

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

DANIEL CLIMACO PATÊZ

**MAPEAMENTO DE RISCO ASSOCIADO A ESCORREGAMENTOS E
INUNDAÇÕES A PARTIR DE LEVANTAMENTO AEROFOTOGRAFÉTRICO:
ESTUDO DE CASO: ECOPORANGA/ES**

MONTE CARMELO

2023

DANIEL CLIMACO PATÊZ

**MAPEAMENTO DE RISCO ASSOCIADO A ESCORREGAMENTOS E
INUNDAÇÕES A PARTIR DE LEVANTAMENTO AEROFOTOGRAFÉTRICO:
ESTUDO DE CASO ECOPORANGA/ES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica.

Área de concentração: Cartografia e SIG

Orientadora: Prof^ª. Dra. Tatiane Assis Vilela Meireles.

Coorientador: Prof^º. Me. Absalão Aranha Nascimento.

MONTE CARMELO

2023

DANIEL CLIMACO PATÊZ

**MAPEAMENTO DE RISCO ASSOCIADO A ESCORREGAMENTOS E
INUNDAÇÕES A PARTIR DE LEVANTAMENTO AEROFOTOGRAMÉTRICO:
ESTUDO DE CASO ECOPORANGA/ES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica.

Área de concentração: Cartografia e SIG

Orientadora: Prof^ª. Dra. Tatiane Assis Vilela Meireles.

Coorientador: Prof^º. Me. Absalão Aranha Nascimento.

Aprovado em: ____ / ____ / ____

Banca Examinadora:

Prof^ª. Dra. Tatiane Assis Vilela Meireles (Orientadora)
Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

Prof^º. Me. Absalão Aranha Nascimento (Coorientador)
Instituto Federal do Espírito Santo (IFES)

Prof^º. Dr. Wagner Carrupt Machado
Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

MONTE CARMELO

2023

RESUMO

Com o crescimento acelerado e desordenado as cidades acabam expandindo sem planejamento e muitas vezes em locais inapropriados para a ocupação humana, como ocorre em algumas situações no município de Ecoporanga, no estado do Espírito Santo. O que pode acarretar em desastres como inundações e escorregamentos de massa, onde a depender das condições do meio de ocupação pode-se ter uma alta vulnerabilidade aos fenômenos perigosos. Em maio de 2013 o Serviço Geológico do Brasil (CPRM) iniciou um mapeamento de riscos de vários municípios do Brasil, a fim de gerar uma carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações. Neste mapeamento, o município de Ecoporanga resultou em várias áreas com alta suscetibilidade a escorregamentos e inundações, tendo no parecer técnico do mapeamento a necessidade de estudos em nível local. Desta forma, o presente trabalho tem o intuito de realizar o levantamento de dados com a utilização de Aeronave Remotamente Pilotada (ARP) e caracterizar as áreas de risco com informações atualizadas. Utilizando para isto, análise multicritério pelo método de Processo Analítico Hierárquico (AHP) possibilitando estabelecer a influência de cada variável e gerar um mapa de riscos associado a escorregamentos e inundações, que poderá ser utilizado para tomadas de decisão, gestão de recursos e planejamentos ambientais.

Palavras-chave: Vulnerabilidade, Desastre, Análise Multicritério.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Processo fotogramétrico	15
Figura 2 - Mapa de localização de Ecoporanga/ES	17
Figura 3 - Grupos de solos no entorno da área de estudo.....	18
Figura 4 – Mapa indicando os polígonos da BATER na área de estudo	20
Figura 5 - <i>Mavic 2 Pro</i>	21
Figura 6 - GNSS A30 RTK	22
Figura 7 - <i>Arcgis Desktop 10.6.1</i>	23
Figura 8 - <i>Software Metashape Agisoft</i>	23
Figura 9 - Fluxograma do trabalho	24
Figura 10 – Registro de campo.....	25
Figura 11 - Plataforma Online <i>DroneDeploy</i>	26
Figura 12 – Coleta de pontos em campo	27
Figura 13 - GCPs e <i>Check Points</i> espacializados na área de estudo	28
Figura 14 – Marcação dos GCPs e <i>Check Points</i> no <i>Metashape Agisoft</i>	29
Figura 15 - Classificação da nuvem de pontos no <i>Metashape Agisoft</i>	29
Figura 16 - Análise planialtimétrica dos produtos gerados	35
Figura 17 - Mapa hipsométrico.	36
Figura 18 - Mapa hipsométrico da área urbana.	37
Figura 19 - Mapa de declividade.	38
Figura 20- Início do trecho canalizado do rio Dois de Setembro.....	39
Figura 21 - Mapa de uso e ocupação do solo.	40
Figura 22 - Mapa de risco a escorregamento e inundação. a) Região com blocos; b) Loteamento em área declivosa; c) Encosta íngreme com moradias.....	42
Figura 23 - Blocos de rocha próximos a residências	44
Figura 24 - Detalhe dos blocos na base do morro dos Paranhas	44
Figura 25 - Encosta íngreme com moradias	45
Figura 26 - Modelo 3D da área de estudo.	45
Figura 27 -Modelo 3D de região de loteamento.....	46
Figura 28 - Modelo 3D de moradias próximas a barrancos.	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Grupos de solos do município de Ecoporanga	19
Tabela 2 - Classificação Altitude	31
Tabela 3 - Classificação Declividade	31
Tabela 4 - Classificação do Ordenamento Urbano	32
Tabela 5 - Classificação do Estágio de Ocupação	32
Tabela 6 - Classificação do Uso e Ocupação do Solo	33
Tabela 7 – Valores para Matriz de Comparação par a par	33
Tabela 8 – Matriz de comparação par a par das variáveis	34
Tabela 9 - Peso das Variáveis	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP	Área de Preservação Permanente
ARP	Aeronave Remotamente Pilotada
AHP	Processo Analítico Hierárquico
BATER	Base Territorial Estatística de Áreas de Risco
CEMADEN	Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais
CPRM	Serviço Geológico do Brasil - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
EO	Estágio de Ocupação
GNSS	Sistema Global de Navegação por Satélite
GPS	<i>Global Positioning System</i>
GCP	<i>Ground Control Point</i>
IBGE	Instituto Brasileira de Geografia e Estatística
IDAF	Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
ISPRS	Sociedade Internacional de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto
MDT	Modelo Digital de Terreno
NTRIP	<i>Networked Transport of RTCM via Internet Protocol</i>
OU	Ordenamento Urbano
RBMC	Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo
RTK	<i>Real Time Kinematic</i>
SIG	Sistema de Informações Geográficas

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	Objetivos.....	11
2.1	Objetivo Geral	11
2.2	Objetivos específicos	11
3	Justificativa	12
4	Fundamentação teórica.....	13
4.1	Risco e Vulnerabilidade.....	13
4.2	Geotecnologias aplicadas a gestão e ao monitoramento de desastres	13
4.2.1	Fotogrametria	14
4.2.2	Análise multicritério e a importância do mapeamento de áreas susceptíveis a alagamentos e inundações	16
5	Material e métodos	17
5.1	Área de Estudo	17
5.2	Material.....	21
5.2.1	<i>Mavic 2 Pro</i>	21
5.2.2	<i>GNSS A30 RTK</i>	21
5.2.3	<i>ArcGIS Desktop</i>	22
5.2.4	<i>Metashape Agisoft</i>	23
5.3	Métodos	24
5.4	Planejamento de Campo	24
5.5	Planejamento de Voo.....	25
5.6	Coleta de Pontos e Execução de Voo	26
5.7	Processamento de Voo	28
5.8	Coleta de informações das áreas de risco	30
5.9	Classificação das variáveis	30
5.9.1	Altitude	31

5.9.2	Declividade.....	31
5.9.3	Uso e Ocupação do Solo.....	31
5.10	Análise Multicritério	33
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
6.1	Avaliação do padrão de acurácia posicional.....	34
6.2	Mapa Hipsométrico	35
6.3	Mapa de Declividade	38
6.4	Mapa de uso e ocupação do solo	39
6.5	Mapa de riscos	41
6.5.1	Riscos associados a inundações.....	43
6.5.2	Riscos associados a escorregamentos.....	43
6.5.3	Modelo 3D da área de estudo	45
7	CONCLUSÕES.....	47
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que nas últimas décadas tem ocorrido mudanças climáticas que tem potencializado fenômenos naturais, como consequência, desastres naturais.

