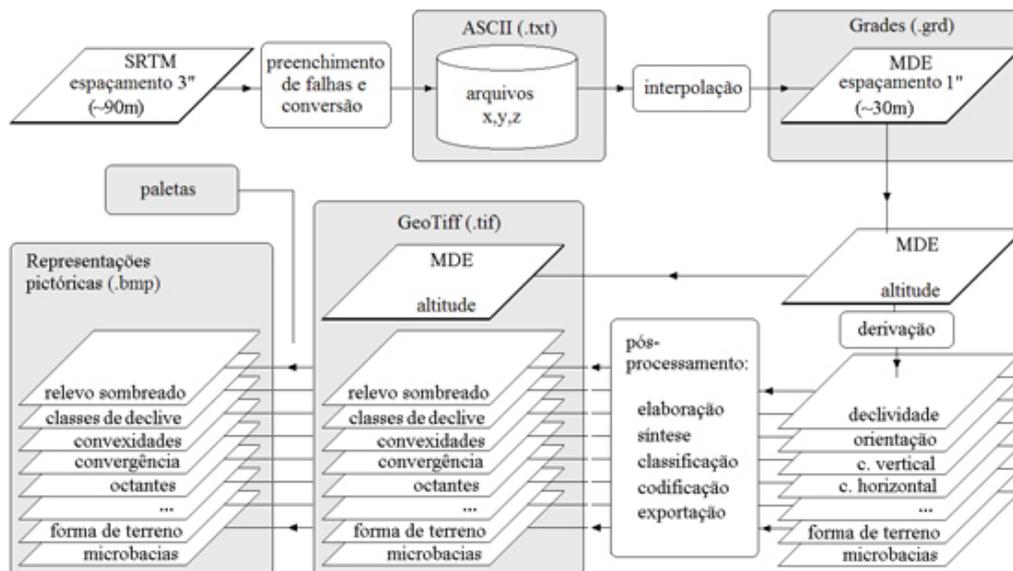


Figura 3: Como funciona as camadas de um MDE (fonte dos dados:

<http://www.dsr.inpe.br/topodata/dados.php>)

A partir dos modelos pode-se calcular diretamente volumes, áreas, desenhar perfis e secções transversais, gerar imagens sombreadas ou em níveis de cinza, gerar mapas de declividade, aspecto e hipsométrico, gerar fatiamentos nos intervalos desejados e perspectivas tridimensionais. Além dos modelos diretamente resultantes do processamento das informações obtidas pelos diferentes sensores remotos, há também MDE derivados destes. É o caso do

modelo resultante do Projeto TOPODATA, do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), gerado através de processamentos digitais do MDE do SRTM.

Os dados do TOPODATA antes da distribuição geralmente apresentam falhas devido a vegetação e outros objetos presentes na superfície que potencialmente atrapalharam na captação dos dados, e por isso sofreram correções computacionais para melhor projeção, incluindo informações em pontos/áreas anteriormente com ausência de dados. A grade retangular do mapeamento original do SRTM da América do Sul encontra-se com resolução de 30 metros por pixel, até hoje nenhuma informação foi fornecida quanto à redução da densidade de pontos obtidos (a diminuição da qualidade de resolução) dessa grade para próximo dos 92 metros em partes específicas da região sudeste do Brasil (Nóbrega et al, 2005).

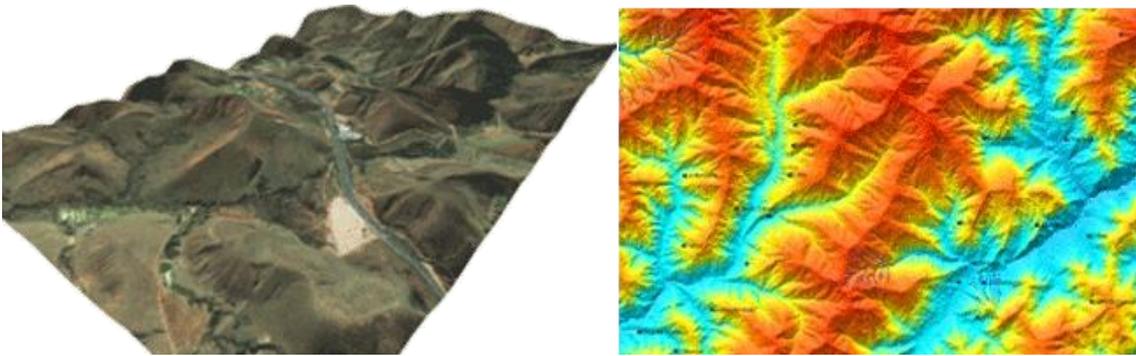


Figura 4: Representação gráfica de um modelo digital de elevação ao lado de uma projeção 3D. (fonte dos dados: [http://www.novaterrageo.com.br/wp-content/uploads/2012/05/Exemplo\\_MDS\\_3.png](http://www.novaterrageo.com.br/wp-content/uploads/2012/05/Exemplo_MDS_3.png))

#### 4 –MORFOTECTÔNICA E O SISTEMA DE DRENAGEM REGIONAL

O termo morfotectônica, deve ser utilizado quando a elaboração das formas ou paisagens se processa sob o controle tectônico ativo. A morfotectônica pode ser entendida como uma metodologia geomorfológica desenvolvida para a identificação de movimentos neotectônicos (Summerfield, 1987 *apud* Silva, 2011). Como a morfotectônica se refere ao relacionamento entre tectônica e formas e feições geomorfológicas por ela controladas, pesquisas com esse escopo buscam entender os controles tectônicos a que a paisagem está submetida, usando evidências morfológicas para a identificação de locais de ocorrência e de padrões dessas atividades tectônicas.

Os estudos de morfotectônica vêm sendo feito no Sudeste do Brasil de acordo com Mendes *et al.* (2007) *apud* Ignácio (2017), num intuito de se obter uma melhor descrição sobre a configuração morfoestrutural e morfotectônica afim de compreensão sobre a evolução do relevo e as suas relações sob o aspecto de distribuição e gestão de recursos minerais, hídricos e de uso e ocupação do solo.

Os dados de Silva (2011 *apud* Ignácio, 2017) demonstram um controle litológico sobre o Rio Paraíba do Sul, provocando uma assimetria marcante na drenagem da bacia, justificam um estudo morfotectônico na área do presente trabalho, pois tal se encontra dentro da bacia do Paraíba (Figura 5).

