

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
CURSO DE ENGENHARIA DE AGRIMENSURA E CARTOGRÁFICA

VICTOR MARTINS ROCHA

**DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA NO QGIS PARA
DELIMITAÇÃO DE APP EM TOPOS DE MORRO EM ACORDO COM O
CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO**

MONTE CARMELO

2022

VICTOR MARTINS ROCHA

DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA NO QGIS PARA
DELIMITAÇÃO DE APP EM TOPOS DE MORRO EM ACORDO COM O CÓDIGO
FLORESTAL BRASILEIRO

Projeto apresentado como requisito para a aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II no curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica na Universidade Federal de Uberlândia – Campus Monte Carmelo.

Orientadora: Prof^a. Dra. Luziane Ribeiro Indjai
Coorientador: Me. Fabrício Rosa Amorim

MONTE CARMELO

2022

VICTOR MARTINS ROCHA

DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA NO QGIS PARA
DELIMITAÇÃO DE APP EM TOPOS DE MORRO EM ACORDO COM O CÓDIGO
FLORESTAL BRASILEIRO

Projeto apresentado como requisito para a aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II no curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica na Universidade Federal de Uberlândia – Campus Monte Carmelo.

Orientador: Prof^a. Dra. Luziane Ribeiro Indjai
Coorientador: Prof. Me. Fabrício Rosa Amorim

Monte Carmelo, 29 de março de 2022.

Banca Examinadora:

Prof^a. Dra. Luziane Ribeiro Indjai – Orientadora (UFU)

Prof^o Me. Fabrício Rosa Amorim – Examinador (UFPI)

Geog. Msc. Samuel Lacerda de Andrade

Dedico este trabalho à minha família por todo carinho e por sempre acreditarem em mim, aos meus amigos e professores que participaram desta trajetória.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema dos limites das APP segundo resolução 303/02 do CONAMA	16
Figura 2 – Coleta de imagens digitais em nível orbital	19
Figura 3 – Tela Inicial do <i>software</i> QGIS	21
Figura 4 - Tela Inicial do Modelador Gráfico do QGIS e exemplo de modelo	22
Figura 5 - Comparação entre os Modelos Digital de Superfície (MDS) e Terreno (MDT) com uma imagem	24
Figura 6 – Mapa representando os imagens Topodata para o Brasil	26
Figura 7 – Variáveis morfométricas para o município de Uberlândia (MG)	27
Figura 8 – Mapa de localização da área de estudo	29
Figura 9 – Fluxograma da metodologia	30
Figura 10 – Interface do Modelador Gráfico para o processamento com o Terraflow	33
Figura 11 – Interface do Modelador Gráfico para o processamento com o Watershed	33
Figura 12 – Interface da ferramenta desenvolvida disponível na tela inicial do QGIS	34
Figura 13 – Mapa base – MDE e relevo sombreado da área de estudo	35
Figura 14 – Declividade e Aspecto (inclinação das vertentes) do relevo da área de estudo	35
Figura 15 – Delineamento de APP de topo de morro no município de Ipatinga	37
Figura 16 – Sobreposição de delineamento de APP de topo de morro no município de Ipatinga (MG) com as ferramentas Terraflow e Watershed segmantation	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação entre normas do CONAMA a Lei Federal	16
Tabela 2 – Quantidade e área média de morros delineados	36
Tabela 3 – Quantidades e áreas de APP de Topo de morros em Ipatinga	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP	Área de Preservação Permanente
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
BHO	Base Hidrográfica Ottocodificada
CAR	Cadastro Ambiental Rural
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
MDE	Modelo Digital de Elevação
MDS	Modelo Digital de Superfície
MDT	Modelo Digital do Terreno
MMT	Módulo de Modelagem do Terreno
MNT	Modelo Numérico de Terreno
NASA	Agência Nacional de Aeronáutica e Espaço
ND	Número Digital
NGA	Agência Nacional de Inteligência Geoespacial
PDI	Processamento Digital de imagens
RL	Reserva Legal
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SR	Sensoriamento Remoto
SRTM	<i>Shuttle Radar Topographic Mission</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	Objetivos.....	11
1.1.1	Objetivo geral	11
1.1.2	Objetivos específicos	12
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1	Legislação Brasileira para delimitação de APP.....	13
2.2	Sensoriamento Remoto e as técnicas de geoprocessamento em ambiente SIG .	18
2.2.1	Desenvolvimento de aplicações geoespaciais em ambiente SIG colaborativo de código aberto	21
2.2.2	Modelos de Representação do Relevo.....	22
2.2.3	MDE Topodata	24
2.2.4	Variáveis Morfométricas	26
3	MATERIAIS E MÉTODO	28
3.1	Materiais	28
3.2	Área de Estudo.....	28
3.3	Método.....	29
3.3.1	Aplicação no <i>software</i> QGIS.....	30
4	RESULTADOS	34
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	38
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40

1 INTRODUÇÃO

O Brasil compreende um território beneficiado por seu potencial hídrico, onde um quinto de toda água doce do mundo, tirando as geleiras, está localizado nos estados do Amazonas, Pará e Amapá, considerando os rios, lagos e o Aquífero Alter do Chão (BRASIL, 2019). Algumas práticas de manejo e ocupação do solo, que realizam a derrubada da vegetação nativa, são realizadas nas bacias hidrográficas do território brasileiro. Quando essas práticas são combinadas às épocas hidrológicas sazonais, elas acarretam potencial perda do solo, redução da capacidade de armazenamento de água em reservatórios, por conta da deposição de sedimentos, além de efeitos de erosão para as diferentes regiões (SIQUEIRA *et al.*, 2017).

Nas últimas décadas, os problemas ambientais vêm se tornando cada vez mais discutidos, tendo em vista a necessidade da preservação dos recursos naturais, tais como fauna, flora e recursos hídricos. As taxas alarmantes de desmatamento indicam que o Brasil foi o país que mais perdeu cobertura florestal no mundo no século XXI (FAO, 2020). O Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES), aponta que, entre 1º de agosto de 2019 a 31 de julho de 2020 foram desmatados 11.088 mil quilômetros quadrados (km²) de floresta do ecossistema amazônico (INPE, 2020).

As interferências no ecossistema resultantes da intervenção humana têm causado a sua degradação, provocando efeitos indesejáveis ao ser humano (ARCHELA *et al.*, 2002). Buscando minimizar e limitar as interferências antrópicas no meio ambiente, as políticas públicas ambientais brasileiras criaram a legislação ambiental. O primeiro Código Florestal Brasileiro, foi aprovado em 1934 e alterado em 1965, onde foi constituído a importância da preservação da diversidade biológica e dinamização da atividade florestal. A partir de novas Leis em 1986 e 1989, esse código passou por ajustes, incluindo importantes definições de preservação do meio ambiente, denominadas Áreas de Preservação Permanentes (APP) e Reserva Legal (RL). Em 2002, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) criou resoluções sobre parâmetros de proteção ao meio ambiente, sendo desconceituado pelo novo Código Florestal Brasileiro aprovado em 2012.

Os parâmetros para definição de APP foram inclusos desde o início da legislação, demonstrando a importância deles para preservação do ecossistema. Segundo Brasil (2012), pode-se citar alguns desses parâmetros para a definição de preservação constante, as faixas marginais de rios e lagos, áreas de nascentes ou olhos d'água, em topos de morros e

montanhas, altitudes superiores a 1.800 metros, bordas de tabuleiros ou chapadas, entre outras. As APP são fundamentais para a manutenção da vegetação nativa de determinadas regiões com o objetivo de manter equilibrado o uso da terra, que deve estar coberta pela vegetação original (OLIVEIRA, 2002). A função das APP não está baseada apenas na preservação da biodiversidade, sua função ambiental abrange a proteção de espaços de relevância para a conservação da qualidade ambiental, como a estabilidade geológica e a proteção do solo (SCHAFFER *et al.*, 2011).

A procura do ambiente cartográfico por meio de elaboração e análises de mapas vem se tornando crescente, pelo fato da consolidação da representação cartográfica ambiental. O surgimento de novas tecnologias, especialmente as que abrangem o Sensoriamento Remoto e o Sistemas de Informação Cartográfica (SIG), vêm contribuindo para uma crescente exploração de dados ambientais no meio computacional, contribuindo nas funções de armazenar, manusear, acessar e processar informações cartográficas, resultando em mapas digitais (ARCHELA *et al.*, 2002). Nesse contexto, o Sensoriamento Remoto aplicado ao SIG é capaz de identificar variações do relevo e padrões geomorfológicos.

Os mapas digitais podem ser produzidos a partir de técnicas de SIG, realizadas por meio de *softwares*, tais como o ARCGIS e o QGIS. Esses *softwares* possibilitam a manipulação de informações georreferenciadas e a elaboração de diversos modelos de mapas com diferentes dados fonte. Segundo QGIS (2021), o *software* QGIS é um aplicativo profissional GIS que suporta a entrada e manipulação de diversos formatos de arquivos, como vetores e matrizes, para assim, conseguir visualizar, gerir, editar, analisar e criar mapas para impressão.

Para o contexto de elaboração de mapas ambientais, principalmente voltados para análise do relevo, pode ser utilizado como dado fonte algum Modelo Digital de Elevação (MDE), que representa valores de altitude. O MDE é uma estrutura matricial organizada como registros numéricos em matrizes de células ou pixel, ordenados em linhas e colunas georreferenciadas, formando uma imagem, gerada a partir sensores óticos orbitais (VALERIANO, 2008). O MDE apresenta algumas vantagens sobre outras fontes de dados, como: a disponibilidade de dados em nível mundial; grande cobertura de superfície por cena; processamento em menor tempo por meio de softwares sofisticados com pouco esforço manual; baixo custo de processamento e capacidade de coleta em qualquer ambiente (SUBRAMANIAN *et al.*, 2005). Uma importante base de arquivos MDE é o projeto Topodata, que oferece gratuitamente folhas topográficas com valores altimétricos para o

território brasileiro, elaborados a partir de dados SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*) (INPE, 2021).

A identificação e demarcação de áreas de proteção ambiental permanente, em torno de nascentes e nas faixas marginais dos cursos d'água, não implicam grandes dificuldades aos proprietários rurais e órgão fiscalizadores, sendo facilmente identificadas utilizando mapas convencionais. Já a delimitação e fiscalização de APP em topos de morros, tem se mostrado um grande desafio sob o aspecto técnico e econômico, visto que os critérios de delimitação com base na topografia tradicional, exigem o trabalho de pessoal especializado e informações detalhadas do espaço em análise (OLIVEIRA, 2002).

Entretanto, com o desenvolvimento de modernos algoritmos e sua incorporação ao (SIG), tornou-se possível o rápido processamento dos dados necessários para caracterização das variáveis morfométricas da superfície terrestre, essenciais para a caracterização dos parâmetros necessários de determinação das APP de topos de morros (OLIVEIRA, 2002). São disponibilizados gratuitamente o software QGIS para a prática do SIG e os arquivos MDE Topodata, com resolução espacial de 30 metros. Eles demonstram ser importantes ferramentas para manipulação de elevações e geração de produtos cartográficos sobre grandes áreas, de todo o território brasileiro, de maneira rápida e eficaz.

Visando a utilização do MDE para a geração de mapas de relevo aplicados à delimitação de APP. A hipótese desse trabalho está relacionada às ferramentas para automatização de técnicas de geoprocessamento para dados de análise de altitude por meio de um MDE (Topodata). Pressupõem-se que a escolha das ferramentas utilizadas durante as etapas de processamento do MDE Topodata para calcular APP de topo de morro pode influenciar drasticamente na confiabilidade dos locais mapeados. Para tanto, esse trabalho busca desenvolver uma ferramenta que delimite de maneira semiautomática as APP utilizando como base o MDE Topodata. Mais especificamente, calcular as APP para os topos de morros, segundo a legislação brasileira mais atual, o código Florestal.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Criar um(a) modelo / ferramenta de geoprocessamento no *software* QGIS que possibilite a delimitação de Áreas de Preservação Permanente (APP) em topos de morros e

altitudes superiores a 1.800 metros, baseado na legislação brasileira, com o uso de Modelos Digitais de Elevação (MDE).

1.1.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- Revisar a literatura em geoprocessamento e delimitação de APP;
- Avaliar duas ferramentas (*terraflow e watershed*) utilizadas para delimitação de morros disponíveis no *software* QGIS;
- Projetar e produzir uma ferramenta para delimitação de APP de topo de morro e altitudes superiores a 1.800 metros no *software* QGIS;
- Projetar e produzir mapas de relevo no *software* QGIS.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Legislação Brasileira para delimitação de APP

A legislação ambiental brasileira, considerada uma das legislações mais desenvolvidas do mundo, regulamenta sobre a preservação do meio ambiente por meio da proteção dos ecossistemas brasileiros (GARCIA, 2012). Podem ser apontados como problemas ambientais a degradação dos solos, as queimadas, os desmatamentos, os assoreamentos e as enchentes.