De acordo com Tominaga, Santoro e Amaral (2015), tem sido observado um rápido crescimento urbano em várias regiões do Brasil, inclusive em áreas inadequadas para a ocupação humana. Isso aumenta os riscos aos quais a população está exposta, incluindo desastres como inundações, escorregamentos e erosão. Portanto, é crucial entender e mapear esses fenômenos, levando em consideração suas possíveis ocorrências, mecanismos e medidas preventivas.

Assim, a situação no município de estudo não é diferente do que ocorre em outros municípios do Brasil, sendo uma região de relevo acidentado e às margens de um rio, condições que favorecem o histórico de escorregamentos e inundações. Tendo registros de vários anos com incidências desses riscos, como nos anos de 2006, 2020, 2021 e 2022. Além de eventos pontuais em outros anos, é visto um aumento da frequência de registros destes fenômenos.

Dadas essas condições de risco, em maio de 2013 foi firmado parceria técnica entre a CPRM e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) para mapear os estados de São Paulo, Santa Catarina, bem como setenta e cinco municípios do Espírito Santo, dentre eles, o município de Ecoporanga. Entre os produtos gerados, destaca-se a “Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações”, elaborado na escala 1:25.000, que serve de embasamento para o planejamento e a gestão territorial, principalmente na elaboração de ações preventivas quanto a minimização de risco relacionados aos desastres naturais.

Entretanto, devido a existência de áreas no município que se caracterizam como de alto e médio risco, a nota emitida da CPRM indica que trabalhos locais devem ser realizados, o que é corroborado pela já existência de uma área de risco delimitada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) na Base Territorial Estatística de Áreas de Risco (BATER), que se encontra defasada por utilizar o censo realizado em 2010.

Desta forma o presente trabalho teve o intuito de realizar um levantamento com utilização de Aeronave Remotamente Pilotada (ARP) para obtenção da ocupação do solo e morfologia do terreno mais detalhada, utilizando uma proposta adaptada de Ross (1994) e Ferreira e Rossini-Penteado (2015) para classificação do grau de riscos das variáveis e realizar análise multicritério com o Processo Analítico Hierárquico desenvolvido por Saaty (1977),

atribuindo pesos nas variáveis que impactam na caracterização das áreas de risco e assim a geração do mapeamento de risco da área de estudo.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Identificar locais não indicados a ocupação humana, ocupadas ou não, que estão em situação de vulnerabilidade a inundações e escorregamentos no município de Ecoporanga.

2.2 Objetivos específicos

Para atingir o objetivo geral apresentado, foram considerados os seguintes objetivos específicos:

- Levantar dados provenientes de imagens aéreas com Aeronave Remotamente Pilotada (ARP) compatíveis com escala cadastral;
 - Caracterizar as áreas de risco de acordo com os fatores que impactam nos escorregamentos de massa e inundações.
 - Avaliar se o Modelo Digital de Terreno (MDT) gerado pelo aerolevanteamento possibilita identificar áreas de risco, não demarcadas em trabalhos anteriores.
-

3 JUSTIFICATIVA

A cidade de Ecoporanga – ES possui relevo acidentado e situa-se às margens do rio Dois de Setembro, que implicou em mapeamento para delimitação de áreas em alto e muito alto risco a enchentes, inundações e movimentos de massa pela CPRM, além de delimitações indicadas na BATER do IBGE que sugerem áreas de risco atrelados à vulnerabilidade social.

Visto que a nota técnica explicativa do mapeamento emitida pela CPRM e IPT indicam que estudos detalhados e em nível local são necessários principalmente em áreas de alta e média suscetibilidade, situação essa da área de estudo. Além de que as áreas delimitadas da BATER utilizam dados do censo de 2010, fazendo com que estas informações se encontrem em defasagem visto a expansão urbana e possíveis dinâmicas na ocupação ocorridas até o ano de 2023, assim torna-se relevante o levantamento de dados com características locais.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica é embasada em revisões bibliográficas para melhor compreensão do tema abordado e para o desenvolvimento da pesquisa de acordo com estudos existentes.

4.1 Risco e Vulnerabilidade

Vários são os fatores que envolvem a exposição ao risco e vulnerabilidade que uma área pode ter em relação aos riscos. Cardona (2003) apud Rossini-Penteado e Ferreira (2015) afirma que o risco e a vulnerabilidade são dependentes. Onde um dos fatores que dão origem a vulnerabilidade seria a “fragilidade física ou exposição: que é a condição de suscetibilidade do assentamento humano de ser afetado por estar em área de influência dos fenômenos perigosos e por sua falta de resistência física ante os mesmos” (Cardona, 2001, apud Rossini-Penteado e Ferreira, 2015). Em outros termos, a vulnerabilidade é dada pelas “condições determinadas por fatores ou processos físicos, sociais, econômicos, políticos, culturais, educacionais e ambientais, que aumentam a fragilidade de uma comunidade ao impacto de ameaças e deixam as pessoas mais expostas e sensíveis ao perigo.” (CEMADEN, 2017). Com isso, o risco de desastre ou a probabilidade de perdas de vidas humanas e materiais se dá pela relação entre as ameaças e a vulnerabilidade.

4.2 Geotecnologias aplicadas a gestão e ao monitoramento de desastres

Para Domingues e Simões (2007), geotecnologias são todas as tecnologias utilizadas para aquisição, processamento, manutenção, interpretação e análise de dados georreferenciados. Segundo Rosa (2005), essas soluções são compostas por *hardwares*, *softwares* e *peoplewares*, que são os recursos humanos que trabalham e manipulam as informações através destas soluções.

Visto a integração de dados e análise do espaço, a geotecnologia desempenha um importante papel no monitoramento em regiões propensas a desastres. Observando múltiplas variáveis que incidem sobre o local que oferecem risco para o assentamento humano, riscos de desastres podem ser reduzidos, assim como um melhor direcionamento dos recursos públicos, como a defesa civil.