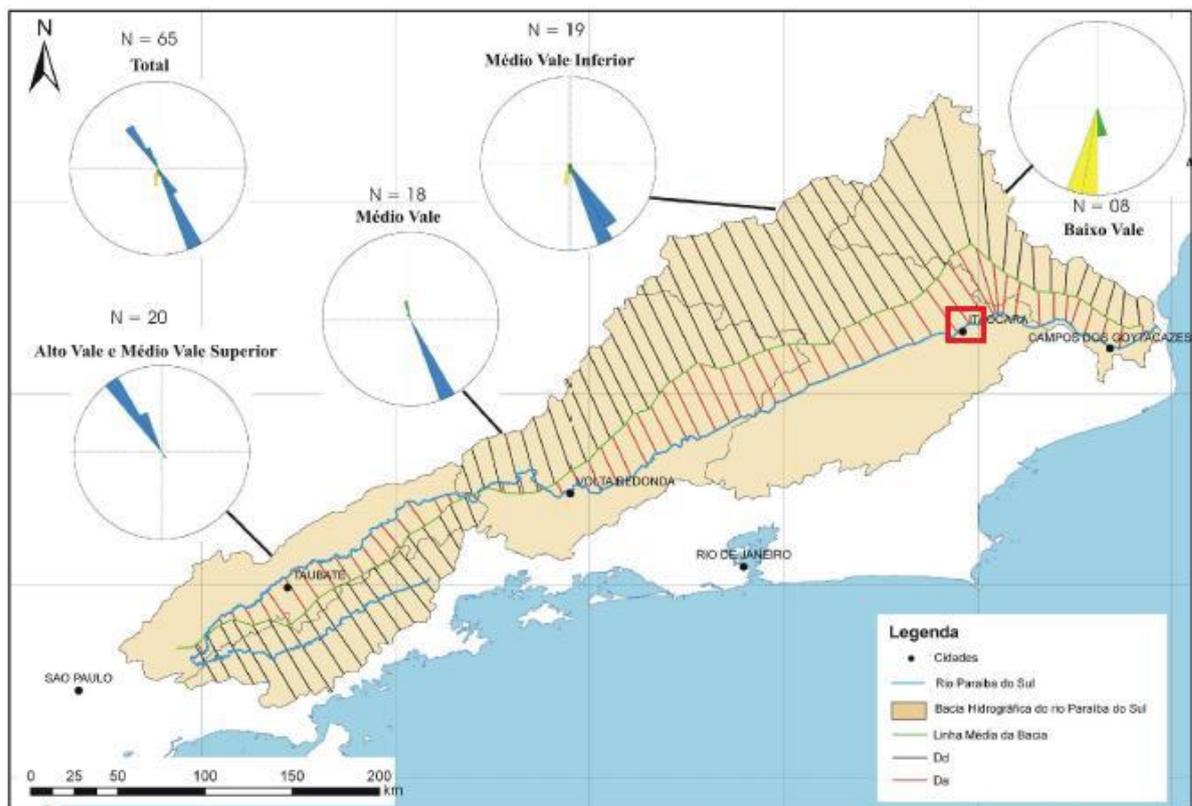


Figura 5: Fonte dos dados - retirado de Silva (2011 *apud* Ignácio, 2017). Mapa da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, destacando os segmentos utilizados para o cálculo da assimetria topográfica transversa ( $Dd$  – distâncias entre as linhas médias das bacias de drenagem e seus divisores; e  $Da$  - distâncias entre as linhas médias das bacias de drenagem e seus canais principais) em seus diferentes setores. Destaque em vermelho para a área de estudo do presente trabalho.

Canais colineares com divisores planos são identificados por linhas de drenagem com mesma orientação, mas sentidos de escoamento basicamente opostos. O sentido de fluxos mais novos e mais antigos aparenta uma observação um pouco mais complicada, pois não há uma

mudança abrupta de direção, como no caso dos cotovelos, sendo assim, indica-se a área de maior gradiente topográfica ou estrangulamento dos vales, como visto por Bishop (1995) e Mello (2005) (Figura 6), que, devido ao fato de haver maior poder erosivo, marca o sentido mais recente da orientação da drenagem.

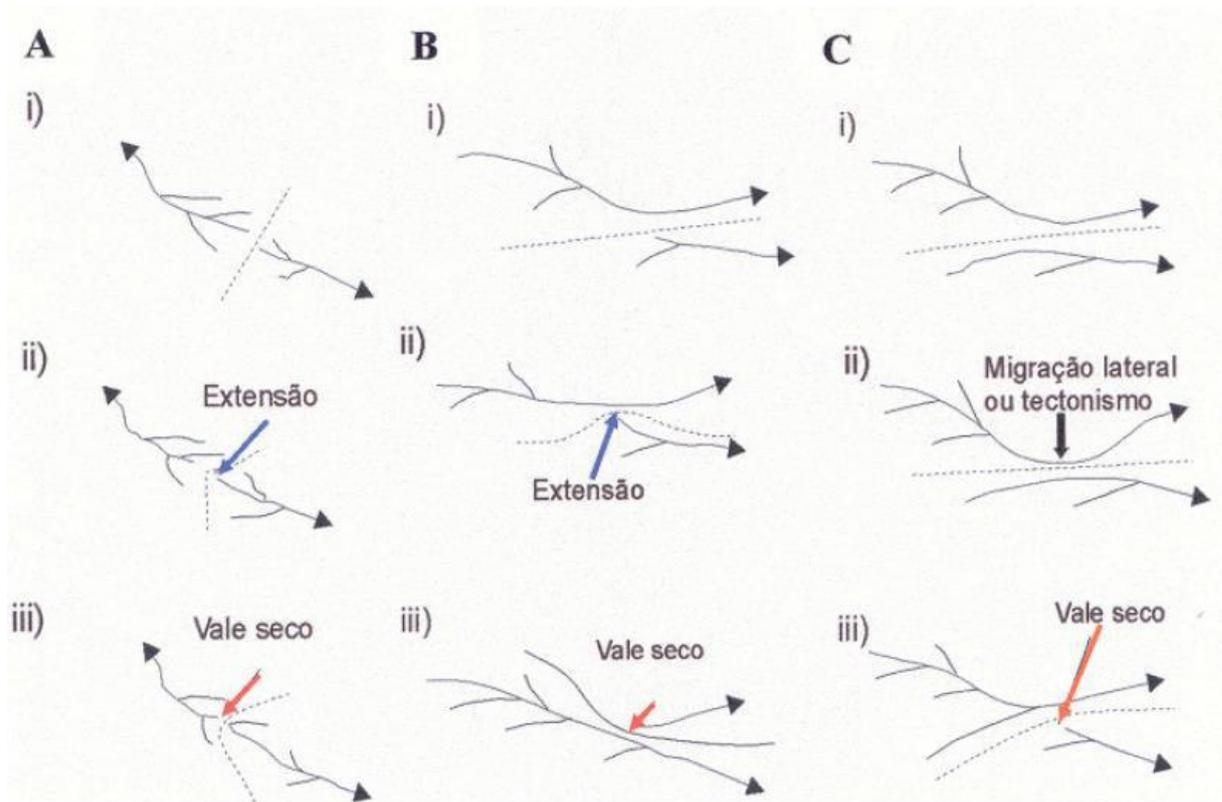


Figura 6: Formas de rearranjo de drenagem através de captura vistas em planta. A linha tracejada é o divisor da drenagem. (A) capturas por extensão da cabeceira, (B) e (C) capturas através de invasão lateral de uma bacia de drenagem adjacente, ou através de extensão de cabeceira de um tributário (B) ou migração lateral de um rio para capturar um tributário adjacente (C). Em todas as situações espera-se rejuvenescimento de cabeceira do rio capturado no ponto de captura ou a montante deste. Modificado de Bishop (1995), retirado de Silva et al. (2006).

De acordo com Ignácio (2017), drenagem não colineares com divisores planos podem evidenciar uma captura de uma drenagem pela outra, resultando a criação entre elas de um vale seco (que pode ser considerado ou não uma anomalia de drenagem a depender da proporção entre dois canais), provocado pelo aumento erosivo de um em relação ao outro, capturando assim, a linha de drenagem antiga. Capturas de drenagem com cotovelos associados a divisores planos geralmente apresentam um sentido ortogonal ao caminho antigo da drenagem, formando um vale seco como resultado a depender do terreno.

Nesses casos teoricamente o sentido da orientação seria mais fácil de ser observado, pois há mudança abrupta na direção do escoamento, evidenciando um aumento erosivo visível no sentido da linha do antigo canal. Essas anomalias podem ser identificadas e encontradas pela observação de linhas de drenagem sem uma separação por curva de nível entre elas, ou seja, por divisores planos presentes no mesmo nível de altitude sem uma definição exata de localização do interflúvio entre elas, podendo ocorrer à presença de pequenos e médios lagos nessas localidades.

## 5 – MÉTODO E TÉCNICAS

Como previamente já citado, o objetivo principal deste trabalho foi criar uma comparação entre a análise analógica realizada por Ignácio (2017) e o modelo de elevação digital da carta de Pádua sobre as anomalias de drenagem reconhecidas. O desenvolvimento desse método de trabalho poderá ajudar na contribuição dos estudos sobre a geomorfologia e a neotectônica na depressão topográfica não somente do rio Paraíba do Sul, mas de qualquer área a ser estudada futuramente a partir das análises das projeções gráficas digitais do relevo.

Assim fora confeccionado um mapa hipsométrico digital em alto contraste com base no Modelo Digital de Elevação SRTM/NASA (*Shuttle Radar Topography Mission*), com resolução espacial de 90 metros (USGS, 2018). Para o processamento do MDE, foi utilizado o programa *QuantumGis 2.18*, que permitiu a delimitação das principais faixas altimétricas a partir da extração do contorno do raster da camada, destacando assim os principais compartimentos topográficos da região.

As anomalias foram identificadas na carta digital a partir da identificação de divisores de drenagem planos e pela orientação das drenagens de 1ª ordem. Foram classificados como canais colineares com divisores planos; canais não colineares com divisor plano; canais com presença de cotovelos, associados a divisores planos ou rebaixados, reconhecidos em curvas de nível na projeção digital em escala 1:50.000 seguindo a metodologia de Mello (1995 e 1999), Castro (2004) e a aplicada por Ignácio (2017), com base na teoria de estudos morfotectônicos de reconhecimento de feições geomorfológicas a partir da análise da drenagem, evidenciando um sentido hídrico da paisagem local.