O Código Florestal Brasileiro foi criado em 1934, por meio do decreto nº 23.793, e foi alterado em 1965 através da Lei nº 4.771 (Garcia, 2012). A partir dessa modificação, houve um maior detalhamento dos conceitos necessários a fim de um equilíbrio das ações humanas para a preservação ambiental, formando uma importante fonte de definição de proteção do ecossistema, sendo ela a Área de Preservação Permanente (APP). Essa lei adotou a expressão “preservação permanente” (artigos 2º e 3º) para caracterizar regiões que deveriam ser conservadas de forma contínua, conforme é descrito abaixo (BRASIL, 1965 – Lei nº 4.771, publicação original):

Art. 2º Consideram-se de preservação permanente, pelo só efeito desta Lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

- a) ao longo dos rios ou de outro qualquer curso d'água, em faixa marginal cuja largura mínima será:
 - 1 - de 5 (cinco) metros para os rios de menos de 10 (dez) metros de largura;
 - 2 - igual à metade da largura dos cursos que meçam de 10 (dez) a 200 (duzentos) metros de distância entre as margens;
 - 3 - de 100 (cem) metros para todos os cursos cuja largura seja superior a 200 (duzentos) metros.
- b) ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais;
- c) nas nascentes, mesmo nos chamados "olhos d'água", seja qual for a sua situação topográfica;
- d) no topo de morros, montes, montanhas e serras;
- e) nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive;
- f) nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;
- g) nas bordas dos tabuleiros ou chapadas;
- h) em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, nos campos naturais ou artificiais, as florestas nativas e as vegetações campestres.

Art. 3º Consideram-se, ainda, de preservação permanentes, quando assim declaradas por ato do Poder Público, as florestas e demais formas de vegetação natural destinadas:

- a) a atenuar a erosão das terras;
- b) a fixar as dunas;
- c) a formar faixas de proteção ao longo de rodovias e ferrovias;
- d) a auxiliar a defesa do território nacional a critério das autoridades militares;
- e) a proteger sítios de excepcional beleza ou de valor científico ou histórico;
- f) a asilar exemplares da fauna ou flora ameaçados de extinção;
- g) a manter o ambiente necessário à vida das populações silvícolas;
- h) a assegurar condições de bem-estar público.

Na década de 1980 essa lei começou a passar por importantes ajustes perante a necessidade de corrigir algumas falhas ou criar restrições para alguns tópicos, através de medidas provisórias (GARCIA, 2012). Assim o artigo 2º sofreu alterações e inclusões pela lei nº 7.511 (BRASIL,1986) e, logo em seguida pela Lei nº 7.803 (BRASIL,1989), que fortaleceram a proteção ao longo dos cursos d'água e incluiu como preservação permanente as nascentes intermitentes, altitudes superiores a 1.800 metros e as bordas de tabuleiros ou chapadas. Outra importante modificação dessas Leis, foi o incremento de outro importante princípio de preservação do ecossistema, que é a Reserva Legal (RL), definindo seus parâmetros para aplicação, entendida como uma área de no mínimo 20% de cada propriedade que não pode se realizar seu corte raso, permitindo o crescimento da vegetação nativa.

Em 2001, a Medida Provisória nº 2.166-67, incluiu na Lei nº 4.771/1965 os conceitos de dois modelos de áreas de proteção ambiental, sendo elas a RL e a APP, conforme é explícito abaixo:

Art. 1º

§ 2º Para efeitos desse código, entende-se por:

II - área de preservação permanente: área protegida nos termos dos arts. 2º e 3º desta Lei, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas;

III - Reserva Legal: área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, excetuada a de preservação permanente, necessária ao uso sustentável dos recursos naturais, à conservação e reabilitação dos processos ecológicos, à conservação da biodiversidade e ao abrigo e proteção de fauna e flora nativas;
(BRASIL, 2001 – MPV 2.166-67)

No ano de 1981 a partir da Lei nº6.938 de 1981, que ordena sobre a Política Nacional do meio Ambiente, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) foi instituído como

órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), contemplando como presidente o ministro do meio Ambiente. O conselho do CONAMA é composto por cinco setores: órgãos federais, estaduais, municipais, setores empresariais e entidades ambientalistas (CONAMA, 2021). Com o poder de legislar, o CONAMA legitima a Resolução nº303, de 20 de março de 2002, dispondo sobre parâmetros, definições e limites da APP e a RL. Essas definições ajudaram a aumentar as regiões que não poderiam ser destinadas a exploração florestal, agropecuária ou para o uso recreativo, sendo diferenciadas de acordo com a natureza e topografia do terreno.

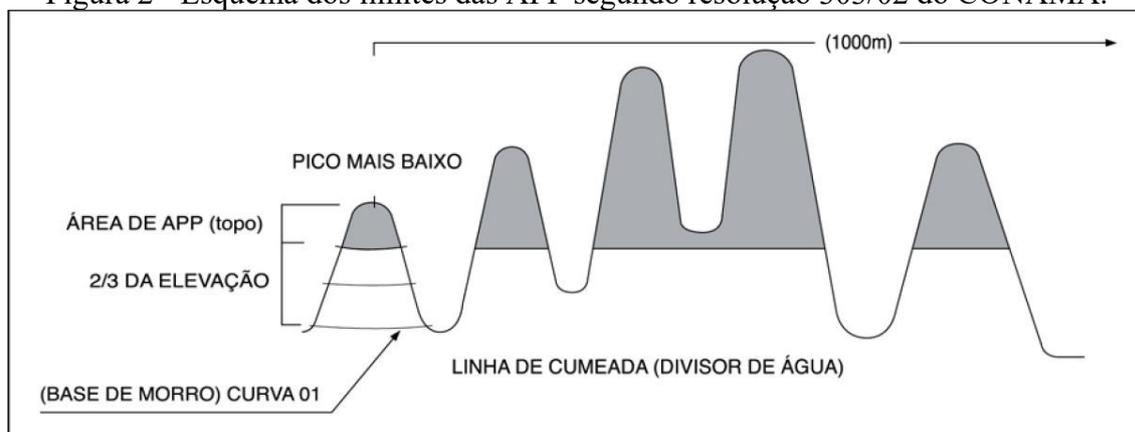
No dia 25 de maio de 2012, a presidente Dilma Rousseff, sanciona o Novo Código Florestal, a Lei nº 12.651 (BRASIL,2012). As principais mudanças nesse novo Código relatam sobre às determinações de APP, RL, pequena propriedade rural, de utilidade pública e a adição de dois elementos: o Cadastro Ambiental Rural (CAR) e o Programa de Regularização Ambiental (BRASIL, 2012). A cobertura vegetal de APP passou a ser calculado para obtenção do percentual de (RL) (artigo 15). Referente as RL, elas correspondem à 20% de cobertura para todo o país, exceto para lugares situados na região da Amazônia legal, que passaram a ser definidas como 80% em áreas de florestas, 35% em áreas de cerrado (artigo12). A recomposição da RL desmatada em período anterior a julho de 2008, pode se regularizar sua área em até 20 anos com a regeneração da vegetação nativa (artigo 66), mas os imóveis de até quatro módulos fiscais tornam-se isentos da recomposição, desde que o desmatamento tenha ocorrido anteriormente a julho de 2008 (artigo 67).

São apresentadas definições de acordo com a Resolução n-º 303, do CONAMA, de 20 de março de 2002, sobre alguns acidentes geográficos relativos à delimitação de áreas de preservação permanente ao longo dos topos de morros e linhas de cumeada, sendo essas:

- **Morro:** elevação do terreno com cota do topo em relação a base entre cinquenta e trezentos metros e encostas com declividade superior a trinta por cento (aproximadamente dezessete graus) na linha de maior declividade;
- **Montanha:** elevação do terreno com cota em relação a base superior a trezentos metros;
- **Base de morro ou montanha:** plano horizontal definido por planície ou superfície de lençol d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota da depressão mais baixa ao seu redor;

- **Linha de cumeada:** linha que une os pontos mais altos de uma sequência de morros ou de montanhas, constituindo-se no divisor de águas;

Figura 2 - Esquema dos limites das APP segundo resolução 303/02 do CONAMA.



Fonte: Nowatzki *et al.*, 2010.

Referente as modificações sobre os parâmetros para definição de APP do Novo Código Florestal, a tabela 1, contém as principais diferenças sobre a resolução do CONAMA n°303/2002 e a lei Federal n° 12.651/2012.

Tabela 2 – Comparação entre normas do CONAMA a Lei Federal.

Resolução CONAMA n° 303/2002	Lei n°12.651/2012 (Novo Código Florestal)
<p>Art. 3° Constitui Área de Preservação Permanente a área situada:</p> <p>I - em faixa marginal, medida a partir do nível mais alto, em projeção horizontal, com largura mínima, de:</p> <p>a) trinta metros, para o curso d'água com menos de dez metros de largura;</p> <p>b) cinquenta metros, para o curso d'água com dez a cinquenta metros de largura;</p> <p>c) cem metros, para o curso d'água com cinquenta a duzentos metros de largura;</p> <p>d) duzentos metros, para o curso d'água com duzentos a seiscentos metros de largura;</p> <p>e) quinhentos metros, para o curso d'água com mais de seiscentos metros de largura;</p>	<p>Art. 4° Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:</p> <p>I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:</p>
<p>II - ao redor de nascente ou olho d'água, ainda que intermitente, com raio mínimo de cinquenta metros de tal forma que proteja, em cada caso, a bacia hidrográfica contribuinte;</p>	<p>IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;</p>

<p>III - ao redor de lagos e lagoas naturais, em faixa com metragem mínima de:</p> <p>a) trinta metros, para os que estejam situados em áreas urbanas consolidadas;</p> <p>b) cem metros, para as que estejam em áreas rurais, exceto os corpos d'água com até vinte hectares de superfície, cuja faixa marginal será de cinquenta metros;</p>	<p>II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:</p> <p>a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;</p> <p>b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;</p>
<p>Não continha.</p>	<p>III - as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento;</p>
<p>V - no topo de morros e montanhas, em áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura mínima da elevação em relação a base;</p>	<p>IX - no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação;</p>
<p>VI - nas linhas de cumeada, em área delimitada a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura, em relação à base, do pico mais baixo da cumeada, fixando-se a curva de nível para cada segmento da linha de cumeada equivalente a mil metros;</p>	<p>Extinto</p>
<p>IX - nas restingas:</p> <p>a) em faixa mínima de trezentos metros, medidos a partir da linha de preamar máxima;</p> <p>b) em qualquer localização ou extensão, quando recoberta por vegetação com função fixadora de dunas ou estabilizadora de mangues;</p>	<p>VI - as restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;</p>
<p>XI - em duna;</p>	<p>Extinto</p>
<p>XIII - nos locais de refúgio ou reprodução de aves migratórias;</p>	<p>Extinto</p>
<p>XIV - nos locais de refúgio ou reprodução de exemplares da fauna ameaçados de extinção que constem de lista elaborada pelo Poder Público Federal, Estadual ou Municipal;</p>	<p>Extinto</p>
<p>XV - nas praias, em locais de nidificação e reprodução da fauna silvestre.</p>	<p>Extinto</p>
<p>Parágrafo único. Na ocorrência de dois ou mais morros ou montanhas cujos cumes</p>	<p>Extinto</p>

<p>estejam separados entre si por distâncias inferiores a quinhentos metros, a Área de Preservação Permanente abrangerá o conjunto de morros ou montanhas, delimitada a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura em relação à base do morro ou montanha de menor altura do conjunto, aplicando-se o que segue:</p> <p>I - agrupam-se os morros ou montanhas cuja proximidade seja de até quinhentos metros entre seus topos;</p> <p>II - identifica-se o menor morro ou montanha;</p> <p>III - traça-se uma linha na curva de nível correspondente a dois terços deste; e</p> <p>IV - considera-se de preservação permanente toda a área acima deste nível.</p>	
--	--

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Em 21 de outubro de 2020 o Diário Oficial da União declarou a revogação da Resolução CONAMA n°303, cancelando sua validade (MMA, 2020). Mas em abril de 2021 essa resolução permanece aplicável até o julgamento das Arguições de Descumprimento de Preceito Fundamental (ADPF) aplicadas por partidos políticos no Supremo Tribunal Federal, com intuito de anular as revogações realizadas pela União.