4.2.1 Fotogrametria

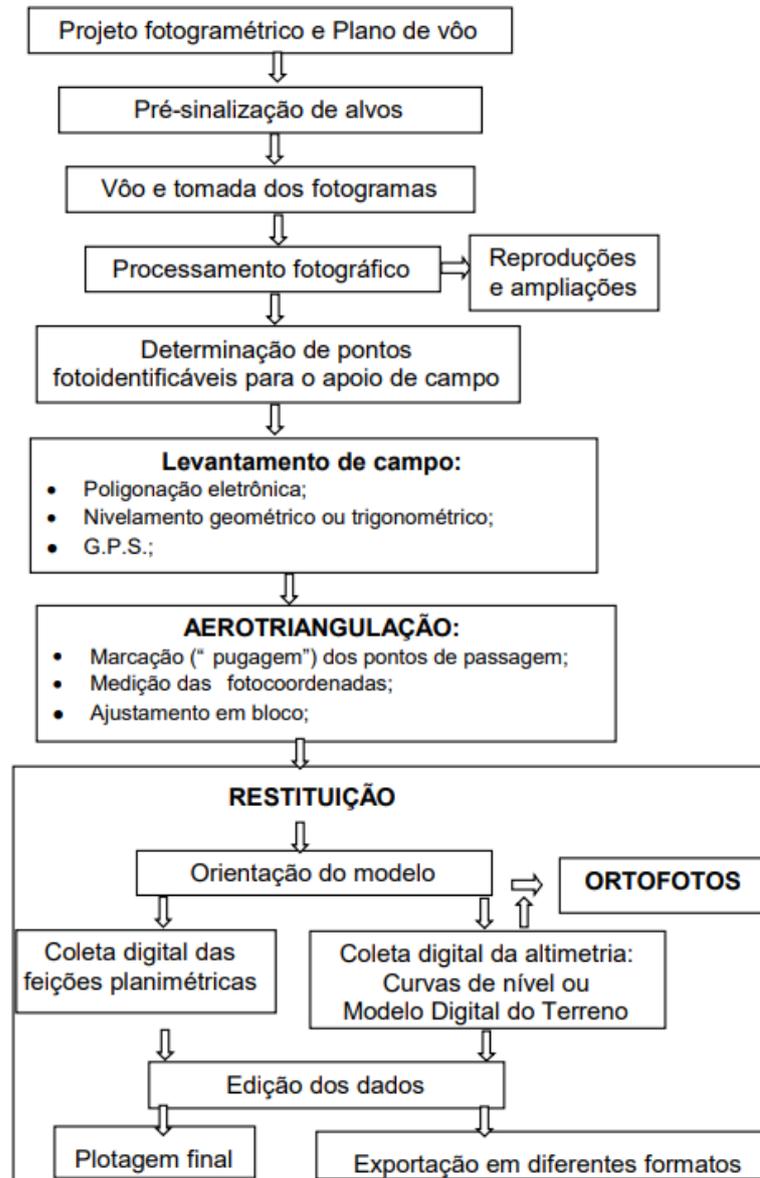
A fotogrametria vem sendo amplamente utilizada nos mais diversos campos da engenharia, agricultura e várias outras aplicações que vão desde o uso para fins militares e industriais até o entretenimento, como é o caso da realidade virtual em jogos. Para entender esta técnica, com base na interpretação de Tommasselli (2009), o termo "fotogrametria" pode ser compreendido como "medir graficamente usando luz". Essa inferência se dá pelo fato de que as palavras que compõem o termo têm origem no grego: "*photos*", que significa luz, "*gramma*", que se refere a algo desenhado ou escrito, e "*metron*", que representa a ideia de medir. Essa análise nos permite compreender que a fotogrametria é uma técnica que utiliza a luz e a representação gráfica para realizar medições. A Sociedade Internacional de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto (ISPRS) que capta recursos e investe internacionalmente para o avanço da área define:

A fotogrametria é a ciência e a tecnologia que visa extrair informações geométricas e temáticas tridimensionais confiáveis, muitas vezes ao longo do tempo, de objetos e cenas a partir de dados de imagem e de sensores de profundidade. Os dados resultantes podem ser usados para o desenvolvimento de banco de dados espaciais e sistemas de formação espacial (SIS) em forma de gráficos digitais e imagens. (ISPRS, 2022, p. 2-2)

De acordo com a definição, podemos entender que a fotogrametria vai além da simples interpretação visual das imagens, permitindo a extração de informações geométricas tridimensionais. Isso significa que a fotogrametria nos possibilita obter dados precisos sobre a forma e a estrutura dos objetos e cenas capturados, indo além do que é aparente apenas pela visualização das imagens.

A fotogrametria por ser ampla, possui algumas subdivisões, umas delas é a Fotogrametria Aérea ou Aerofotogrametria, onde são tomadas fotos do terreno através de uma aeronave embarcada com uma câmara de precisão (TOMMASELLI, 2009). No aerolevanteamento, as fotos são capturadas ao longo da linha de voo planejada para a área a ser mapeada. Esse processo geralmente envolve diversas etapas, como ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Processo fotogramétrico



Fonte: TOMMASELLI, 2009.

O aerolevanteamento é então uma ferramenta importante para mapear o terreno, conseguindo nele extrair informações de grandes áreas e gerar análises para tomadas de decisões tanto para empreendimentos como para estudos relativos ao monitoramento ambiental. Entretanto deve-se levar em conta o custo elevado que tem a aplicação de aeronaves como aviões e helicópteros, que são geralmente utilizados nestas operações, tornando uma dificuldade para pequenos projetos e pesquisas. Levando isso em consideração, o uso de ARP, popularmente conhecido como drone, está se tornando cada vez mais especializado para a fotogrametria. Possibilitando além do baixo custo, aquisição de imagens abaixo das nuvens, com maior detalhamento e alta produtividade (MENEZES, SANTOS e SENRA, 2019)

4.2.2 Análise multicritério e a importância do mapeamento de áreas susceptíveis a alagamentos e inundações

Quando observamos diferentes variáveis influenciando o meio, como o tipo de solo, cobertura vegetal, altitude e proximidade a corpos d'água, a forma e a intensidade que cada uma interage umas com as outras irá influenciar na determinação de áreas suscetíveis a fenômenos como alagamentos, inundação e processos erosivos. Souza (2022) afirma que o uso de métodos de análise multicritério para apoiar no processo decisório é bastante pertinente uma vez que, uma determinada variável pode ter mais relevância que outra. Sendo assim, a atribuição de peso à variável irá indicar a importância de cada uma no modelo.