Para chegar a essas conclusões foram necessários os seguintes passos:

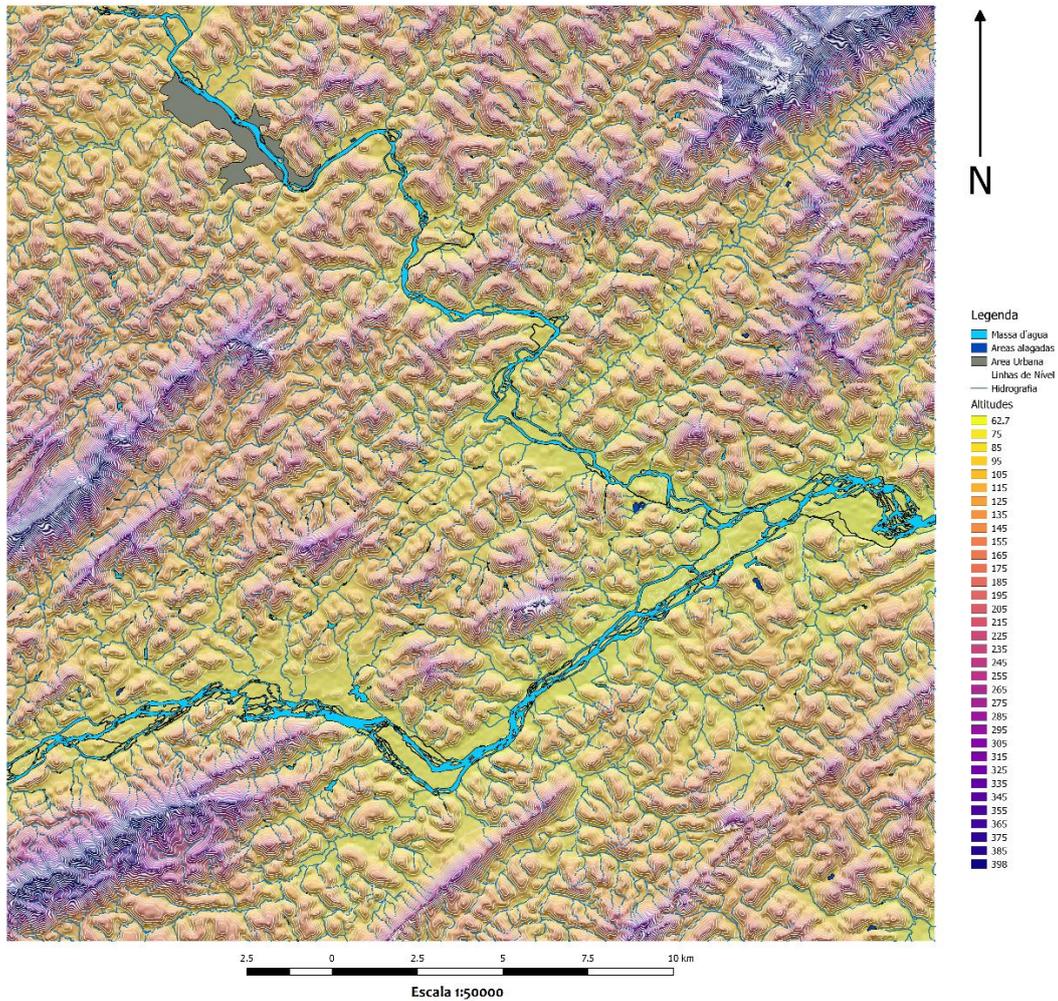
- Identificação e mapeamento das anomalias da rede de drenagem, em escala 1:50.000, com base no reconhecimento de divisores de drenagens planos;
- Classificação das anomalias da rede de drenagem em função do sentido de escoamento.

A classificação digital e a criação de todos os modelos presentes neste trabalho foi realizada a partir da comparação do MDE com dados SIG do sistema nacional de imagens (utilizando relevo recolhido pela série LANDSAT de satélites em conjunto com o programa TOPODATA do INPE). Ao mesmo tempo foram formadas comparações feitas com os dados baseados no MDE do sistema SRTM/NASA e com a carta analógica da região para melhor precisão do georeferenciamento das anomalias.

Os dados do SRTM estão disponíveis gratuitamente no banco de dados da *United States Geological Survey* (USGS) com resolução espacial das imagens com aproximadamente 92 metros (USGS, 2018).

## **6 – RESULTADOS**

Pelo fato de a área de estudo incluir variações de altitude que alcançam em torno de 420 metros, optou-se por iniciar as análises pela confecção de um mapa hipsométrico (Figura 7), com o intuito de reconhecer e organizar espacialmente essas grandes diferenças de altitudes e ressaltar as áreas topograficamente deprimidas, mais favoráveis à preservação do registro sedimentar e a formação de canais de drenagem. A observação desse tipo de característica a partir da carta topográfica digital foi relativamente mais rápida do que na carta analógica. Elas deixam marcas de fácil identificação na projeção digital, como a presença de vales secos e mudança de direção abrupta, no caso dos cotovelos que é facilmente identificadas quando o terreno 3D está com a hidrografia sobreposta e já devidamente colorido com cores em alto contraste.

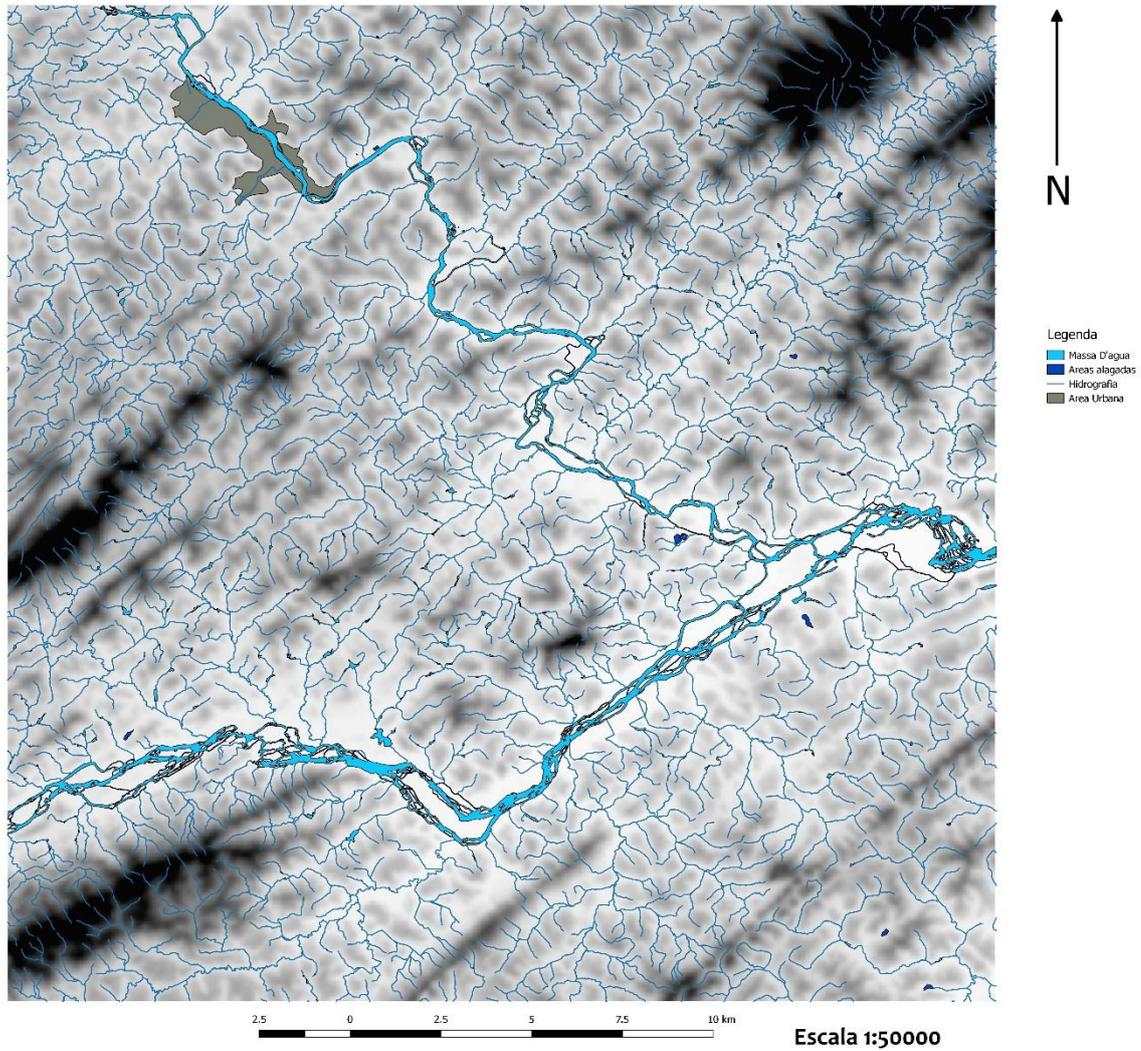


*Figura 7 – Projeção digital hipsométrica final da carta de Santo Antônio de Pádua com o hillshade, hidrografia, e escala de altitude.*

## 6.1 – PRODUTOS DO MAPEAMENTO DIGITAL

Para demonstrar o processo desde o início, neste subcapítulo está presente todas as figuras do passo a passo feito e as partes da análise, sendo assim, primeiramente fora obtido e recortado o raster do relevo sombreado da carta utilizando as coordenadas exatas para maior precisão e exatidão, respeitando os limites demonstrados na carta analógica de papel.