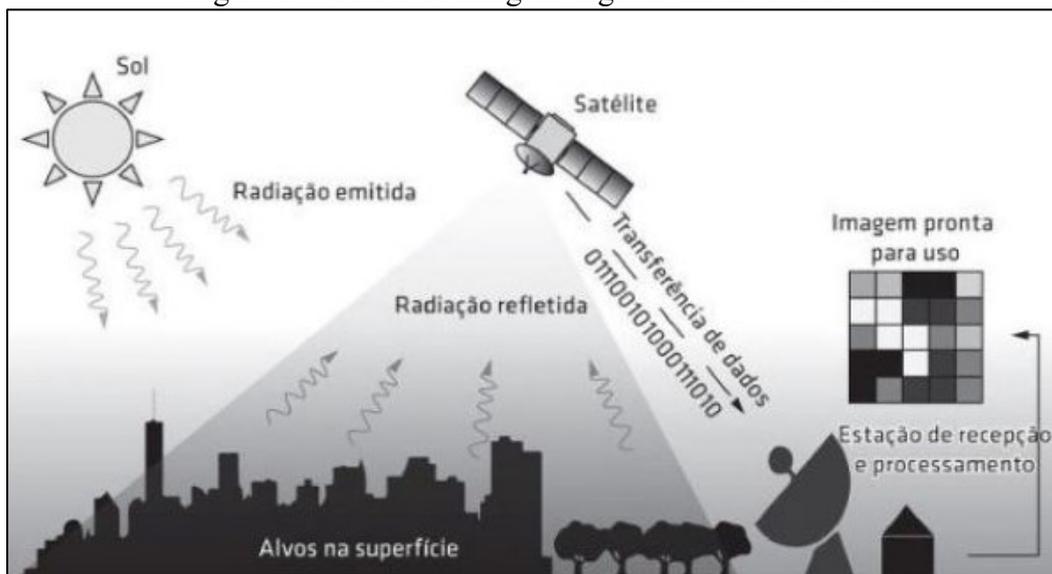
2.2 Sensoriamento Remoto e as técnicas de geoprocessamento em ambiente SIG

O Sensoriamento Remoto (SR) pode ser definido como o registro de informações das faixas do visível, infravermelho, ultravioleta e micro-ondas do espectro eletromagnético, sem o contato direto, por intermédio de sensores fixados em plataformas como satélites e aeronaves, e conseguinte realiza a análise por meio visual ou por Processamento Digital de Imagens (PDI) (JENSEN, 2009). Esses sensores podem ser classificados em alguns níveis de coletas de dados no SR, dependendo da distância entre o sensor e o objeto (FORMAGGIO; SANCHES, 2017).

O SR em nível orbital é a obtenção de informações sobre a superfície terrestre por intermédio de imagens capturadas diretamente do espaço, usando a radiação eletromagnética refletida ou emitida, em uma ou mais bandas do espectro eletromagnético. Com a propriedade multitemporal e a possibilidade de visualizar partes de um conjunto em uma só imagem, o SR é capaz de oferecer informações sobre os alvos, abrangendo seu posicionamento, elevação, temperatura, umidade, volume de biomassas e outros dados destes alvos (ZANOTTA *et al.*, 2019).

Como resultado do SR, as imagens digitais são formadas por conjunto de pixels (*Picture elements*) que retratam a quantidade de ondas ou radiações eletromagnéticas refletidas de uma região definida na superfície. Logo após, essas informações no formato de imagens são direcionadas de maneira remota para estações de recepção localizadas na superfície, sendo processadas e disponibilizadas para o usuário (Figura 2) (ZANOTTA *et al.*, 2019).

Figura 2 – Coleta de imagens digitais em nível orbital.



Fonte: Zanotta, Ferreira e Zortea (2019).

Existem sensores capazes de obter dados independentemente da radiação solar e das condições meteorológicas adversas, utilizando ondas eletromagnéticas na faixa de microondas, cujo comprimento de onda varia entre 1cm e 1,5 m (0.3 a 300Ghz), eles são considerados sensores ativos por possuírem a capacidade de reproduzir sua própria radiação. Os sistemas ativos dispõem de uma antena que transmite sinal em microondas em direção a superfície terrestre, tendo seu sinal refletido, e parte dessa energia eletromagnética refletida no sentido da antena é capturada pelo sensor (SABINS, 1996; MATHER,1999; JENSEN, 2007 apud COSTA, 2011). Os sistemas de radar podem ser classificados em dois grupos, sendo eles, os não imageadores que medem dados em relação as propriedades dos objetos (ex. velocidade do vento) e os radares imageadores que registram a intensidade e o tempo de retorno de energia refletida no rumo da antena (COSTA, 2011).

A partir do desenvolvimento da tecnologia de Informática na metade do século XX, criou-se a possibilidade de armazenar em ambiente computacional a representação de informações sobre a distribuição geográfica de recursos naturais, propriedades, fauna e flora,

abrindo caminhos para o surgimento do Geoprocessamento (CÂMARA *et al.*, 2001). O termo Geoprocessamento representa a disciplina que emprega métodos matemáticos e computacionais para o tratamento de informações geográficas.

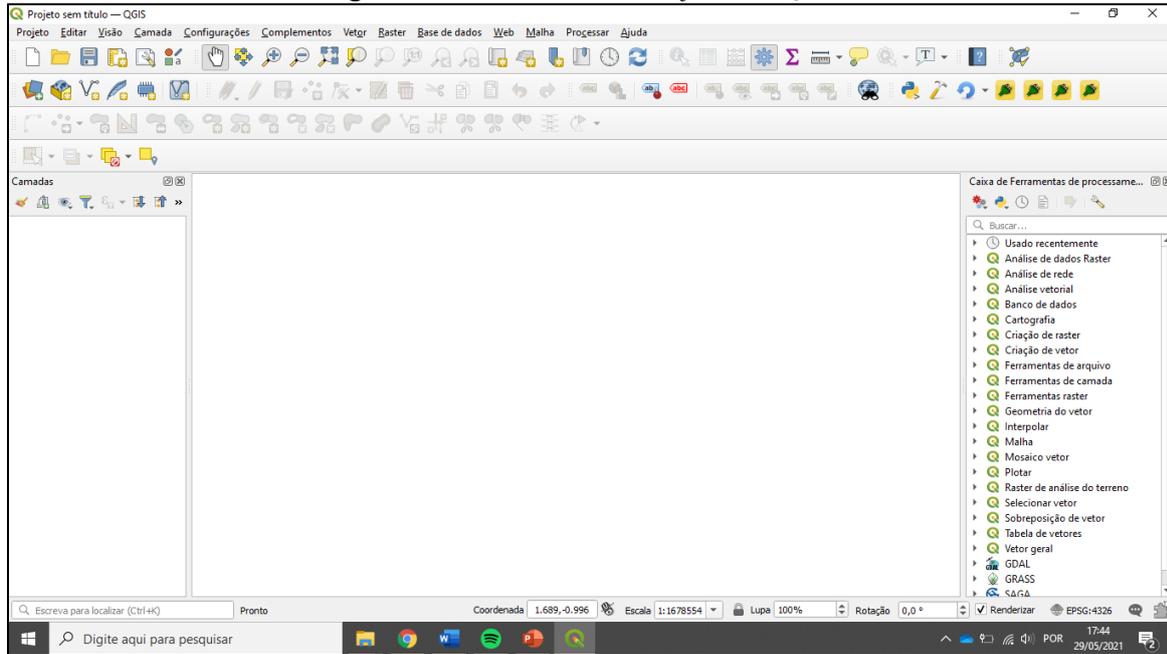
Os instrumentos computacionais para o geoprocessamento, denominadas de Sistema de informações Geográfica (SIG), possibilitam realizar estudos complexos da superfície terrestre, ao unir dados de várias origens e gerar bancos de informações georreferenciados, tornando possível a automatização da produção de produtos cartográficos (CÂMARA, *et. al.*, 2001). Deste modo, segundo Lousada e Fernandes (2017), o SIG associado a produtos gerados por SR, retratam um avanço na perspectiva de inovações de objetos cartográficos.

As técnicas inovadoras direcionadas para análise de dados multidimensionais coletados por variados tipos de sensores, recebem o nome de Processamento Digital de Imagens (PDI), consistindo na manipulação de uma imagem no ambiente computacional de maneira que a entrada e a saída da metodologia são imagens. Essa técnica permite a análise de um local nas várias regiões do espectro eletromagnético, possibilitando a integração de diferentes tipos de dados, devidamente georreferenciados (INPE, 2021). Portanto, a imagem digital é composta por vários pixels, onde em cada um é formado por um valor numérico chamado de Número Digital (ND) (ROSA, 2009).

O PDI pode ser aplicado em algumas áreas, sendo elas: a análise de imagens biomédicas; análise de imagens metalográficas e de fibras vegetais; obtenção de imagens médicas por ultrassom, radiação nuclear ou técnicas de tomografia computadorizada; utilização na automação industrial abrangendo o uso de sensores visuais em robôs; na análise de recursos naturais e meteorologia por meio de imagens orbitais. O manuseio de figuras multiespectrais obtidas por satélites, como por exemplo, o Landsat e o SPOT, se tornaram uma importante técnica de extração de dados destinados a variadas aplicações de pesquisas de recursos naturais (INPE, 2021). Portanto, estas técnicas permitem a captação de dados, evitando a necessidade de um levantamento presencial, que podem significar economia de tempo e recursos, tornando-se alternativas fundamentais para a coleta de informações sobre condições geográficas dos mais variados tipos de relevos, lugares e clima.

A partir desses métodos de processamento, *softwares* importantes para a aplicação do SIG, como o QGIS (Figura 3) e o ARQGIS, contemplam relevantes plataformas chamadas de Modelador gráfico e Model Builder, respectivamente. Elas permitem a criação de complexos procedimentos utilizando uma simples interface, consistindo na modelagem de sequências de geoprocessamentos a partir de arquivos de entrada, para posteriormente gerar o produto desejado.

Figura 3 – Tela Inicial do *software* QGIS.



Fonte: O Autor (2022).

2.2.1 Desenvolvimento de aplicações geospaciais em ambiente SIG colaborativo de código aberto

O desenvolvimento de softwares de código aberto se tornou importantes ferramentas para a disseminação do conhecimento, pois ele proporciona uma liberdade aos usuários, como a função de executá-lo, de estudá-lo, de modificá-lo, e redistribuir cópias com ou sem mudanças. Em ambiente SIG isso possibilita a construção de novas metodologias de processamento, e seu compartilhamento com os demais usuários, permitindo que os mesmos alterarem e aperfeiçoem esses códigos (QGIS, 2021).

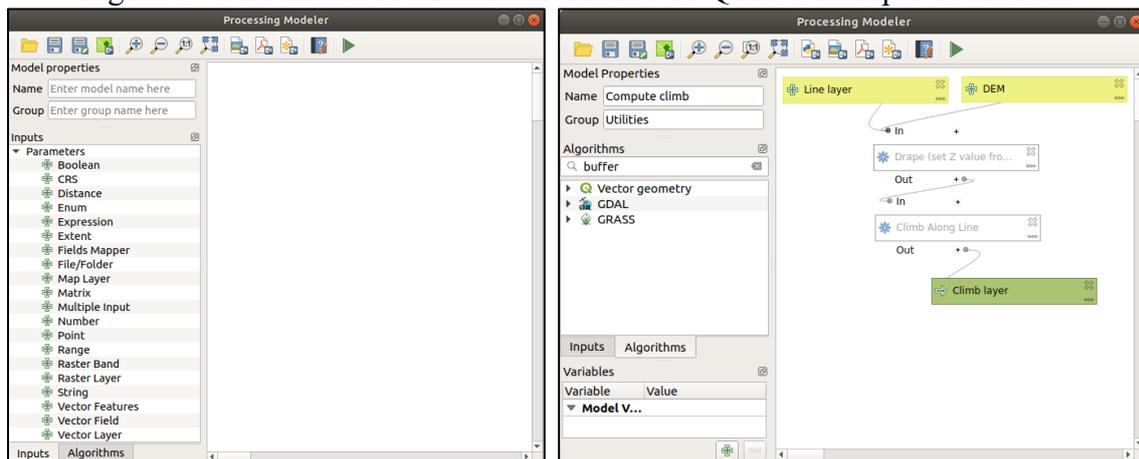
O *software* QGIS é um aplicativo profissional GIS livre e de código aberto. Ele consiste em um SIG licenciado segundo a Licença Pública Geral, referente aos programas gratuitos e livres. O QGIS é um projeto oficial da *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo), podendo ser executado nos sistemas operacionais Linux, Unix, Mac OSX, Windows e Android e suporta inúmeros formatos de arquivos, como os vetores, rasters, bases de dados e funcionalidades (QGIS, 2021). Ele é disponibilizado gratuitamente para ser baixado no site oficial do QGIS em sua versão mais atual.

O QGIS é um projeto impulsionado por voluntários, que contribuem na forma de criação de códigos, correções de bugs, relatórios de bugs, documentação e apoio a outros usuários. Pode-se visualizar, gerir, editar, analisar dados, e criar mapas para impressão.

Todos podem apoiar ativamente o projeto, encontrando mais informações no menu desenvolvimento e na página online do QGIS (QGIS, 2021).

O mesmo possui um modelador de processamento, complemento denominado Modelador Gráfico (Figura 4), o qual possibilita ao usuário estabelecer fluxos de trabalho a serem executados em uma etapa única. Fundamentalmente, torna-se necessário definir os dados de entrada, os parâmetros da ferramenta de processamento e os dados de saída para cada produto a ser gerado. Para os dados de entrada, é possível definir os formatos de arquivos: *raster*; *veter*; *string*; *tabela*; *número*; *booleano*. Os formatos dos arquivos de saída estarão em conformidade com os parâmetros de processamento pré-estabelecidos. O modelador gráfico do QGIS inclui algoritmos com parâmetros de processamento, tais como: GDAL, GRASS, SAGA, entre outros (QGIS, 2021).

Figura 4 - Tela Inicial do Modelador Gráfico do QGIS e exemplo de modelo.



Fonte: QGIS (2020).

O resultado da rotina de processamento construída no modelador gráfico é uma interface disponível na tela principal do QGIS. Dessa forma, torna-se possível realizar as tarefas de processamento de dados para produção de mapas como uma tarefa única, bem como compartilhar a rotina desenvolvida com outros usuários para que um mesmo padrão de processamento possa ser aplicado em variados dados.