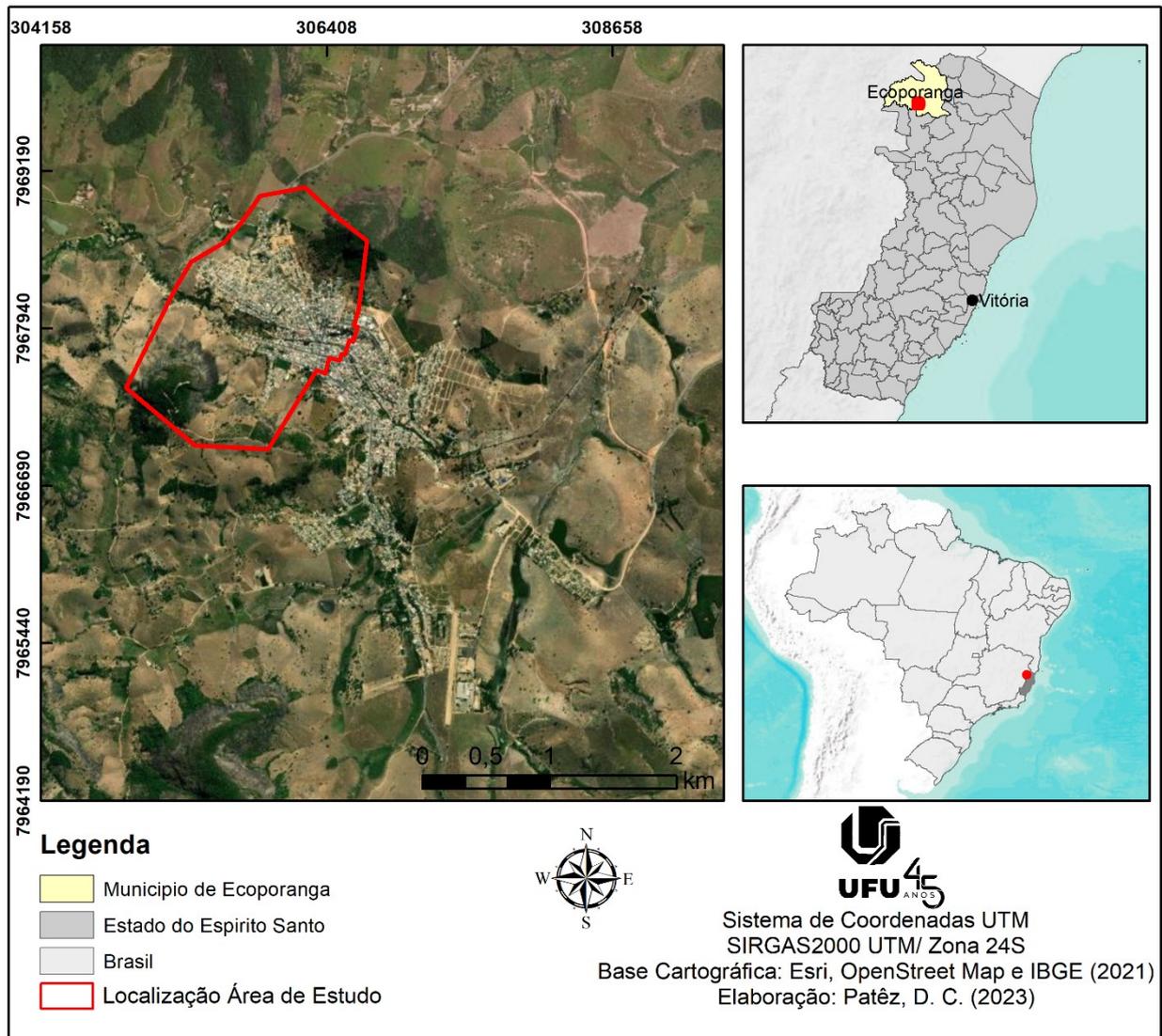
Um dos métodos utilizados na determinação de relevância entre as variáveis é o Processo Analítico Hierárquico (AHP), que possibilita dar importância às variáveis comparando-as par a par, formando níveis hierárquicos, possibilitando melhor entendimento e avaliação (GOMES; GOMES, 2000 apud SOUZA, 2022). Assim, é possível atribuir pesos maiores a condições que indicam áreas de maior suscetibilidade o que, por sua vez, afetará diretamente o resultado do modelo. Nesta etapa a comparação pode se dar pela experiência do pesquisador, visitas em campo, através de revisão na literatura por valores consagrados e mesmo por equipes multidisciplinares, de modo a alcançar um modelo que mais se aproxime do ambiente a ser estudado (SANTOS, 2010).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Área de Estudo

A área de estudo está situada na cidade de Ecoporanga, a aproximadamente 300 km da capital do estado do Espírito Santo, Vitória, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 - Mapa de localização de Ecoporanga/ES



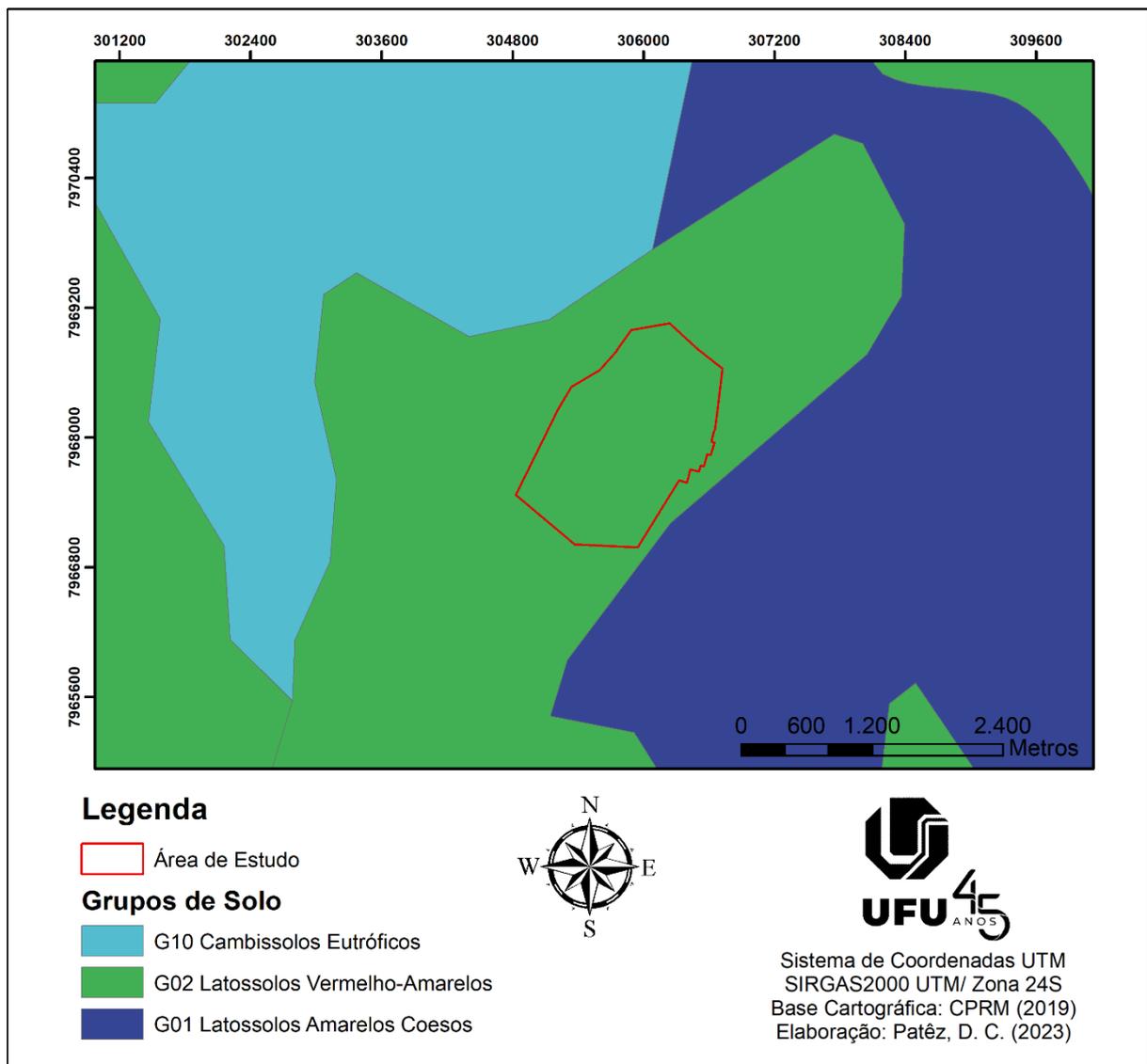
Fonte: Autor (2023).