Logo em seguida fora recortados os shapes da hidrografia do Estado do Rio de Janeiro, o de áreas urbanas, Massas d'água e pontos alagados como demonstra a figura abaixo (Figura 8).



*Figura 8: Raster sem tratamento do relevo sombreado com shapes da hidrografia, área urbana e massas d'água já nas devidas proporções.*

Logo em seguida foi adicionado e recortado devidamente, em uma camada por trás, o raster do MDE de declividade com 50% de transparência para melhorar o entendimento do relevo (Figura 9):

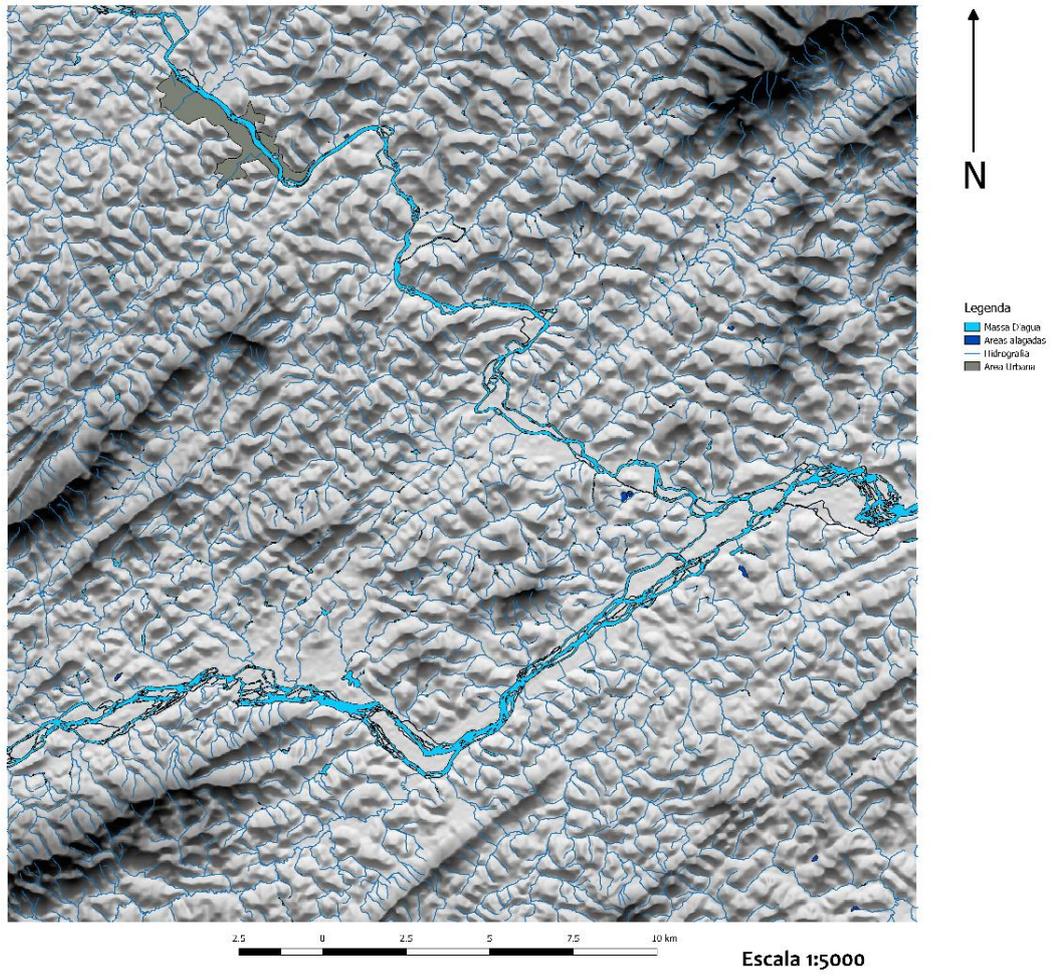


Figura 9: Hillshade em 315° adicionado para melhor visualização da modelagem 3D do terreno.

Em seguida o raster de declividade também fora adicionado já trabalhado também com cores contrastantes para melhor entendimento da imagem (Figura 10).