2.2.2 Modelos de Representação do Relevo

Existem algumas denominações para conceituar os modelos que representam tridimensionalmente os diferentes fenômenos que ocorrem no espaço geográfico. Dentre eles podemos citar:

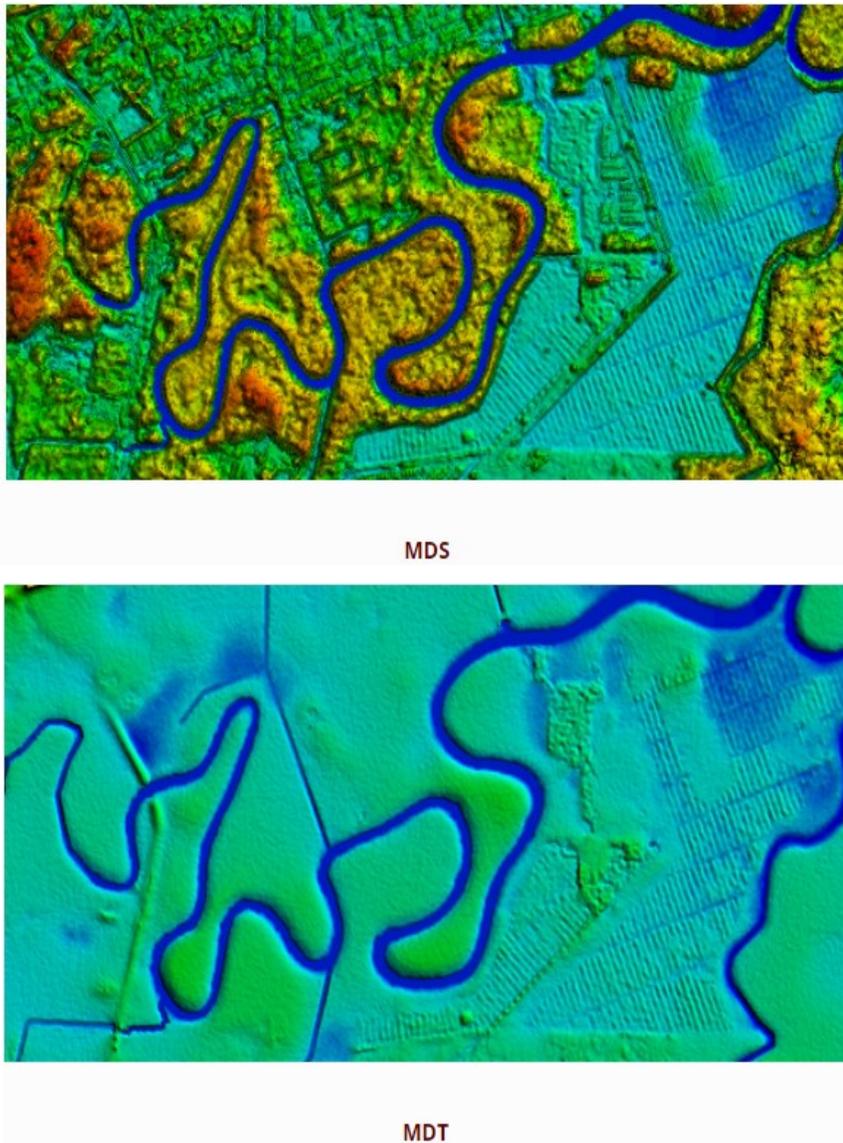
- **Modelo Numérico de Terreno (MNT)** consiste na representação matemática computacional da distribuição de fenômenos espaciais de uma área da superfície da Terra, como exemplos, dados de relevos, profundidade do mar, informações Geológicas, elementos meteorológicos e etc. (FELGUEIRAS; CÂMARA, 2001).
- **Módulo de Modelagem do Terreno (MMT)** consiste em uma série de ferramentas gráficas e de desenho que permitem a edição de pontos e polígonos. Ela pode ser aplicada em estudos nos litorais, onde através do software SMC 3.0 é possível gerar o perfil e planta equilibrados de uma praia, incluindo ou retirando os contornos rígidos (SMC, 2015).
- **Modelo Digital de Superfície (MDS)** (Figura 5) pode ser definido como a representação numérica para uma região da superfície física do terreno a ser representada, como exemplos relevo e vegetação (COELHO; BRITO, 2007).
- **Modelo Digital do Terreno (MDT)** (Figura 5) são representações numéricas da superfície terrestre baseadas apenas na elevação do terreno, ignorando a vegetação e edificações existentes (TOSTO *et al*, 2020).
- **Modelo Digital de Elevação (MDE)**, representa as altitudes da superfície topográfica adjuntos aos elementos geográficos presentes acima dela, como cobertura vegetais e edificações. O MDE surge como uma alternativa para análise do relevo de uma grande área de forma remota por métodos computacionais (IBGE, 2019).

Pode-se descrever o (MDE) como uma estrutura chamada Raster, organizados como registros numéricos em matrizes de células ou pixel, ordenados em linhas e colunas georreferenciadas. As curvas de nível constituem uma relevante fonte de dados para sua construção. Essencialmente, a estruturação de um MDE com mapas topográficos, fundamenta-se na digitalização das isolinhas e sua posterior interpolação, estimando as altitudes de ponto a ponto de uma grade regular, para seu arquivamento (VALERIANO, 2008).

Os arquivos MDE atualmente são disponibilizados gratuitamente em plataformas digitais, permitindo a realização de diversos tipos de estudos geomorfológicos. Contudo, segundo Lousada e Fernandes (2017), é necessário conhecer até onde o MDE apresenta uma precisão adequada para o estudo das características do relevo, porque ao se reproduzir uma

caracterização cartográfica do terreno, é importante observar sobre o mapeamento, a escala ideal aplicada sobre o produto, para melhor extração de informações.

Figura 5 – Comparação entre os Modelos Digital de Superfície (MDS) e Terreno (MDT) com uma imagem.



Fonte: Scon, 2020.

2.2.3 MDE Topodata

O projeto Topodata oferece um Modelo Digital de Elevação (MDE) do território brasileiro e suas derivações topográficas básicas, elaborados a partir de dados SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*) disponibilizados pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) em plataforma online (INPE, 2021). A SRTM foi um projeto realizado para

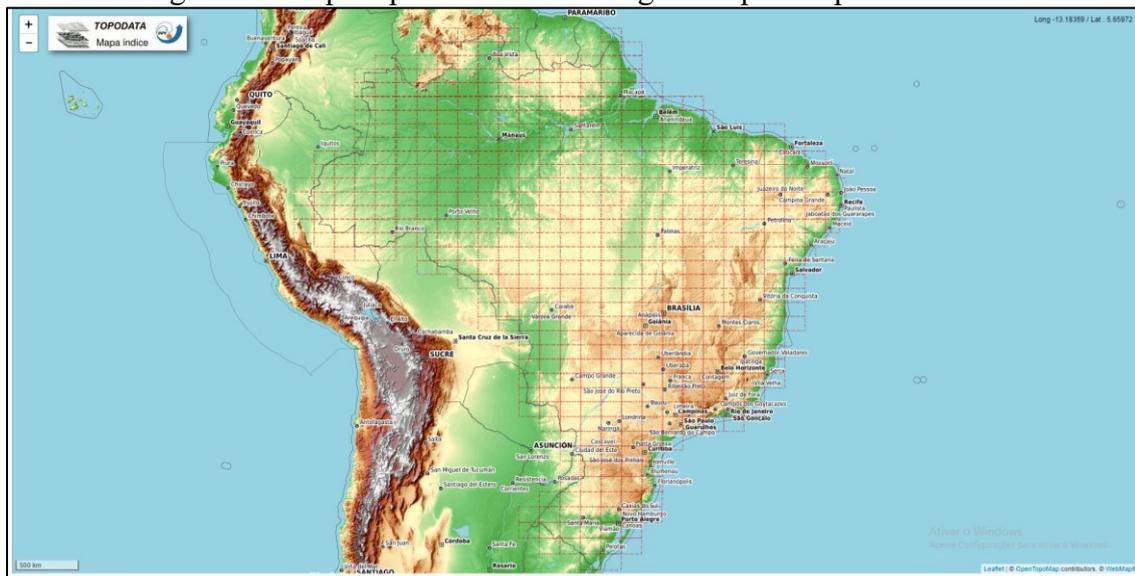
aquisição de dados por radar, originando o primeiro conjunto de elevações de quase toda a Terra. Ela foi feita a bordo de um ônibus espacial, entre as datas de 11 e 22 de fevereiro do ano 2000, orbitando a Terra 16 vezes por dia, com um total de 176 órbitas em 11 dias. O programa foi executado pela Agência Nacional de Aeronáutica e Espaço (NASA) e a Agência Nacional de Inteligência Geoespacial (NGA) (VALERIANO, 2008).

Os dados SRTM disponibilizados pela USGS foram utilizados para gerar dados digitais de elevação com uma resolução espacial de 1 arco-segundo (aproximadamente 30 metros) para os Estados Unidos e 3 arcos-segundo (aproximadamente 90 metros) e resolução vertical de 1 metro, para o restante do planeta (USGS, 2020). Segundo Valeriano (2008), a partir das imagens do SRTM disponibilizadas para toda América do Sul, foi desenvolvido o TOPODATA, através de uma série de processos que compreendem principalmente:

- O preenchimento das falhas contidas;
- O refinamento da resolução espacial pelo método de krigagem: Processo baseado na análise geoestatística da variabilidade dos dados, onde se define os coeficientes que respondem melhor ao modelo de superfície real, transformando a resolução espacial de 3 arco-segundos (~90m) pra 1 arco-segundo (~30m);
- O tratamento sobre as variáveis geomorfométricas: Consiste no uso de algoritmos de estudos geomorfométricos, sobre as imagens refinadas para o cálculo das variáveis de declividade, orientação de vertentes, curvatura vertical e horizontal;
- Derivação do segundo grau, para a indicação de talwegues e divisores de água, do qual os resultados foram combinados a orientação de vertentes para aprimoração das feições de drenagem e características de sua formação;

Esses dados são disponibilizados em formato de quadrículas equivalentes a escala de 1:250.000, representando folhas de 1° de latitude por 1,5° longitude. As folhas são nomeadas obedecendo um prefixo de 6 letras LAHLON, em que LA corresponde a latitude do canto superior esquerdo da quadrícula, o H representa o hemisfério desta posição, Sul (S) ou Norte (N), e o LON relaciona-se com a longitude, seguindo o seguinte registro: nn5 quando a longitude for graus e 30 minutos e nn_ quando a coordenada for em graus inteiros. A Figura 6 demonstra a estrutura das folhas sobre o território brasileiro e seus respectivos nomes (INPE, 2021).

Figura 6 – Mapa representando os imagens Topodata para o Brasil.



Fonte: Topodata (2021).