Situada na região noroeste do estado, estabelece divisa com o estado de Minas Gerais e faz parte da bacia do rio São Mateus. Embora tenha uma extensão territorial de 2.285,369 km², colocando-o em terceiro lugar no estado em termos de área, Ecoporanga tem uma população de apenas 23.212 habitantes. Essa característica é justificada pelo fato de que a economia da cidade é predominantemente baseada em atividades agropecuárias (IBGE, 2010).

Segundo o Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo (IDAF, 2017), o município tem como principais atividades a pecuária de corte e leiteira e a cafeicultura, tendo alcançado a produção diária de 120 mil litros de leite e a maior quantidade de bovinos do estado, com 202.917 animais.

A área de estudo, delimitada pelo polígono vermelho tem apenas 2,45 km², ficando caracterizada por apenas um grupo de solo, sendo este o latossolo vermelho-amarelo, como ilustrado na Figura 3.

Figura 3 - Grupos de solos no entorno da área de estudo



Fonte: Autor (2023)

Entretanto, devido sua extensão territorial, o município contempla ao todo 6 grupos de solos, demonstrados na Tabela 1.

Tabela 1 - Grupos de solos do município de Ecoporanga.

Grupos de Solo
Latossolos Amarelos Coesos
Latossolos Vermelho-Amarelos
Podzólicos Amarelos Distróficos
Podzólicos Vermelho-Amarelos Distróficos
Podzólicos Eutróficos
Cambissolos Eutróficos

Fonte: CPRM (2019)

A área definida para o estudo dentro do município contém a maior concentração de risco apontada pela carta de suscetibilidade do município desenvolvida pela CPRM em 2019, bem como BATER do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) elaborada em 2010. A BATER é uma importante base de dados formada numa cooperação técnica entre o IBGE e o CEMADEN.

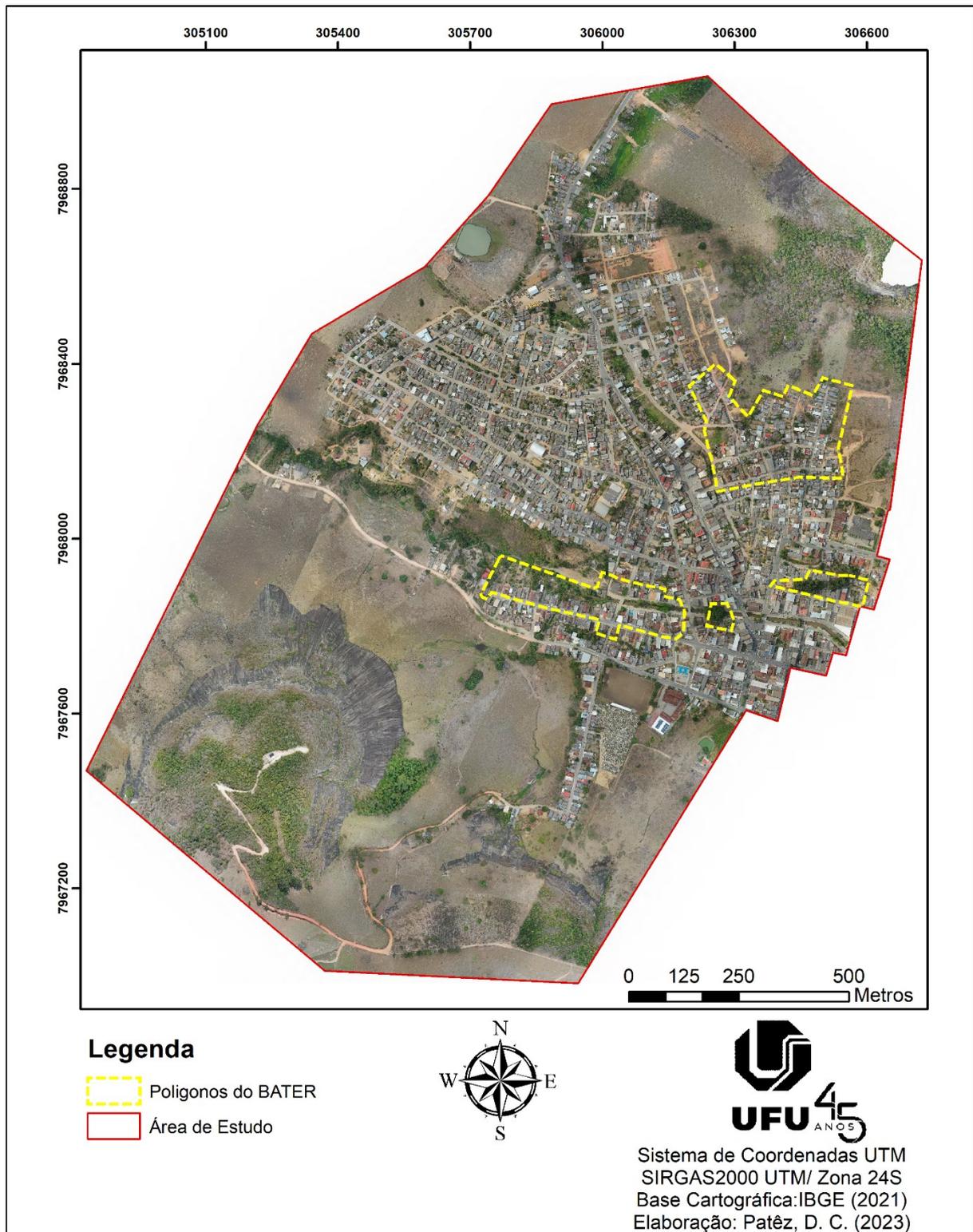
BATER foi gerada a partir da associação dos dados sociodemográficos, Censo 2010, às áreas de risco de inundações, enxurradas e movimentos de massa. O desafio de gerar informações geográficas articuladas em diversas escalas de análise constitui um primeiro esforço em estimar a população brasileira exposta e vulnerável ao risco de desastres naturais. (IBGE, 2010)

A Figura 4 ilustra os polígonos da BATER em tracejado amarelo, dentro dessa região fica demarcado 4 polígonos, que representam 92% das áreas classificadas como de risco dentro da sede do município. Sendo estes polígonos e seu entorno localizado na porção norte do município, área de estudo desta pesquisa.

Na área de estudo definida também existem regiões classificadas pela CPRM como:

- Alto e médio de risco de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa;
- Bacia de drenagem com alta suscetibilidade à geração de enxurrada;
- Paredão rochoso suscetível a quedas ou deslocamentos.

Figura 4 – Mapa indicando os polígonos da BATER na área de estudo



Fonte: Autor (2023).

5.2 Material

Para a realização deste trabalho foi utilizado o seguinte material nas etapas de campo, processamento dos dados e análise:

5.2.1 *Mavic 2 Pro*

Segundo a fabricante (DJI, 2023) a *ARP Mavic 2 Pro*, Figura 5, embarca um sensor CMOS de 1 polegada com 20 megapixels e obturador eletrônico da Hasselblad com faixa de abertura $f/2.8 - f/1$, que possibilita a gravação de vídeos até 4k de resolução a 30 quadros por segundo. Conta com sistema omnidirecional de detecção de obstáculos e sua navegação é baseada em duas constelações GNSS, GPS e GLONASS. A ARP foi disponibilizada pelo Laboratório de Topografia e Cartografia do Instituto Federal do Espírito Santos (IFES) *campus Nova Venécia*.