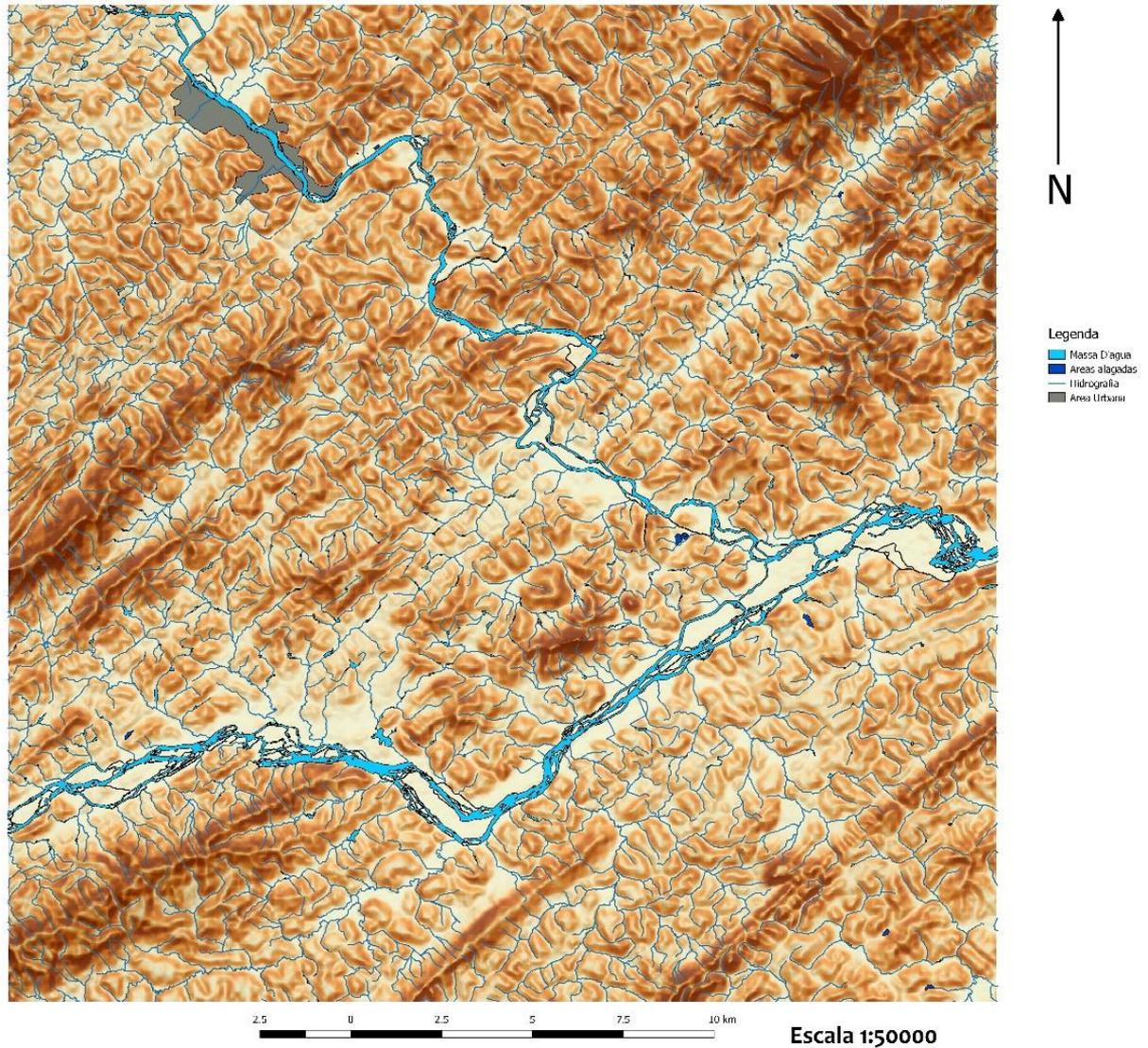
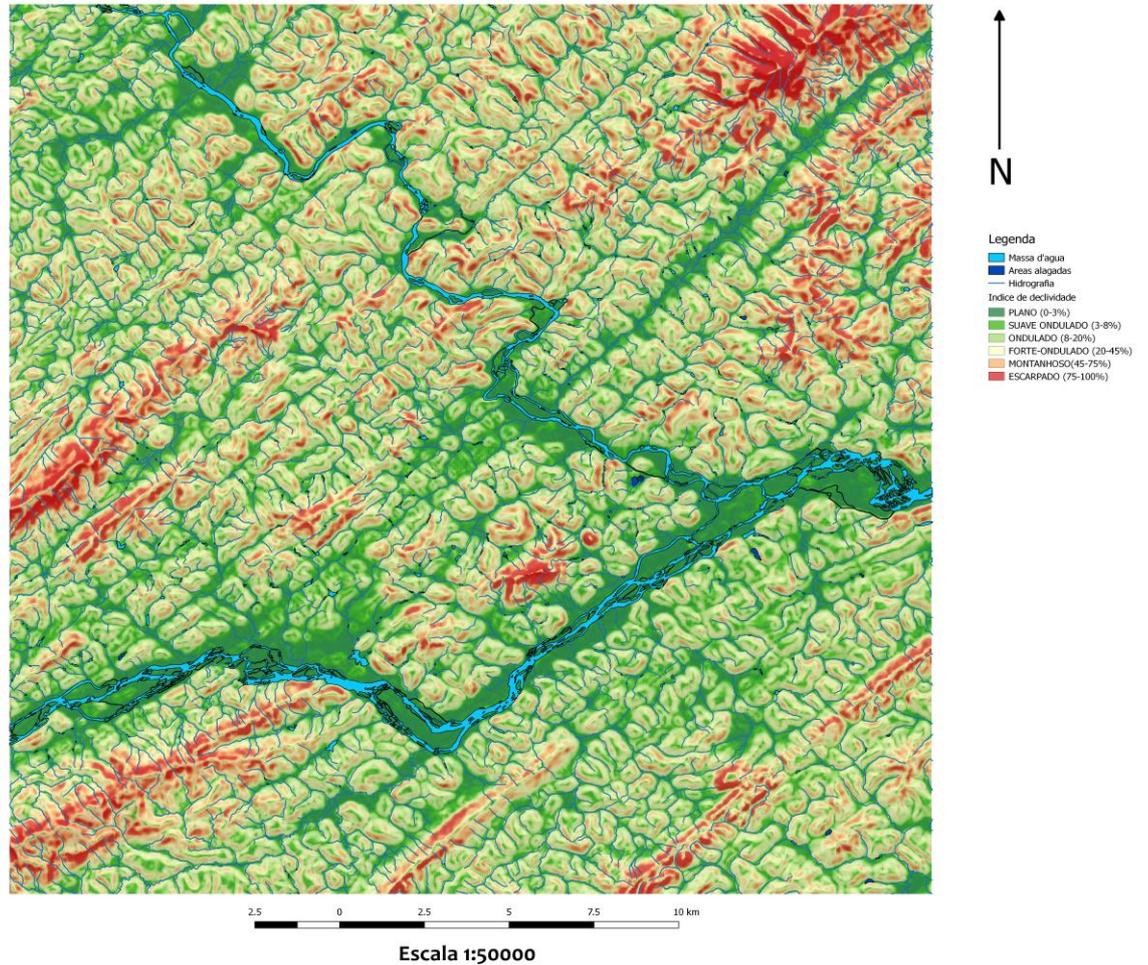


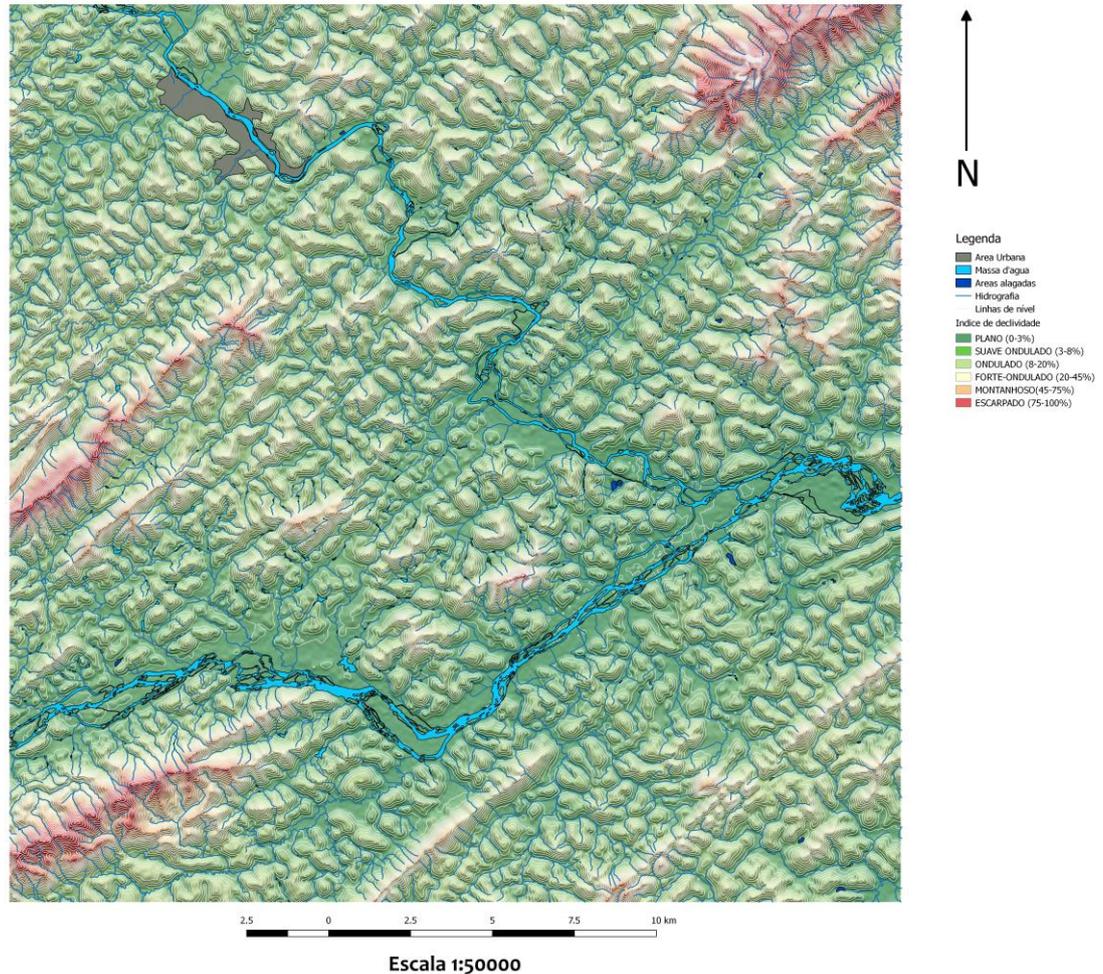
Figura 10: Raster de declividade trabalhado com cores âmbar para amarelo.

Em seguida fora alterado o raster de declividade que é basicamente o núcleo da metodologia de análise das anomalias, sendo assim seguindo a tabela padronizada da Embrapa (1999) para classificação de declividade dos solos baseados nos intervalos em porcentagem propostos pela instituição que são: 0 – 3% (plano), 3 – 8% (suave ondulado), 8 – 13% (moderadamente ondulado), 13 – 20% (ondulado), 20 – 45% (forte ondulado), e maior que 45% (montanhoso). Esses intervalos são definidos pela instituição conforme o grau de limitação de uso do solo em função da susceptibilidade a erosão (Figura 11).