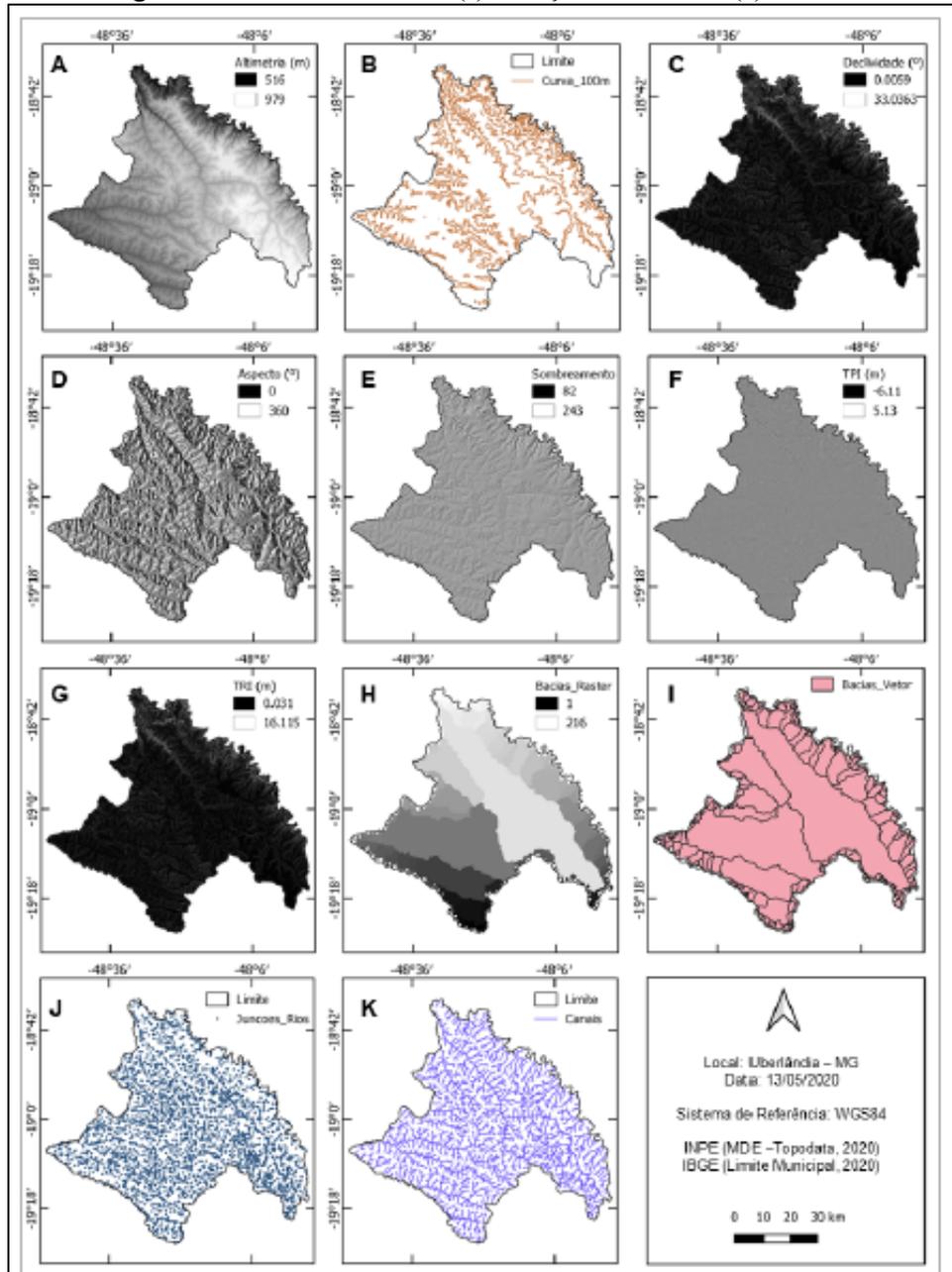
2.2.4 Variáveis Morfométricas

A partir da utilização de imagens de radar, é possível trabalhar com as altitudes de diferentes lugares e tamanhos para geração de produtos cartográficos. Analisando os dados de altitudes, pode-se definir alguns padrões, os quais são determinados e perceptíveis nessas imagens. Esses padrões são denominados variáveis morfométricas (Figura 7). Podem ser citadas as seguintes variáveis morfométricas: cota; curvas de nível; declividade; hipsometria; relevo sombreado; aspecto; etc. A cota é a distância medida ao longo da vertical de um ponto até um plano de referência qualquer (VEIGA *et al.*, 2012). As curvas de nível podem ser definidas como linhas que unem pontos com a mesma cota ou altitude e representam em projeção ortogonal a interseção da superfície do terreno com planos horizontais (VEIGA *et al.*, 2012).

A declividade é a inclinação da superfície do terreno em relação entre, a diferença de altura entre dois pontos e a distância horizontal desses pontos, medida em ângulo de inclinação (zenital) em relação a horizontal da superfície, podendo ser medida em graus ou porcentagem (INPE, 2021). A hipsometria é uma técnica que proporciona a representação da elevação de um terreno, através da variação de cores em um mapa (GIOVANINI, 2021). O relevo sombreado utiliza a altitude e dados de azimute para definir a posição do sol, assim realizando um sombreado da imagem, criando uma representação 3D do terreno em estudo (UNICONCO, 2019). O aspecto reproduz a inclinação das vertentes sendo classificado em divisões de acordo com os pontos cardeais. Estas divisões são distribuídas

em 8 direções principais de fluxo, com intervalos de 45 graus contados a partir do Norte Geográfico (LAPIG, 2021).

Figura 7 – Variáveis morfométricas para o município de Uberlândia (MG): MDE (A); curvas de nível (B); declividade (C); aspecto (D); sombreamento (E); Índice de Posição Topográfica –TPI (F); Índice de Rugosidade do Terreno – TRI (G); Bacias Hidrográficas formato raster (H); Bacias Hidrográficas formato vetorial (I); Junções dos Rios (J); Fluxos Hídricos (K).



Fonte: Amorim *et al.* (2021).

3 MATERIAIS E MÉTODO

3.1 Materiais

Os materiais a serem utilizados nessa pesquisa são:

- Software: QGIS Desktop 3.16 com a ferramenta GRASS 7.8.3.
- Ferramentas: Designer de Modelos QGIS Desktop GDAL e SAGA, inclusas no QGIS Desktop para manipulação e geoprocessamento dos dados.
- Base de Dados: banco de dados geomorfométricos do Brasil (Topodata); Limite da Bacia do Rio Doce disponibilizado no site da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA).

3.2 Área de Estudo

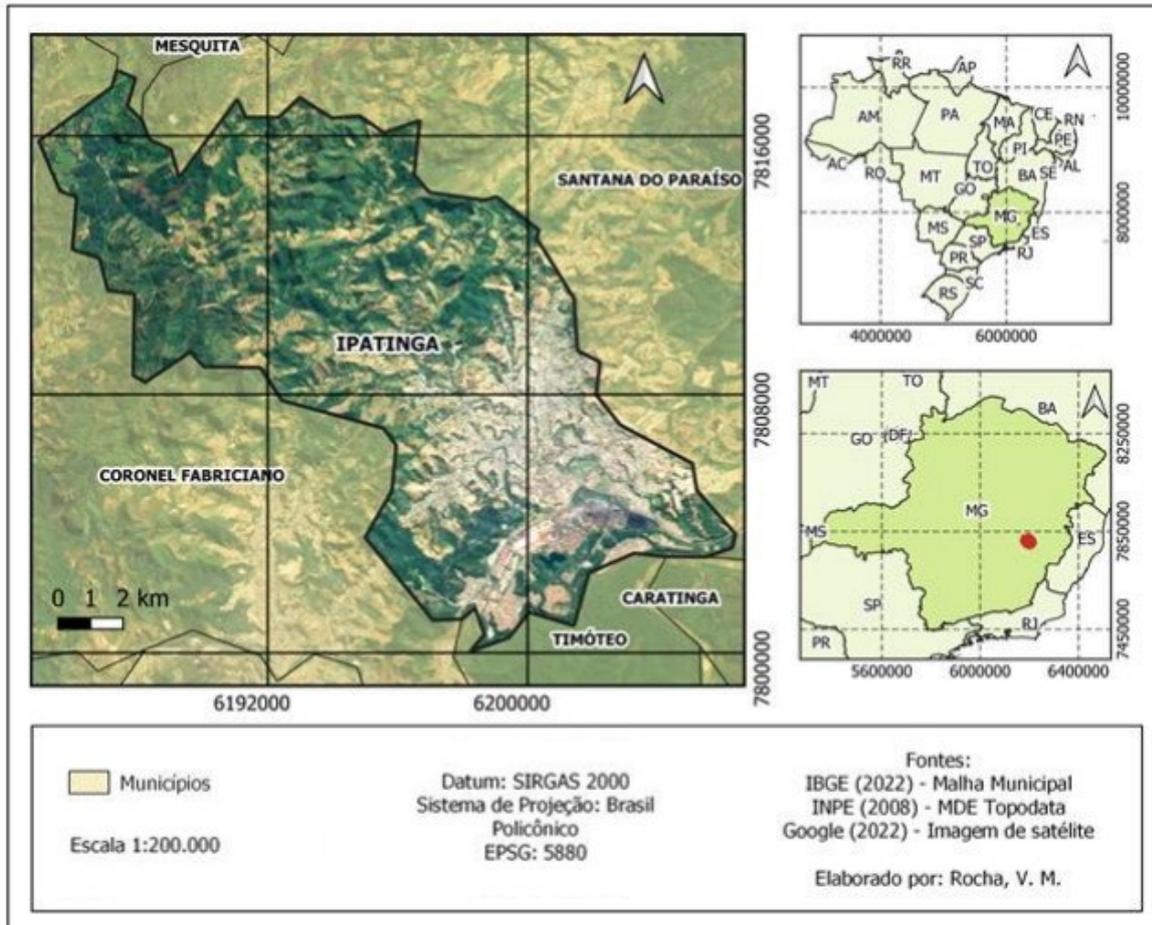
A área a ser estudada (Figura 8) está localizada no estado brasileiro de Minas Gerais, mais especificamente no município de Ipatinga. O município pertence a região econômica do Vale do Aço em uma distância de 217 km a oeste da capital mineira Belo Horizonte. Segundo o IBGE (2022), a população estimada em 2021 era de 267.333 habitantes, sendo a décima cidade mais populosa do estado, com uma densidade de 1.452 habitantes/km².

A economia é apoiada na indústria siderúrgica, abrigando um dos maiores complexos industriais do ramo no país, além disso a agropecuária e o turismo de negócio demonstram destaque, gerando um PIB de R\$44.915,22 per capita (IBGE, 2019).

O clima da região enquadra-se no tipo AW – Tropical Quente Semi-Úmido, de acordo com a classificação de Köppen, com um inverno seco marcado por baixos índices de precipitação. Os valores médios anuais de precipitação apresentam em torno de 1.300mm, com uma umidade relativa do ar de 79% e uma temperatura média de 23°C (Lopes et al., 2002).

Com relação ao relevo, apresenta uma topografia bastante movimentada, com encostas íngremes, localizadas, principalmente, na zona periférica do município, as quais se tornam as áreas ainda mais suscetíveis aos movimentos de massa (OLIVEIRA et. al., 2006). Devido à forte presença de morros ao longo de sua extensão, principalmente no setor norte, foi se escolhido este município como área de estudo para aplicação dos métodos de estudos (Figura 8).

Figura 8 – Mapa de localização da área de estudo.



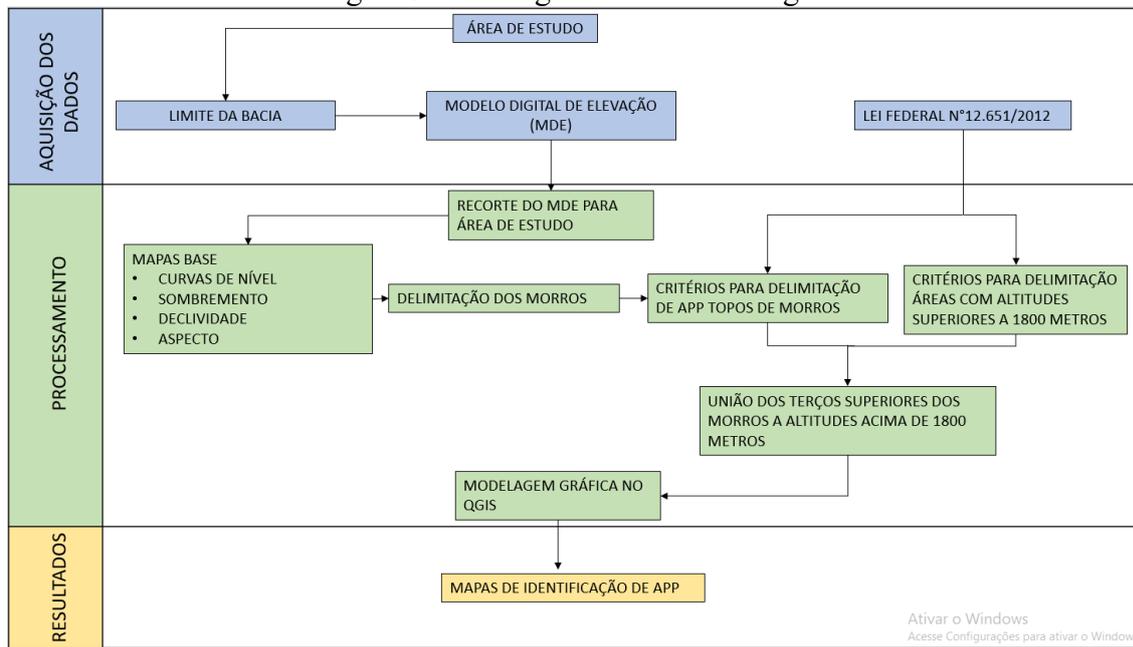
Fonte: O autor (2022).

3.3 Método

O processo metodológico executado é uma fase importante para compreensão do projeto proposto. Para uma melhor esquematização das etapas, foi realizado o fluxograma da metodologia, como demonstrado na Figura 10, com o objetivo de demonstrar de maneira ilustrativa e objetiva o processo de desenvolvimento do trabalho. As etapas foram divididas em 3 seções de trabalho, sendo elas: Aquisição de dados, processamento e resultados.

A partir da escolha da área de estudo, os arquivos base contendo o desenho vetorial delimitação e Modelo Digital de Elevação (MDE) são adquiridos pelos sites da ANA e do Topodata, respectivamente. A delimitação dos municípios foi utilizada com base nos dados fornecidos pelo IBGE, portanto, fez-se o download em formato *shapefile* do município de Ipatinga e dos municípios limítrofes. Logo após, fez-se o download dos dados da altitude de 1 folha na escala 1:250.000 do MDE Topodata, com resolução espacial de 30 metros, para cobrir toda a região em questão, como demonstra a Figura 9.

Figura 9 – Fluxograma da metodologia.



Fonte: O autor, (2022).

3.3.1 Aplicação no *software* QGIS

Neste tópico, será demonstrada a metodologia aplicada para a delimitação de APP em topos de morros. Para posteriormente esse método ser unificado em uma ferramenta do QGIS, denominada modelador gráfico. Essa metodologia já foi aplicada em outros trabalhos, tais como em Hott *et al.*, (2004) e Oliveira e Filho (2015).