Figura 5 - *Mavic 2 Pro*



Fonte: Autor (2023).

5.2.2 *GNSS A30 RTK*

De acordo com o site Geocenter (2023), o receptor GNSS A30 RTK da FOIF, Figura 6, possui display integrado com informações gráficas e textuais, além de alertas sonoros. Com

220 canais, tem capacidade de recepção das constelações GPS, GLONASS, GALILEO, GIOVE, BEIDOU e QZSS. Tendo as seguintes especificações de desempenho:

- Precisão em tempo real SBAS (WAAS/EGNOS/MSAS) Horizontal < 3m, DGPS em tempo real 25cm + 1ppm rms em condições típicas;
- Tempo real cinemático horizontal de 10mm + 1ppm e vertical de 20mm + 1ppm;
- Tempo de inicialização RTK típica de 10 segundos (linha de base \leq 20Km);
- Confiabilidade RTK de 99,9%;
- Inicialização RTK para distância > 40Km;
- Precisão de pós-processamento (Estático e rápido estático) horizontal de 3mm + 0,5ppm e vertical e 5mm + 0,5ppm;
- Precisão de pós-processamento (Estático longo) horizontal de 3mm +0,1ppm e vertical de 3,5mm + 0,4ppm.

Figura 6 - GNSS A30 RTK



Fonte: Autor (2023).

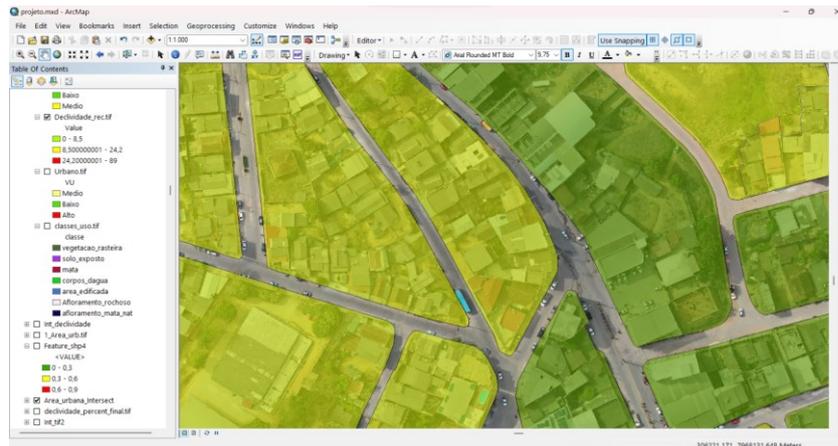
O receptor foi disponibilizado pelo Laboratório de Topografia e Cartografia do Instituto Federal do Espírito Santos (IFES) *campus* Nova Venécia.

5.2.3 ArcGIS Desktop

O software *Arcgis Desktop* é um Sistema de Informação Geográfica (SIG). Nele é possível manipular dados contendo informações espaciais com ferramentas avançadas para ciência de dados, análises espaciais, sensoriamento remoto, coleta de dados e gestão dessas

informações em banco de dados, facilitando a criação de mapas temáticos e a execução de diversas tarefas relacionadas ao campo da geoinformação (ESRI, 2023). A sua versão 10.6.1, Figura 7, foi disponibilizada pelo Laboratório de Sensoriamento Remoto (LASER) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) *campus* Monte Carmelo - Araras.

Figura 7 - Arcgis Desktop 10.6.1

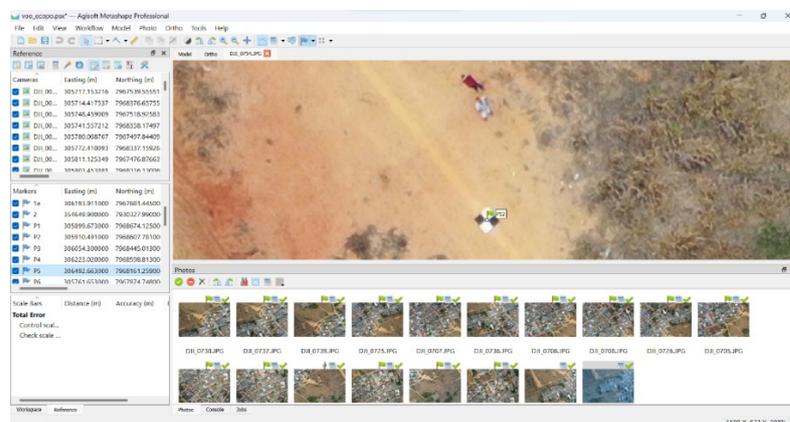


Fonte: Autor (2023).

5.2.4 Metashape Agisoft

O *Metashape Agisoft*, Figura 8, é um *software* completo para execução de processamento fotogramétrico de imagens digitais, inserindo informações “brutas” e gerando dados tridimensionais que podem ser aplicados em softwares SIG, bem como a obtenção de medidas indiretas de objetos (AGISOFT, 2023). O *software Metashape Agisoft* foi disponibilizado pelo Laboratório de Sensoriamento Remoto (LASER) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) *campus* Monte Carmelo - Araras.

Figura 8 - Software Metashape Agisoft

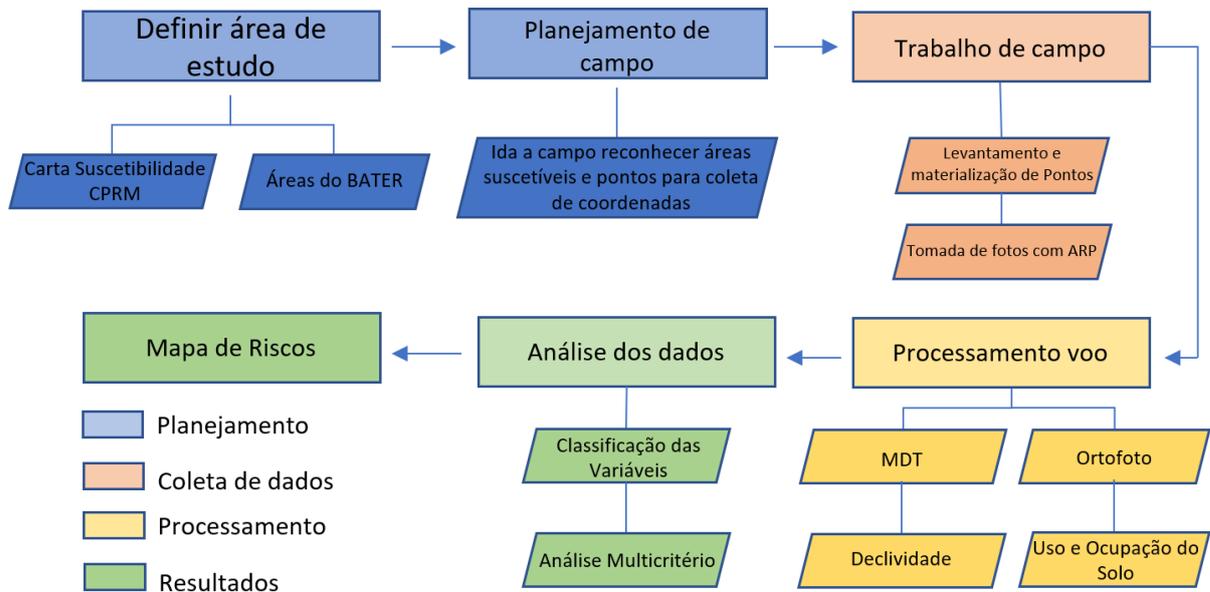


Fonte: Autor (2023).