*Figura 11: Raster de declividade trabalhado nas cores e na tabela de inclinação conforme padrão da EMBRAPA (1999).*

Após isso foram retirados o contorno da topografia em duas etapas (primeiro de 10 em 10 metros e em seguida de 20 em 20 metros) e foram aplicadas cores em alto contraste no recorte sobre o *hillshade* com o raster de declividade sobre transparência (Figura 12).



*Figura 12: Raster de declividade com o hillshade (relevo sombreado) e linhas de nível de 20 em 20 metros aplicado ao fundo conforme EMBRAPA (1999).*

Após a preparação dos shapes e rasters e a aplicação de cores em alto contraste (Figura 8) procedeu-se para a análise das anomalias através da hidrografia em cima do mapa de declividade.

## 6.2 – COMPARAÇÕES COM OS RESULTADOS ANALÓGICOS

Antes da coleta dos dados, fora criado o shape dos pontos anômalos detectados na carta analógica de maneira visual por Ignácio (2017) (Figura 13) a fim de se ter uma base para comparação entre os dois métodos de análise (Figura 14):



Em comparação com a projeção digital dos pontos encontrados por Ignácio (2017) (Figura 14) onde foram marcados os pontos com a maior precisão das coordenadas possível:

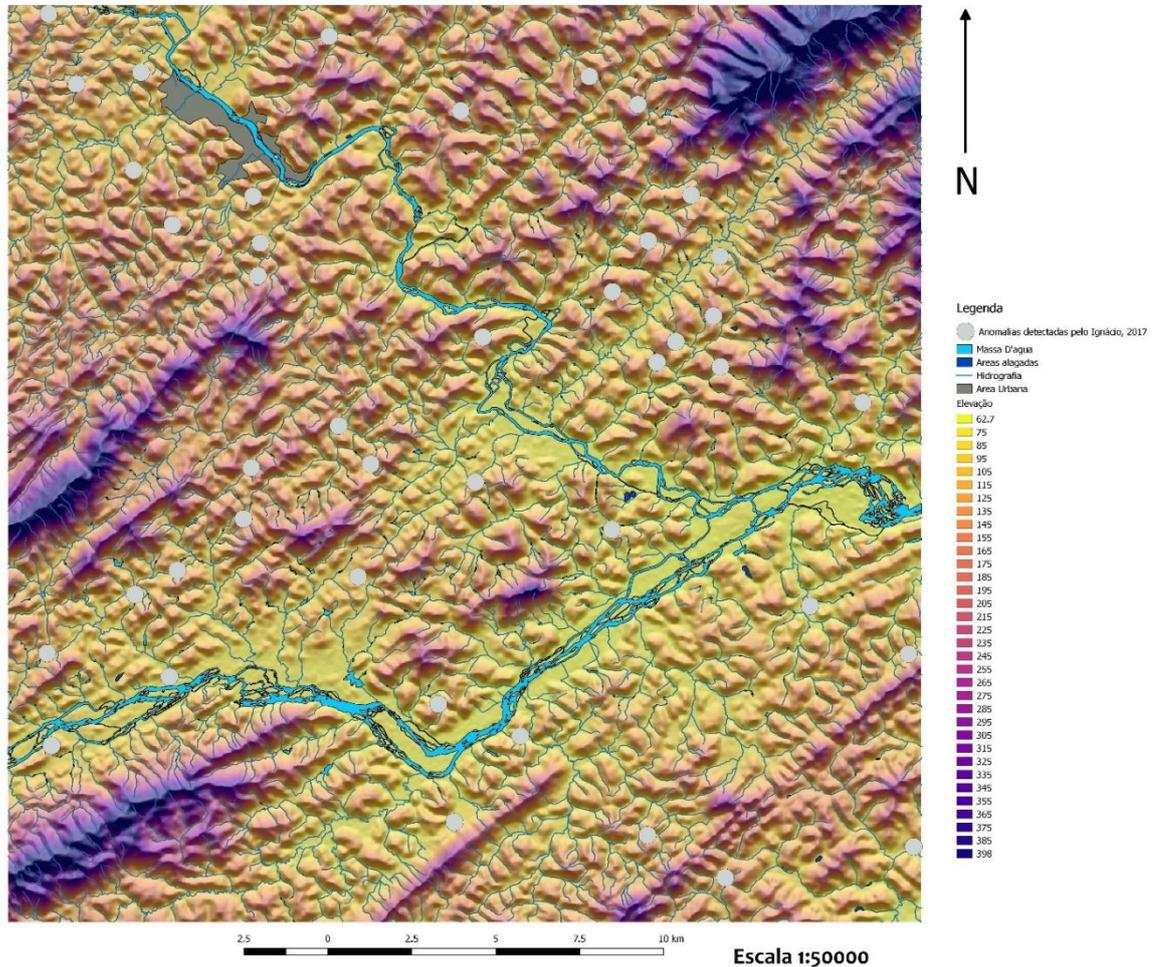
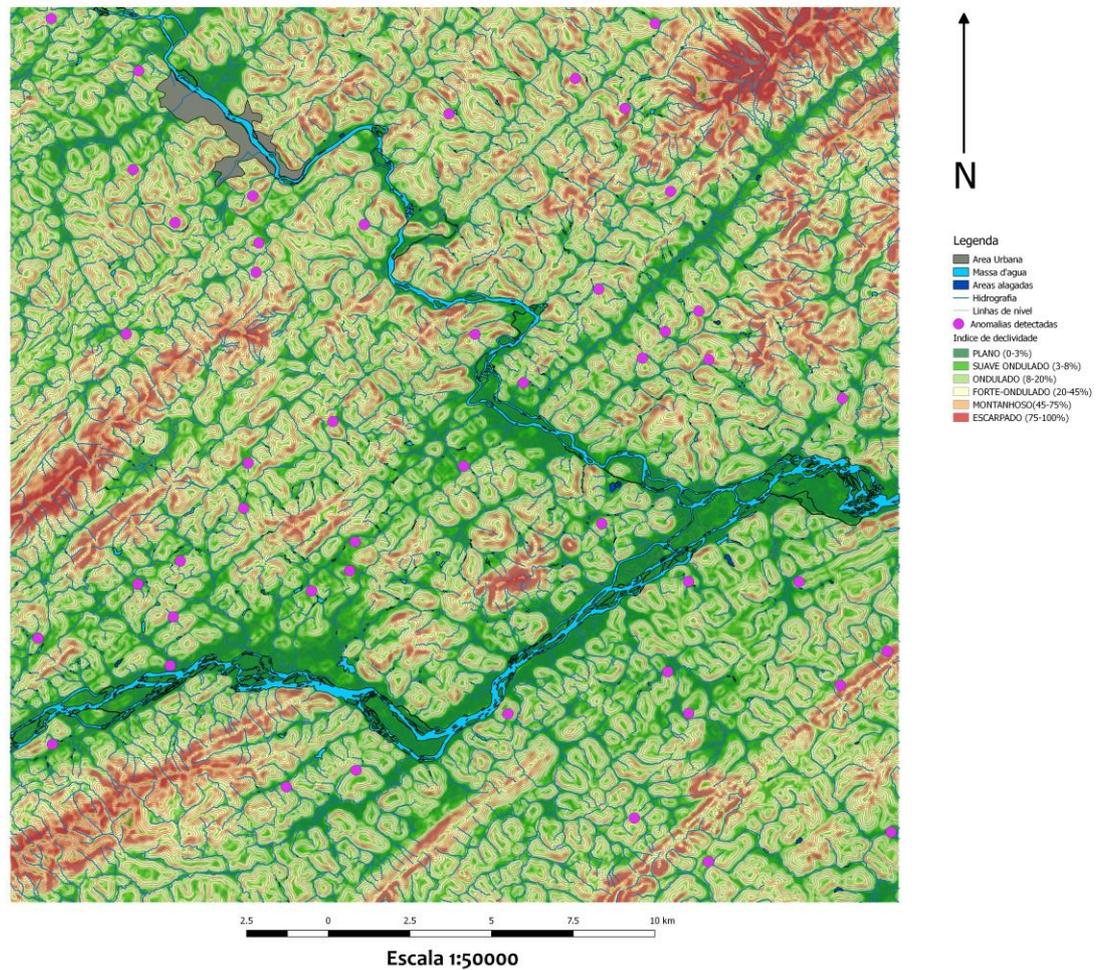


Figura 14: Projeção virtual das 42 anomalias de drenagem reconhecidas por Ignácio (2017).