➤ **Reprojeção e recorte do MDE**

- a) Seleção do MDE para a área de estudo, sendo 15 cartas/folhas na escala 1:250:000, com ~30 metros de resolução.
- b) Mesclagem das 15 cartas para formar uma única folha.
- c) Reprojeção do SRC.
 - De WGS84/EPSSG:4326 para SIRGAS2000 -23S/EPSSG:31983.
 - Vizinho mais próximo.
 - Valor sem dados "0".
 - Resolução não definida.
- d) Recortar MDE pelo *shapefile* da área de estudo.

➤ **Projeto de mapas-base**

- a) Gerar os mapas de relevo sombreado, aspecto e declividade - em graus.

b) Gerar as curvas de nível (25m; 50m; e 100m).

➤ **Delimitação de morros:**

a) Gerar MDE hidrologicamente consistente:

- Ferramentas fill: “fillsinks” - remove as áreas espúrias, como fundo de rios e vales.

b) Inversão do MDEHC pela calculadora raster:

- (“mdehc_inv” = (MDEHC)*(-1)).

c) Execução do algoritmo “r.terraflow” sobre o raster “mdehc_inv” para obtenção dos limites das bases dos picos → raster de saída “limite_bases”.

ou

d) Execução do algoritmo “watershed_segmentation” sobre o raster “mdehc_inv” para obtenção dos limites das bases dos picos → raster de saída “limite_bases”.

e) Transformar o raster em arquivo vetorial através do

- raster to vector - poligonizar.

f) Dissolver polígonos com mesmo FID, devido à alguns polígonos serem de tamanho de 1 ou 2 pixels e pertencerem à morros maiores.

➤ **Determinação dos critérios para delimitar app de topo de morro:**

a) Cálculo da declividade média de cada morro:

- Estatística zonal (entrada-declividade).

b) Cálculo da diferença de altura para cada morro:

- Estatística zonal (entrada: MDE)

c) Extrair os morros (“extractbyexpression) com diferença de altura acima de 100m e declividade acima de 25graus:

- (“Alt_range\” >= 100 AND “Decliv_mea\” >= 25”).

d) Calcular o valor do terço dos morros referentes à seleção (“fieldcalculator”):

- (“Alt_max\” - (“Alt_range\” /3)).

e) Selecionar no MDE as áreas referentes à extração (cliprasterbymasklayer).

f) Converter os pixels do MDE filtrado para polígono/vetor (pixelstopolygons).

g) Unir os pixels com os morros (joinattributesbylocation).

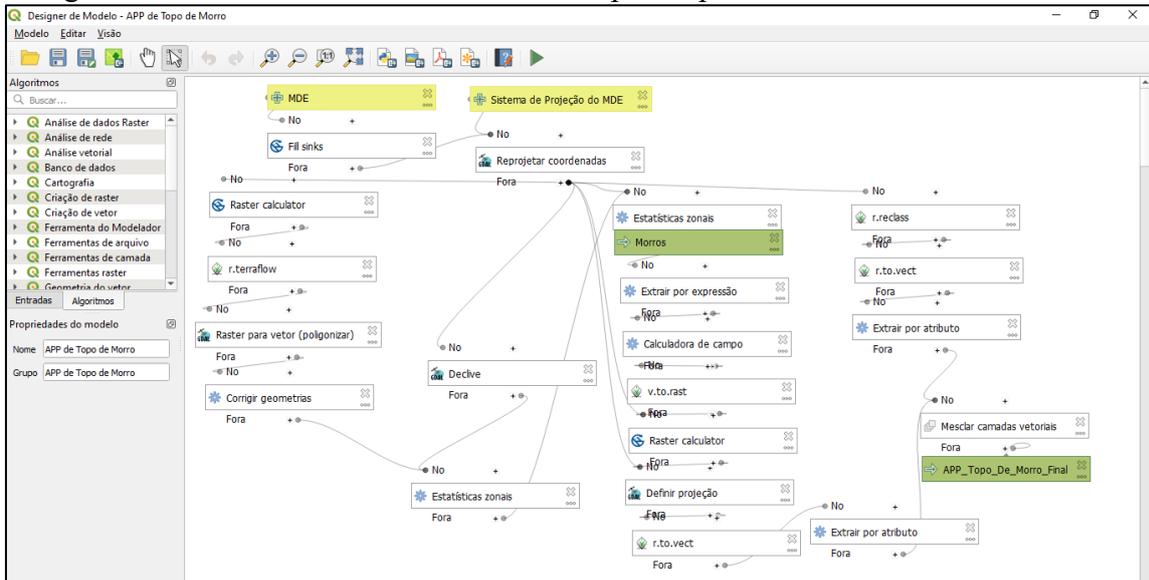
h) Determinar o local do terço superior dos morros (extractbyexpression):

- ("VALUE" >= "3Super_Aci").
- **Seleção das áreas com altitude acima de 1800m:**
 - a) Reclassificação do MDE (r.recode) :
 - Classe 0 varia de -50 até 1799.99.
 - classe 1 varia de 1800 até 50000.
 - b) Vetorizar as áreas acima de 1800 m (raster to vector - poligonizar).
 - c) Extrair as áreas acima de 1800 m.
 - **União da camada dos terços superiores dos morros com a camada dos locais acima de 1800m.**

Após esses métodos, foi feita a realização dos mapas contendo as APPs identificadas para a área de estudo. O passo seguinte foi definir os dados de entrada e os dados de saída, os quais são os parâmetros de processamento e determinam como os algoritmos são organizados e mostram como os elementos estão vinculados entre si no fluxo de trabalho do modelador gráfico por meio de uma caixa de diálogo e através de linhas de conexão. A definição dos parâmetros de processamento visa padronizar e sequenciar logicamente as etapas em apenas uma ferramenta acessível por meio de interface e desenvolvida sem a necessidade de implementar linhas de código.

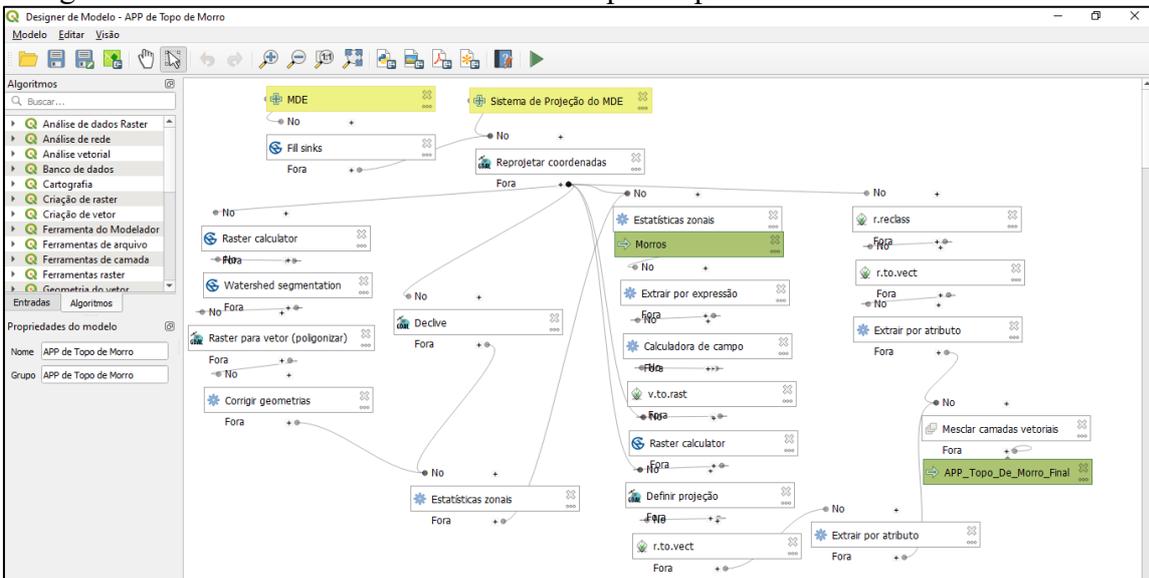
Posteriormente à realização dos procedimentos pelas ferramentas do software QGIS, as etapas para gerar as delimitações de APPs de topo de morro foram implementadas no modelador dos processos do QGIS. Além do mais, sabido o objetivo da pesquisa de investigar duas ferramentas para delimitação de morros, GRASS: *Terraflow* e SAGA: *Watershed segmentation*, o modelador gráfico facilitará a comparação dos resultados obtidos por essas ferramentas. É possível visualizar os modelos gráficos implementados nas Figuras 10 e 11 para as ferramentas Terraflow e Watershed segmentation, respectivamente.

Figura 10 – Interface do Modelador Gráfico para o processamento com o Terraflow.



Fonte: O autor, (2022).

Figura 11 – Interface do Modelador Gráfico para o processamento com o Watershed.



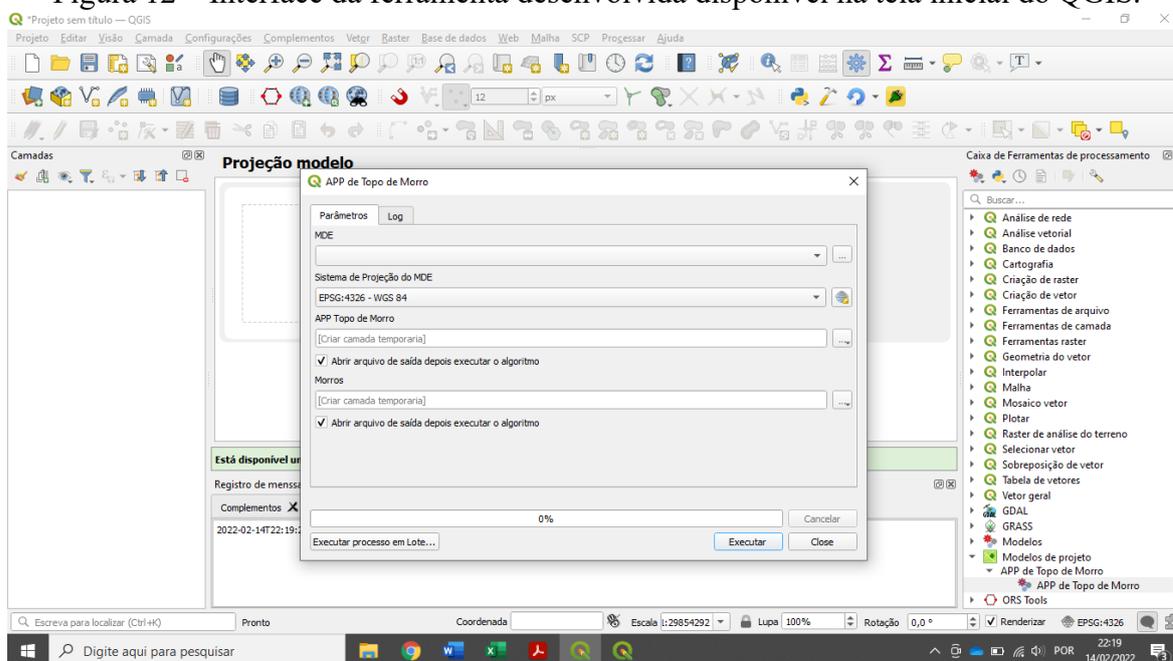
Fonte: O autor, (2022).

4 RESULTADOS

Para os resultados dessa pesquisa serem alcançados, duas etapas foram consideradas durante a metodologia. A primeira etapa diz respeito à obtenção e ao processamento de dados altimétricos disponíveis em modelos de altitude, enquanto a segunda etapa engloba a elaboração de uma ferramenta para processamento de Modelo Digital de Elevação (MDE) em ambientes SIG por meio de um modelador de processos. Para tanto, foram utilizados o MDE do site Topodata (Folha - 19S435ZN), enquanto as bases cartográficas para delimitação do município de Ipatinga foram consultadas no site INPE.

A ferramenta para modelar o processamento de MDE foi utilizada por meio do software QGIS, para tal, definiu-se o fluxo de trabalho a ser executado como uma única etapa. À vista disso, torna-se possível realizar as tarefas de processamento de dados para produção de mapas como uma tarefa única, ou seja, ocorre uma execução de rotinas de trabalho como um lote a partir de um grande número de arquivos de entradas. O resultado do processamento construído no modelador de processamento é uma interface disponível na tela principal do QGIS, como disponível na Figura 12.

Figura 12 – Interface da ferramenta desenvolvida disponível na tela inicial do QGIS.