5.3 Métodos

A metodologia adotada para as atividades de campo, processamento e análise dos dados foram divididas em quatro etapas conforme o fluxograma da Figura 9.

Figura 9 - Fluxograma do trabalho



Fonte: Autor (2023).

5.4 Planejamento de Campo

No processo de planejamento, foi realizada visita de campo com o objetivo de reconhecer a área pré-determinada. Durante essa etapa, foram identificadas diversas características, tais como drenagens, áreas com solo exposto, morros, áreas que apresentaram histórico de inundação e habitações construídas em locais supostamente arriscados pra ocupação humana. A Figura 10 mostra um exemplo de área que demonstra algumas fragilidades, sendo um loteamento em local de declividade acentuada com solo exposto, vias sem pavimentação e sistemas de drenagem, bem como falta de arborização. Além de estar localizado próximo a afloramento rochoso contendo fraturas e deslocamentos.

Figura 10 – Registro de campo

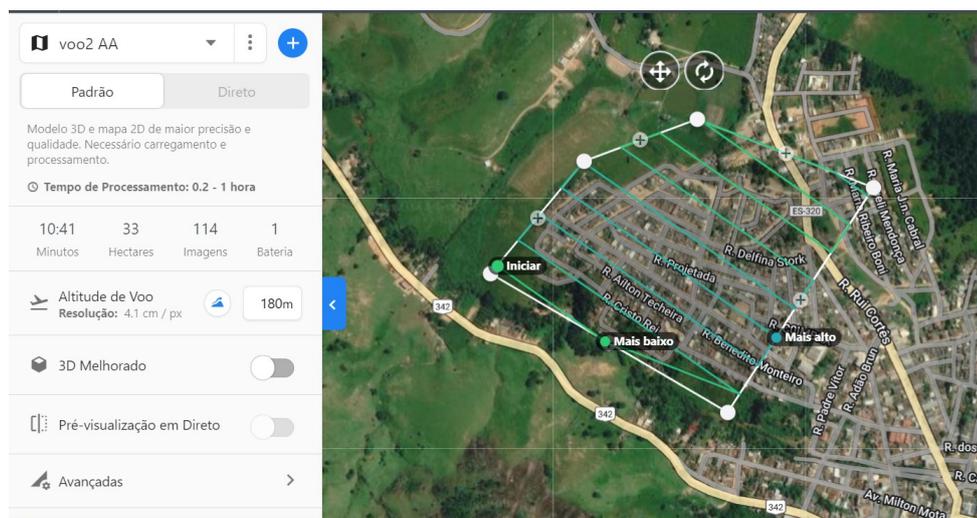


Fonte: Autor (2023).

Além da identificação da área de estudo, também localizou-se pontos estratégicos onde após o planejamento de voo foram coletadas coordenadas dos *Ground Control Points* (GCP) e pontos de verificação (*Check Points*). Pontos estes utilizados no processamento do bloco fotogramétrico, proporcionando maior acurácia e verificação do aerolevanteamento.

5.5 Planejamento de Voo

O planejamento dos planos de voo foi realizado com a plataforma online DroneDeploy, demonstrada na Figura 11, que possibilita a configuração de parâmetros como altitude, direção, e proporção das sobreposições lateral e frontal das imagens. Sendo essas informações importadas posteriormente no aplicativo para dispositivos móveis, proporcionando a realização do voo com os parâmetros configurados.

Figura 11 - Plataforma Online *DroneDeploy*

Fonte: Autor (2023).

A altitude de voo foi configurada para 180m em relação ao terreno, ou seja, a altitude de ARP variou conforme o relevo, de forma que a distância em relação ao terreno fosse sempre a mesma. Outros parâmetros configurados foram:

- Sobreposição Frontal: 75%
- Sobreposição Lateral: 65%
- Direção de voo: 35°
- Velocidade de voo de mapeamento: 15m/s
- Ângulo do Gimbal: -90°

5.6 Coleta de Pontos e Execução de Voo

Após ida a campo para reconhecimento da área e planejamento de voo, os GCPs foram materializados a partir do receptor FOIF A30 com o método RTK (*Real Time Kinematic*) com protocolo NTRIP (*Networked Transport of RTCM via Internet Protocol*) via RBMC-IP (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo). O método RTK permite obter com precisão a posição em tempo real do receptor utilizado como *rover*, sendo considerado um dos mais avançados no posicionamento geodésico (MONICO,2008).

Para fotoidentificação dos pontos coletados foram utilizados tanto GCPs tradicionais (quadricula preto e branco) quanto símbolos em “X” pintados no chão, como mostra a Figura 12.

Figura 12 – Coleta de pontos em campo



Fonte: Autor (2023).

Estes pontos foram espacializados em toda a área de estudo de forma a garantir maior acurácia na modelagem do terreno. A Figura 13 mostra a espacialização dos 19 GCPs (em verde) e dos 9 *Check Points* (em laranja).

Figura 13 - GCPs e *Check Points* espacializados na área de estudo



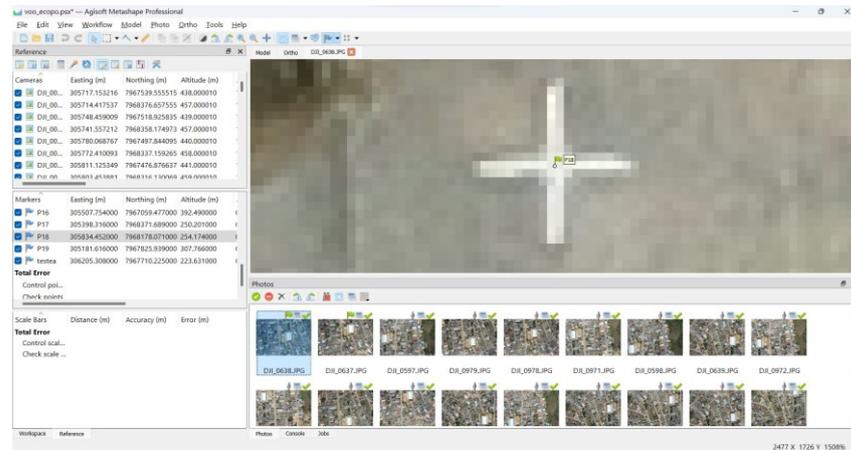
Fonte: Autor (2023).

5.7 Processamento de Voo

O processamento dos dados do voo se deu através do software *Metashape Agisoft*, disponíveis no laboratório de sensoriamento da UFU. Nesta etapa, foram importadas 1.324 fotos, que foram obtidas do voo realizado. Após importar as fotos, procedeu-se ao processamento do bloco fotogramétrico, realizando o alinhamento das imagens e a geração da nuvem esparsa, na qual requer uma etapa de remoção de pontos ruidosos.

Em seguida, a nuvem foi processada e gerou-se uma malha, possibilitando a importação dos 19 GCPs previamente indicados e correta marcação nas fotos para orientar o modelo, conforme ilustrado na Figura 14.