Em seguida foi feita a coleta com o mapa de declividade e a criação do shape das anomalias encontradas (Figura 15):



*Figura 15: Projeção virtual das 48 anomalias de drenagem reconhecidas neste trabalho sobre mapa de declividade.*

No detalhe, a detecção e identificação dos pontos anômalos através da projeção, (Figura 16) um trecho da drenagem com a marcação de algumas anomalias encontradas. Após a coleta fora comparado os dados e pode-se constatar a discrepância de alguns pontos por Ignácio (2017), onde a detecção diferenciou por ter sido feita em uma carta antiga e com hidrografia não tão detalhada quanto o shape sobre o terreno digital (Figura 17):

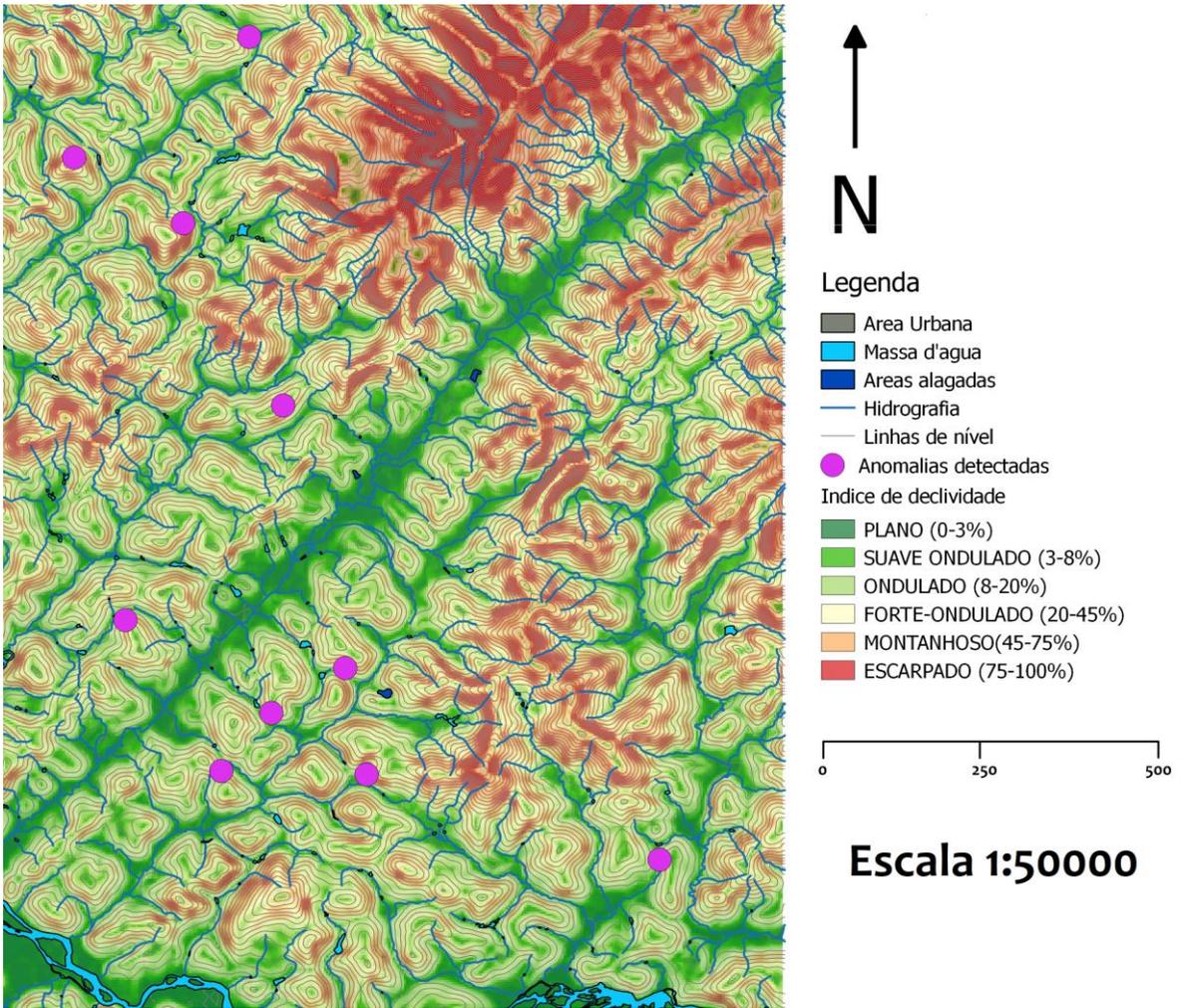
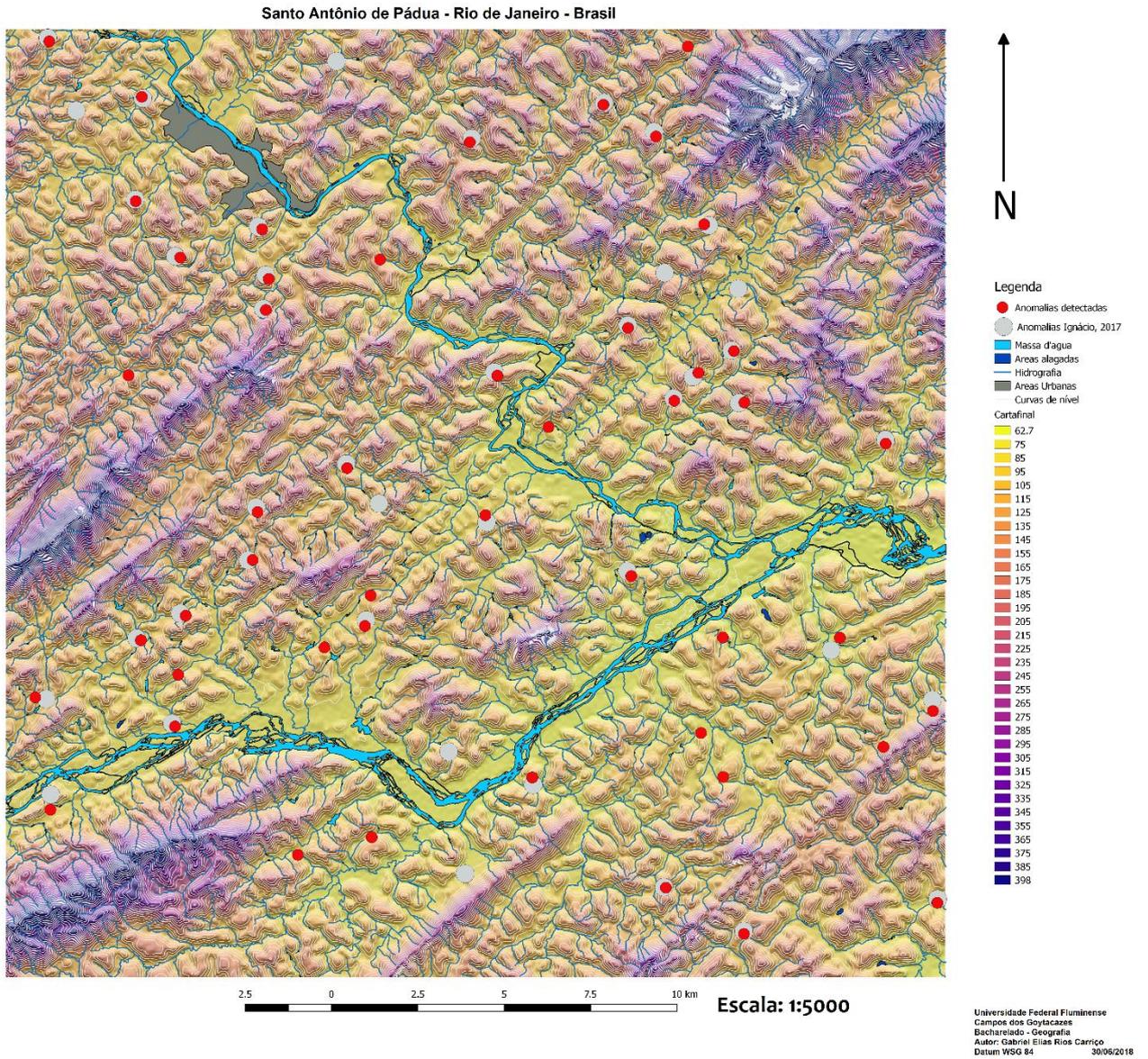


Figura 16: Detalhe do processo de detecção com o relevo em alto contraste e alguns pontos já devidamente marcados.



Figura 17: Detalhe de algumas discrepâncias entre pontos marcados por Ignácio (2017) e a coleta atual.