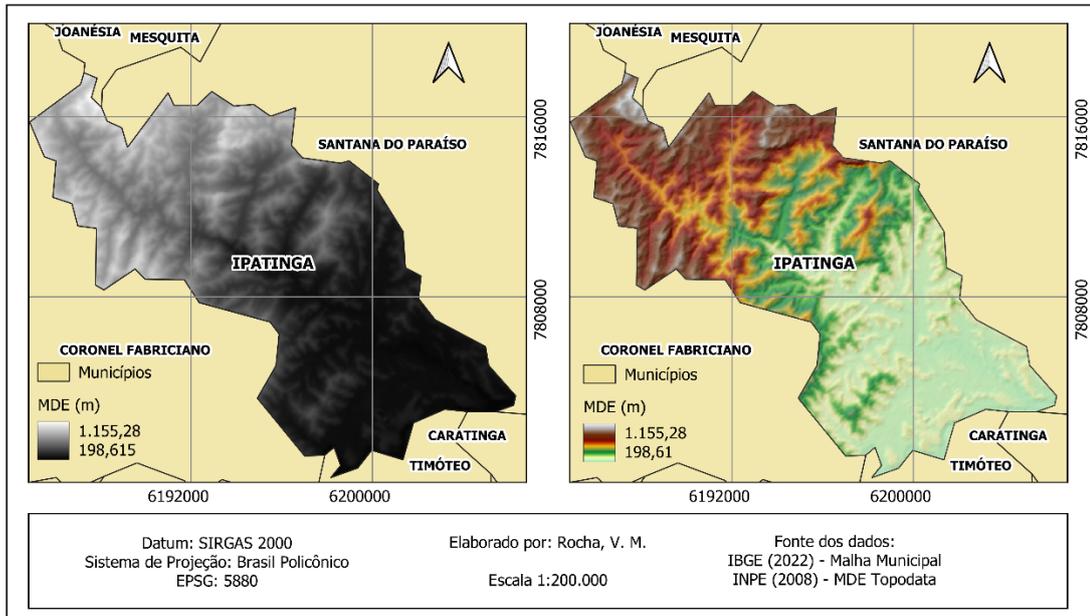


Fonte: O autor, (2022).

Para aplicar a metodologia proposta para identificação das APP na área de estudos deste trabalho, inicialmente, foram gerados os mapas de hipsometria (em escalas de cinza e

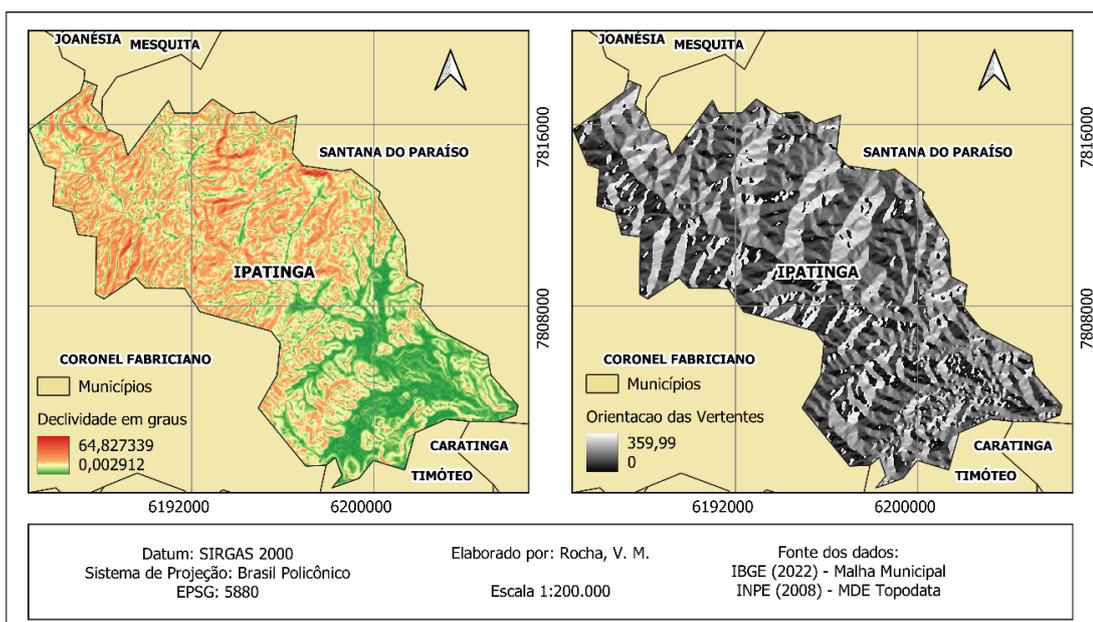
colorido + relevo sombreado) (Figura 13), logo após, foram gerados os mapas de declividade e relevo Sombreado (Figura 14). A partir desses mapas, percebeu-se que as maiores altitudes e as maiores declividades estão localizadas no setor norte do município de Ipatinga -MG. A altitude variou de 198m até 1155m, enquanto a declividade variou de 0° até 65°, o mapa de aspecto ou inclinação das vertentes aponta que os morros possuem distintos formatos e extensões.

Figura 13 – Mapa base – MDE e relevo sombreado da área de estudo.



Fonte: O autor, (2022).

Figura 14 – Declividade e Aspecto (inclinação das vertentes) do relevo da área de estudo



Fonte: O autor, (2022).

Para a tarefa de delineamento dos morros pelas ferramentas Watershed Segmentation e Waterflow, foram encontrados resultados altamente discrepantes para uma mesma área. Como pode ser percebido no Quadro 2, enquanto o Terraflow delineou na área de estudo uma alta quantidade de morros com áreas médias de 0,01 km², o Watershed segmentation delineou menos da metade da quantidade de morros, os quais apresentaram área média de 0,04 km².

Tabela 2 – Quantidade e área média de morros delineados.

	TerraFlow	Watershed
Nº Morros	1591	647
Área Média (m²)	92415,47	254795,34

Fonte: O autor, (2022).

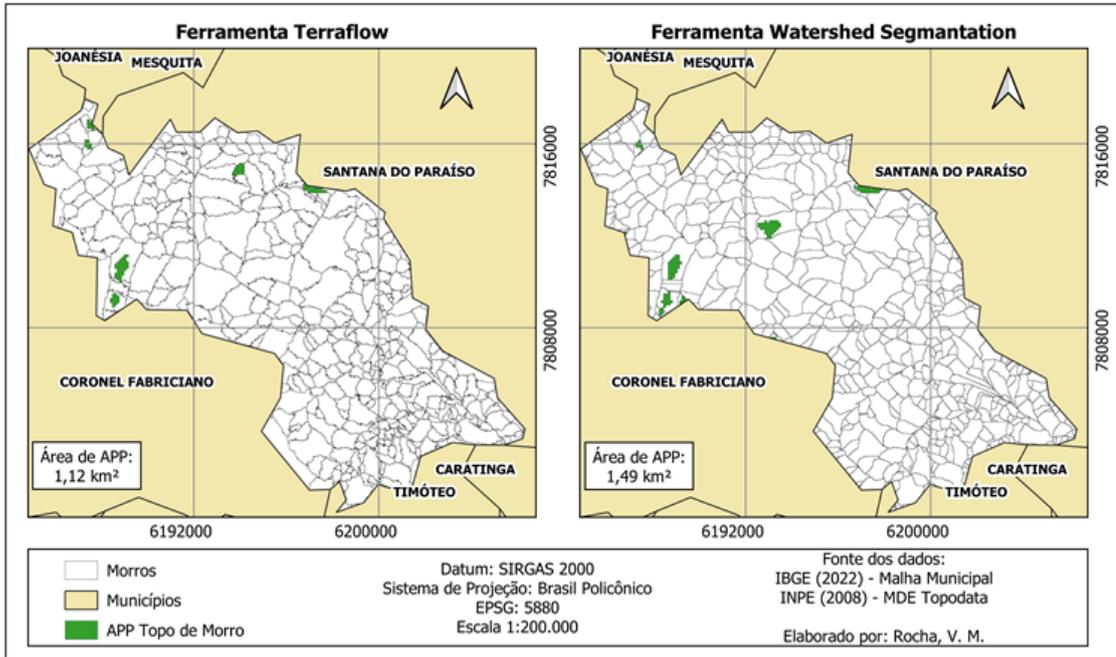
Após a execução do modelador gráfico desenvolvido nessa pesquisa, foi possível perceber a discrepância nos resultados encontrados para os diferentes delineadores de morros utilizados (Figura 15). O Terraflow encontrou 6 áreas de APP de topo de morro com área total de 1,12km², enquanto utilizando o watershed foi encontrar 9 áreas de APP de topo de morro com área total de 1,49km² (Tabela 3). A taxa de sobreposição entre as ferramentas foi de cerca de 48% (Figura 16).

Tabela 3 – Quantidades e áreas de APP de Topo de morros em Ipatinga.

Ferramenta	Nº APP	Area (m²)	Total (m²)	Total (km²)	% Incidência
Terraflow	1	87810,55	1.121.913,47	1,12	0,0068 com o município
	2	87811,14			
	3	185343,98			
	4	204832,51			
	5	400011,93			
	6	156103,36			
Watershed Segmentation	1	447096,99	1.496.867,28	1,49	0,0090 com o município
	2	398545,89			
	3	252674,53			
	4	184694,28			
	5	68047,46			
	6	58324,68			
	7	58323,45			
	8	19438,77			
	9	9721,23			
Sobreposição	1	722921,64	722921,64	0,72	48,3222 entre as ferramentas

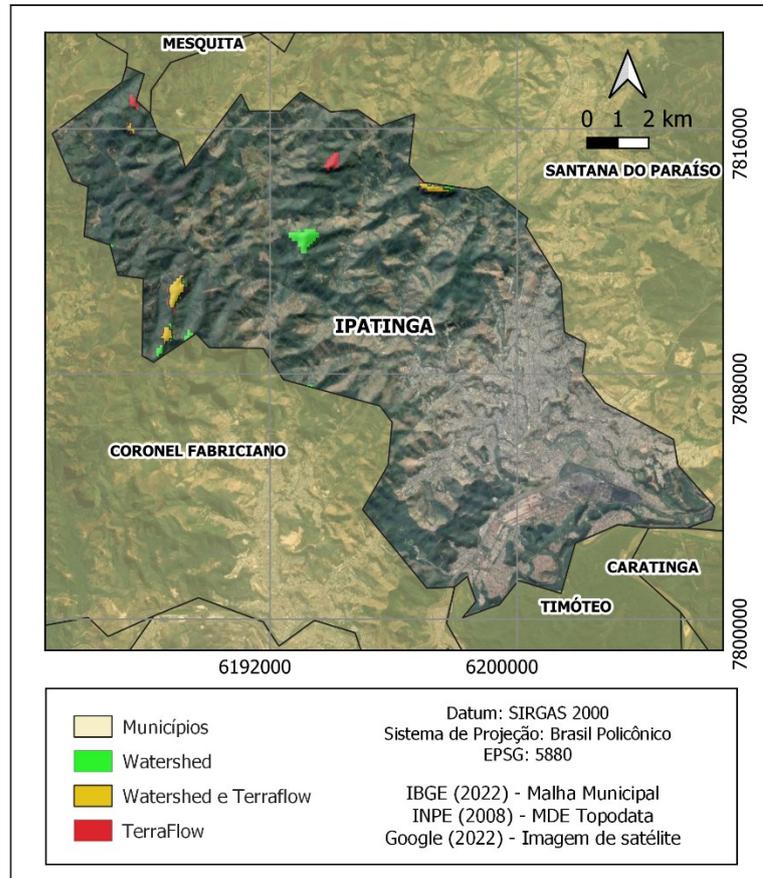
Fonte: O autor, (2022).

Figura 15 – Delineamento de APP de topo de morro no município de Ipatinga.



Fonte: O autor, (2022).

Figura 16 – Sobreposição de delineamento de APP de topo de morro no município de Ipatinga (MG) com as ferramentas Terraflow e Watershed segmantation.



Fonte: O autor, (2022).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para a realização deste trabalho, buscou-se explorar o uso de geotecnologia em Sistemas de Informações Geográficas (SIG) para processar imagens de Sensoriamento Remoto utilizadas para modelar digitalmente a superfície terrestre. Para tal, foram utilizados Modelos Digitais de Elevação (MDE) que representam a elevação da superfície topográfica. O SIG escolhido para este trabalho foi o QGIS, o qual foi utilizado para processar o MDE, além de ser utilizado para desenvolver uma ferramenta que propiciou o processamento semiautomático de MDE. Os materiais dessa pesquisa foram escolhidos devido às suas potencialidades de utilização em aplicações cartográficas, além de serem fornecidos gratuitamente.

A modelagem em SIG foi adequada para a delimitação nas APPs em topos de morro, segundo a Lei nº 12.651/2012 (Código Florestal). Visto que as APP de topo de morro baseadas na Lei nº 12.651/2012 são uma das áreas mais complexas de serem levantadas, por meio de imagens de radar *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), foi adquirida uma folha da SRTM4 - Topodata (19S435ZN) articulada no Estado de Minas Gerais com resolução espacial de 30m e de aproximadamente 12.218,39 km², onde nesta foram detectadas 1.034 feições de topos de morros. A metodologia retornou resultados satisfatórios e evidenciou a necessidade de padronização e estudos mais aprofundados sobre as ferramentas delimitação de APP de Topo de Morros.

Ao fim deste trabalho, após a aplicação da sequência dos métodos propostos, como a geração dos mapas bases, foi possível alcançar a geração de mapas de identificação de APP de topos de morros e áreas acima de 1.800 metros de maneira semiautomática, com a geração de uma ferramenta no QGIS desenvolvida através Modelador Gráfico. De maneira geral, vislumbra-se que com a criação de uma ferramenta no QGIS, se consiga identificar essas APP, apenas com a entrada de imagens de MDE e o limite da região que se deseja aplicar o estudo. Com esse objetivo alcançado, do desenvolvimento desse acessório, ele poderá ser utilizado em todo território brasileiro, pois segue os parâmetros de uma Lei Federal do Brasil.

A partir das exigências da legislação, aliada a disponibilidade de MDE e softwares GIS gratuitos, foi possível identificar Áreas de Preservação Permanente em topo de morro em Ipatinga, assim como definir um modelo que pode ser replicado para outras regiões. Entretanto, é necessário a consciência por parte do usuário das limitações impostas pelos dados utilizados, por exemplo, a resolução espacial dos MDEs (30 m) pode ter limitado a detecção de outras APPs.

Os resultados encontrados apontaram a discrepância nos valores de área encontrados ao serem utilizadas diferentes ferramentas de processamento. Enquanto a ferramenta Watershed Segmentation do SAGA encontrou uma área aproximada de 1,49 km², a ferramenta Terraflo encontrou uma área aproximada de 1,12 km², com uma sobreposição de cerca de 48% de área delimitada. Nesse sentido, futuros estudos e outras ferramentas de delimitação de morros, bem como podem avaliar essa metodologia para outros MDE, com diferentes resoluções espaciais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARCHELA, R. S. *et al.* Abordagem Metodológica para Cartografia Ambiental. **Geografia (Londrina)**. Londrina, p. 54-62. fev. 2002. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/view/7643/6739>. Acesso em: 15 abr. 2021.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Ana). Ministério do Desenvolvimento Regional. **Aquífero Alter do Chão é o maior reservatório de água do planeta**. 2019. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/noticias-antigas/aquafero-alter-do-chapso-a-c-o-maior-reservata3rio.2019-03-15.3692202018>. Acesso em: 26 maio 2021.

BRASIL. Constituição (1934). **Decreto nº 23.793, de 23 de janeiro de 1934**. Brasília, Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1930-1939/decreto-23793-23-janeiro-1934-498279-publicacaooriginal-78167-pe.html>. Acesso em: 08 maio 2021.

BRASIL. Constituição (1965). **Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965**. Brasília, Revogada pela Lei nº 12.651, de 2012. Institui o novo Código Florestal. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/14771.htm. Acesso em: 06 abr. 2021.

BRASIL. Constituição (1986). **Lei nº 7.511, de 7 de julho de 1986**. Disponível em: <https://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/103346/lei-7511-86#:~:text=%C2%A7%201%C2%BA%20%C3%89%20permitida%20ao,sobreviv%C3%AAncia%20e%20desenvolvimento.%22%20Art..> Acesso em: 05 maio 2021.

BRASIL. Constituição (1989). **Lei nº 7.803, de 18 de julho de 1989**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/17803.htm. Acesso em: 05 maio 2021.

BRASIL. Constituição (2012). **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Brasília, Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm. Acesso em: 20 abr. 2021.

BRASIL. Constituição (2001). **Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001**. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento?dm=3460118&disposition=inline#:~:text=MEDIDA%20PROVIS%C3%93RIA%20No%202.166,bem%20como%20altera%20o%20art..> Acesso em: 05 maio 2021.

BRASIL. **Resolução Conama nº 302, de 20 de março de 2002**. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de áreas de preservação permanente. **Diário Oficial da República Federativa**. Brasília, DF, 20 mar. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=299>. Acesso em: 23 mar. 2020.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos, INPE, 2001.

CDH-DOCE. **A BACIA**. Disponível em: <http://www.cbhdoce.org.br/institucional/a-bacia>. Acesso em: 03 jun. 2021.

COELHO, L; BRITO, J. N. **Fotogrametria digital**. Rio de Janeiro: Uerj, 2007.

CONAMA. **O que é o CONAMA?** Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/>. Acesso em: 16 abr. 2021.

COSTA, J. A. L. **AVALIAÇÃO DE DADOS DE RADAR DO SENSOR SAR-R99B NO MAPEAMENTO DO USO E COBERTURA DA TERRA NA AMAZÔNIA CENTRAL, MUNICÍPIO DE MANAUS, AM.** 2011. 116 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Florestais e Ambientais, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2011.

EMBRAPA. **Área de Preservação Permanente (APP).** Disponível em: <https://www.embrapa.br/codigo-florestal/entenda-o-codigo-florestal/area-de-preservacao-permanente#:~:text=12.651%2F2012%2C%20%3%81rea%20de%20Preserva%C3%A7%C3%A3o,o%20bem%2Destar%20das%20popula%C3%A7%C3%B5es>. Acesso em: 29 abr. 2021.

EGG, G.C. Geração de Modelos Digitais de Superfícies Compostos Utilizando Imagens do Sensor PRISM/ALOS, 2012 159 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2012.

FEDERAL, S F. **Notícias STF.** 2020. Disponível em: <http://www.stf.jus.br/portar/cms/verNoticiaDetalhe.asp?idConteudo=452777>. Acesso em: 16 abr. 2021.

FELGUEIRAS, C. A.; CÂMARA, G. MODELAGEM NUMÉRICA DE TERRENO. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à Ciência da Geoinformação.** São José dos Campos: Inpe, 2001. p. 1-345. Disponível em: <http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.22.07.43/doc/publicacao.pdf>. Acesso em: 06 maio 2021.

FORMAGGIO, A. R.; SANCHES, I. D. Sensoriamento Remoto em agricultura São Paulo: Oficina de textos, 2017. 288p.

GARCIA, G. J. **Sensoriamento remoto: princípios e interpretação de imagens.** São Paulo: Nobel, 1982. 357 p.

GIOVANINI, A. **Hipsometria: o que é e para que serve?** Disponível em: <https://adenilsongiovanini.com.br/blog/hipsometria/>. Acesso em: 24 maio 2021.

Hott, M. C.; Fonseca, L. D. M.; Pimentel, F. O. Rabelo, M. C.; Resende, J. C. (2013). Análise do novo código florestal em relação a áreas de preservação permanentes para a mesorregião Sul/Sudoeste de Minas Gerais. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16, 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: SBSR. p. 4792-4798. Disponível em: <[http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0744.p df](http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0744.p%20df)>. Acesso em 16 de maio de 2013.

IBGE. **Modelo Digital de Elevação - MDE: o que é.** 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/modelos-digitais-de-superficie/modelos-digitais-de-superficie/10856-mde-modelo-digital-de-elevacao.html?=&t=o-que-e>. Acesso em: 06 maio 2021

IBGE. **Ipatinga.** Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/ipatinga/panorama>. Acesso em: 21 março 2022;

INPE. **Teoria: Processamento de Imagens.** Disponível em:

<http://www.dpi.inpe.br/spring/teoria/realce/realce.htm#:~:text=As%20t%C3%A9cnicas%20voltadas%20para%20a,sa%C3%ADda%20do%20processo%20s%C3%A3o%20imagens.>

Acesso em: 22 abr. 2021.

INPE. **Declividade ou Gradiente.** Disponível em:

http://www.dpi.inpe.br/Ambdata/declividade_gradiente.php. Acesso em: 24 maio 2021.

INPE. **Monitoramento do Desmatamento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite.**

2020. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>.

Acesso em: 26 maio 2021.

INPE. **TOPODATA: Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil.** 2021. Disponível em:

<http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>. Acesso em: 24 maio 2021.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente:** uma perspectiva em recursos terrestres.

São José dos Campos: Parêntese, 2009. 598p.

LAPIG. **Aspecto.** Disponível em:

https://www.lapig.iesa.ufg.br/lapig/cursos_online/qgis/aspecto.html. Acesso em: 31 maio 2021.

LOPES, W. P. L.; SILVA, A. F.; SOUZA, A. L.; NETO, A. A. M. 2002.

Phytosociological structure of a stand of arboreal vegetation in Rio Doce State Park - Minas Gerais, Brasil. **Acta Botânica do Brasil**, 16 (4): 443-456

LOUSADA, G; FERNANDES, M.C. Avaliação da precisão vertical de Modelos Digitais de Elevação e análise de tendências em diferentes domínios Geomorfológicos. **Revista Brasileira de Cartografia**. Rio de Janeiro. v.69, n.7, p.1263-1276, 17 de jul. 2017.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Resolução Conama nº 500, de 19 de outubro de 2020. Brasília, 21 out. 2020. Seção 1.

NOWATZKI, A; SANTOS, L. J. C; PAULA, E.V. Utilização do Sig na delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APP's) na bacia do rio Sagrado (Morretes/PR). **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v.22, n.1, p. 107-120, abr. 2010. il.

OLIVEIRA, M. J. Proposta Metodológica para Delimitação Automática de Áreas de Preservação Permanente em Topos de Morro e em Linha de Cumeada. Viçosa: UFV, 2002. 53p. **Dissertação** (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa.

OLIVEIRA, F. A. *et al.* Identificação e discriminação de áreas de risco no entorno urbano de ipatinga, brasil. **Rev. Int. de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil.**, [s. l], v. 7, n. 59, p. 59-70, out. 2006.

OLIVEIRA, G. C; FERNANDES FILHO, E. Í. **Metodologia para delimitação de APPs em topos de morros segundo o novo Código Florestal brasileiro utilizando sistemas de informação geográfica.** ANAIS XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2015, INPE.

PEREIRA, V. S. **Entenda o que é Sensoriamento Remoto**. 2019. Disponível em: <https://www.austertecnologia.com/single-post/Sensoriamento-Remoto>. Acesso em: 05 maio 2021.

QGIS. **QGIS - A liderança do SIG de código aberto**. Disponível em: https://www.qgis.org/pt_BR/site/about/index.html. Acesso em: 26 maio 2021.

QGIS. **O modelador gráfico**. Disponível em: https://docs.qgis.org/2.18/pt_BR/docs/user_manual/processing/modeler.html. Acesso em: 26 maio 2021.

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**. 7 ed. Uberlândia: EDUFU, 2009. 264p.

SANTOS, et al. **Utilização de Geotecnologia para o Mapeamento de Áreas de Preservação Permanente no Município de João Neiva**, (ISSN 2179-8087) ES. Floresta e Ambiente 2015; 22(1):13-22p.

SCCON. **MDT E MDS**. 2020. Disponível em: <https://www.scccon.com.br/produtos/mdt-e-mds/>. Acesso em: 31 maio 2021.

SCHAFFER, W. B. *et al.* **Série Biodiversidade 41 - Áreas de Preservação Permanente e Unidades de Conservação X Áreas de Risco. O que uma coisa tem a ver com a outra?** Brasília: Mma - Ministério do Meio Ambiente, 2011. (SCHAFFER *et al.*, 2011)

USGS. **USGS EROS Archive - Digital Elevation - Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) 1 Arc-Second Global**. Tradução do Google Disponível em: https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-digital-elevation-shuttle-radar-topography-mission-srtm-1-arc?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects Acesso em: 25 de mar. 2021.

SIQUEIRA, M. S. *et al.* Impactos das alterações de uso e ocupação do solo considerando a variabilidade climática e hidrológica na região do semiárido. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, Pombal, v. 11, n. 01, p. 139-149, jan. 2017. Anual. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RBGA/article/view/5272/4366>. Acesso em: 26 maio 2021.

Sistema de Modelagem Costeira (SMC). **MÓDULO DE “MODELAGEM DO TERRENO (MMT)”**. In: (SMC), Sistema de Modelagem Costeira. **Manual do usuário**. Brasil: SMC, 2015. Disponível em: hrome-error://chromewebdata. Acesso em: 06 maio 2021.

SMITH, M.J.; GOODCHILD, M.F; LONGLEY, P.A. *Geospatial analysis. Matador*, 100p. 2009.

SUBRAMANIAN, K. S. S.; SINGH, A.; SUDHAKAR, M. **Evaluation of digital elevation models created from different satellite images**. 2005. Disponível em: <http://www.gisdevelopment.net/technology/rs/mi03079pf.htm>>. 12 maio 2021.

TOSTO, S. G. *et al.* AVALIAÇÃO DE DIFERENTES MODELOS DIGITAIS DE SUPERFÍCIE (MDS) NA DELIMITAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRIRIM-AP UTILIZANDO O SOFTWARE INVEST. In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 14., 2020, Campinas. **Anais [...]**. Campinas: Ciic, 2020. p. 1-12.

USP. **MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO.** Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2027283/mod_resource/content/0/PMI3331%20-MDE.pdf. Acesso em: 05 maio 2021.

UNICONCO. **Relevo Sombreado.** 2019. Disponível em: <https://www.unionco.org/portal/home/item.html?id=0cbf345773824e098014f3cf13348a72>. Acesso em: 24 maio 2021.

VALERIANO, M. M. **Topodata:** Guia para utilização de dados Geomorfológicos Locais. São José dos Campos, SP: INPE: Coordenação de Ensino, Documentação e Programas Especiais (INPE-15318-RPQ/818). 79p., 2008.

VEIGA, L. A. K; ZANETTI, M. A. Z; FAGGION, P. L. **Fundamentos de Topografia.** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2012. 274 p.

ZANOTTA, D. C.; FERREIRA, M. P.; ZORTEA, M. **Processamento de Imagens de Satélite.** São Paulo: Oficina de Textos, 2019. 320 p. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=l6SWDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT5&dq=Processamento+Digital+de+Imagens+de+Sat%C3%A9lite&ots=YvJ8O7peac&sig=ZruwtDwVlt_8gVaHvyLsmwAr9e0#v=onepage&q=Processamento%20Digital%20de%20Imagens%20de%20Sat%C3%A9lite&f=false. Acesso em: 22 abr. 2021.