Por último, foi finalizado o shape das anomalias de drenagem após a detecção na carta e concluído o processo de criação do mapa final (Figura 18), sendo então contabilizadas conforme as Tabelas 1 e 2.



*Figura 18: Resultado final da detecção de anomalias na carta topográfica de Pádua.*

Tabela 1:

Tipo de Anomalia	Número de anomalias encontradas	Porcentagem %
Colineares com divisores planos	13	27,08
Não colineares com divisor plano	15	31,25
Cotovelos associados a divisores planos	20	41,62
<b>Total</b>	<b>48</b>	<b>100%</b>

*Tabela 1: Quantificação, número e porcentagem de anomalias encontradas na coleta digital de dados.*

Tabela 2:

Tipo de Anomalia	Número de anomalias encontradas	Porcentagem %
Colineares com divisores planos	12	28,6%
Não colineares com divisor plano	12	28,6%
Cotovelos associados a divisores planos	18	42,8%
Total	42	100%

*Tabela 2: Tabela retirada de Ignácio (2017) onde estão quantificados os resultados provenientes da coleta analógica*

## 7 – CONCLUSÕES

O uso do Sistema de Informações Geográficas (SIG) proporcionou uma rápida e eficiente elaboração deste trabalho de pesquisa. A partir da análise digital da carta, foram identificadas 48 feições de anomalia (Tabela 1), seis feições a mais em comparação com Ignácio (2017) que catalogou na mesma carta apenas 42 feições (Tabela 2), houve também a discrepância na identificação entre os dados de anomalias previamente obtidos na carta analógica, pois no modelo digital de elevação a hidrografia da região é atualizada (IBGE, 2015)

em relação a carta analógica (datada do ano de 1974), sendo então desconsideradas no resultado final por não apresentarem uma anomalia visível no modelo digital.

Pelo fato de a área de estudo incluir variações de altitude que alcançam em torno de 420 metros, optou-se por iniciar as análises pela confecção de um mapa hipsométrico (Figura 7), com o intuito de reconhecer e organizar espacialmente essas grandes diferenças de altitudes e ressaltar as áreas topograficamente deprimidas, mais favoráveis à preservação do registro sedimentar e a formação de canais de drenagem. A observação desse tipo de característica a partir da carta topográfica digital foi relativamente mais rápida do que na carta analógica. Elas deixam marcas de fácil identificação na projeção digital, como a presença de vales secos e mudança de direção abrupta, no caso dos cotovelos que é facilmente identificadas quando o terreno 3D está com a hidrografia sobreposta ao raster de declividade (Figura 9 e Figura 10) e já devidamente colorido com cores em alto contraste. Desta forma, o tempo gasto para analisar toda área da carta foi reduzido o que proporcionou maior liberdade para fazer uma checagem mais intrínseca da mesma, melhorando a precisão da coleta.

Como resultado final, com a seguinte classificação de acordo com Castro (2004) pode-se classificar: canais colineares com divisores planos; canais não colineares com divisor plano; canais com presença de cotovelos, associados a divisores planos. Mapeando 48 anomalias de drenagem ao todo através do modelo digital, e em seguida quantificadas em três grupos:

- Canais colineares com divisores planos onde ocorreram em 13 casos.
- Canais não colineares com divisor plano, onde se obteve 15 ocorrências.
- E cotovelos associados a divisores planos, com 20 casos, no caso fora percebido que esta feição de anomalia de drenagem é a mais comum na carta.

No total foram quantificadas 6 anomalias a mais do que as 42 quantificadas por Ignácio (2017) do escoamento das linhas de drenagem, reforçando a neotectônica local no sentido NE-SW, a análise conseguiu detectar um padrão de escoamento com o shape da drenagem atualizado, mesmo sendo este método de análise algo ainda muito recente. Outro ponto é a necessidade de aprimoramentos pois o potencial do *software QuantumGis* para o desenvolvimento do geoprocessamento é grande e ainda há a possibilidade de se criar componentes que façam esta análise através da programação de *add-ons* automáticos (ferramentas auxiliares) para o programa partindo do agrupamento de dados coletados com o

tempo. A comparação indica que esse método digital não difere muito de uma coleta analógica apesar do ganho de tempo e de conseguir diferenciar anomalias que não estão mais presentes na projeção antiga da hidrografia. Contudo, o objetivo geral do trabalho foi alcançado e a quantificação por via digital conseguiu ser produzida gerando uma nova visão sobre a rede de drenagem local, podendo servir para processamento posterior.

## 8 – REFERÊNCIAS

- BAIENSE, M. C. Condicionantes geológicos da configuração do relevo na Depressão dos rios Pomba e Muriaé (RJ/MG). Rio de Janeiro, 74 p. (Trabalho Final de Curso (Geologia)) - Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2011.
- BISHOP, PAUL. Drainage Rearrangement by River Capture, Beheading and Diversion. In: Progress in Physical Geography. 19(4). p.449-473. 1995.
- CASTRO, Alexander Jacinto de; MELLO, Cláudio Limeira; SILVA, Thiago Pinto da. Investigação morfotectônica a partir de anomalias de drenagem em um setor dos Alinhamentos de Cristas do rio Paraíba do Sul, Juiz de Fora. MG. 2004.
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Geologia do Estado do Rio de Janeiro. Brasília. 2001.
- EMBRAPA – CPNS. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília. 1999.
- HOWARD, A.D. Drainage Analysis in Geologic Interpretation: a Summation. Bull. Am. Ass. Petr. Geol. 51. 1967.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. SRTM/TOPODATA obtidos pelo link <<ftp://geoftp.ibge.gov.br/>>. 2018.
- IGNÁCIO, BRUNO FERNANDES. Investigação morfotectônica com base em anomalias de drenagem em um trecho da bacia do rio pomba (Santo Antônio de Pádua/RJ), 2017.
- LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W. Remote sensing and image interpretation. 2. ed. New York: John Wiley, 1987.
- MELGAÇO, L. DE M.; FILHO, C. R. DE S.; STEINMAYER, M. Comparação entre modelos digitais elevação gerados por sensores ópticos e por radar. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, 2005.
- MELLO, C. L.; TOMAZ, E. A.; SILVA, R. C. B. ; RODRIGUES, H. B. . Condicionamento tectônico cenozóico na evolução da Depressão Topográfica dos rios Pomba e Muriaé (MG, RJ). In: X Simpósio nacional de estudos tectônicos, Curitiba (PR). Boletim de resumos expandidos. v. 1. 2005.

- MENDES, Laura Delgado; FERNANDES, Nelson Ferreira; GONTIJO-PASCUTTI, Ambrosina Helena Ferreira. Morfotectônica da Bacia Hidrográfica do rio Bonito, Petrópolis, RJ. 2007.
- NÓBREGA, R. A. DE A.; SANTOS, C. DOS; CINTRA, J. P. Comparação quantitativa e qualitativa entre o Modelo Digital gerado pelo SRTM e por aerofotogrametria. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, p. 12. Goiânia. 2005.
- NOVO, EVLYN MÁRCIA LEÃO DE MORAES. Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações. 2º edição. Editora Edgard Blücher Ltda. São Paulo, 1998.
- QUINTANILHA, J. A. Entrada e conversão de dados: Processos de Construção de bases digitais de dados espaciais. In: Congresso Brasileiro de Geoprocessamento, São Paulo. 1995.
- SILVA, THIAGO PINTO DA. Neotectônica na Região da Zona de Cisalhamento do Rio Paraíba do Sul e Áreas Adjacentes, entre Miguel Pereira e Juiz de Fora (MG). 125f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2006.
- SILVA, THIAGO PINTO DA; MELLO, Cláudio Limeira. Reativações Neotectônicas na Zona de Cisalhamento do rio Paraíba do Sul (Sudeste do Brasil). Geologia USP: Série Científica. Série Científica, v. 11, p. 1-20. 2011
- SIMONETT, D. S. The development and principles of remote sensing. In: \_\_\_\_\_ Manual of remote sensing. Falls Church, VA: American Society of Photogrammetry, 1983.
- SUMMERFIELD, M.A. Neotectonics and Landform Genesis. Prog. in Phys. Geog., 11: 1987.
- TOPODATA – Banco de dados geomorfológicos do Brasil, MDE's obtidos em <<http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>>. 2018.
- USGS – United States Geological Survey. Reston, Virginia, USA. 2018. <<http://seamless.usgs.gov>>.