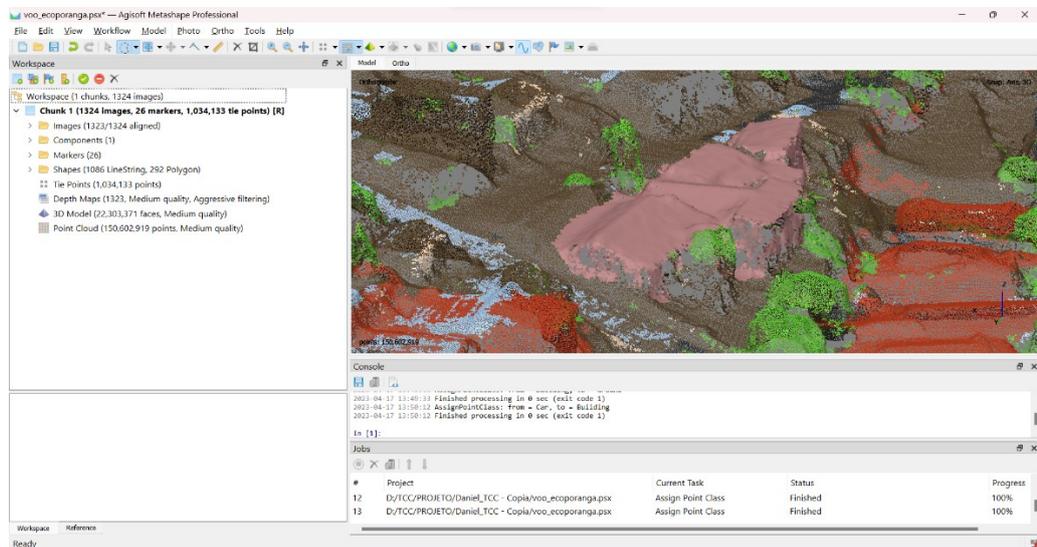
Figura 14 – Marcação dos GCPs e *Check Points* no *Metashape Agisoft*



Fonte: Autor (2023).

Após importação e marcação dos pontos, foi realizado o processamento para geração da nuvem de pontos densa, a qual foi classificada para a correta modelagem do terreno, eliminando vegetação, casas e outros objetos como carros e muros, como mostra a Figura 15.

Figura 15 - Classificação da nuvem de pontos no *Metashape Agisoft*



Fonte: Autor (2023).

Com o resultado deste processo, gerou-se uma malha triangulada com interpolação, e desta, elaborado o Modelo Digital de Terreno (MDT).

Com a nuvem classificada decorreu-se a ortoretificação das imagens adquiridas no voo, gerando a ortofoto da área de estudo. Através do software *ArcMap* realizou-se a vetorização do

uso e ocupação do solo, tendo como base a ortofoto produzida, bem como a declividade do terreno a partir do MDT.

5.8 Coleta de informações das áreas de risco

Além dos dados levantados com ARP e GNSS, houve o contato com a secretaria do Meio Ambiente do município, onde a mesma forneceu relatório realizado pela CPRM em várias áreas que já ocorreram inundações e escorregamentos. Da mesma forma, foi procurado a Defesa Civil, que se disponibilizou a realizar visita guiada a áreas afetadas e que comumente é movido esforços quando ocorre grandes precipitações que geram riscos para a população. As informações coletadas destes órgãos foram utilizadas para corroborar nas análises e a averiguação dos produtos gerados.

5.9 Classificação das variáveis

As variáveis utilizadas para modelagem do risco a inundação e escorregamentos foram escolhidas pelo seu grau de relevância no impacto a gerar estes riscos, baseando-se assim, na metodologia apresentada por Magalhães et al. (2011), Borges et al. (2015), Ross (1994) e Rossini-Penteado (2011), sendo elas:

- Tipo de Solo
- Altitude
- Declividade
- Uso do solo

Na escolha das variáveis, além da observância no que prediz a literatura, analisou-se as características da região estudada. Com isso, mesmo considerada importante na modelagem de riscos, a variável tipo de solo foi descartada da análise. Isto se deu pois diferentemente do que ocorre na maioria dos estudos que possuem uma escala regional, a área de estudo fica restrita a apenas um tipo de solo, como mostrado na Figura 3. Portanto, a inserção desta variável se torna indiferente no modelo proposto.

5.9.1 Altitude

A variável altitude foi classificada de acordo com a geomorfologia da área, tendo em consideração a identificação das áreas sujeitas a inundação. Desta forma, foi classificada em baixo, médio e forte impacto de acordo com cotas de áreas que são historicamente inundadas e confirmadas com a ida em campo. Na Tabela 2 fica demonstrado a classificação para a altitude.

Tabela 2 - Classificação Altitude

Altitude	Classificação
206m – 214m	Forte
215m – 216m	Médio
> 216m	Baixo

Fonte: Autor (2023).

5.9.2 Declividade

A declividade também foi classificada em baixo, médio e forte grau de impacto, onde sua classificação foi realizada tendo em consideração as classes de relevo da Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) para identificação de áreas declivosas, como morros e mesmo pequenos taludes que possam conferir risco a casas que ficam a sua encosta. As classes de relevo da Embrapa são dadas em relação a declividade, sendo seis classes: plano, suave, ondulado, forte ondulado, montanhoso e escarpado (EMBRAPA, 1979). Ficando classificado conforme demonstrado na Tabela 3.

Tabela 3 - Classificação Declividade

Declividade	Classe de relevo	Classificação
0 – 3%	Plano	Baixo
3 – 8%	Suave ondulado	Baixo
8 – 20%	Ondulado	Baixo
20 – 45%	Forte ondulado	Médio
45 – 75%	Montanhoso	Forte
>75%	Escarpado	Forte

Fonte: Autor (2023).

5.9.3 Uso e Ocupação do Solo

Para a classificação do Uso e Ocupação do solo, através de interpretação visual, vetorizou-se sobre a ortofoto gerada pelo voo com ARP. Neste processo as classes foram

vetorizadas e atribuídas notas, conforme metodologia de Ferreira e Rossini-Penteado (2011). Sendo as classes: afloramento rochoso, área urbana, solo exposto, mata, vegetação rasteira e corpos d'água.

A classe área urbana ainda foi setorizada quanto ao ordenamento urbano (OU) e estágio de ocupação (EO), dando assim, grau de vulnerabilidade à região de ocupação humana. Ferreira e Rossini-Penteado (2011) trazem que o ordenamento urbano se compõe em três elementos combinados da estrutura urbana, arborização, pavimentação e traçado do sistema viário. Para esta classe, foram analisados estes três elementos e determinado nota para cada classe, conforme Tabela 4.

Tabela 4 - Classificação do Ordenamento Urbano

Classe OU	Traçado Sistema Viário	Pavimentação	Vegetação	Notas
OU1	Sim	Sim	Sim	0.1
OU2	Sim	Sim	não	0.3
OU3	Sim	não	Sim ou não	0.5
OU4	não	não	Sim	0.7
OU5	não	não	Não	0.9

Fonte: Ferreira e Rossini-Penteado (2015).

Já para o EO, Ferreira e Rossini-Penteado (2011) definem que ele indica a fase em que se está na ocupação ou mesmo a proporção dos lotes num setor. As áreas foram então diferenciadas em 3 estágios, conforme Tabela 5.

Tabela 5 - Classificação do Estágio de Ocupação

Classe EO	Consolidação da Área	Notas
EO1	Consolidada: +80%	0.3
EO2	Em consolidação: 30 a 80%	0.6
EO3	Ocupação Rarefeita: 30%	0.9

Fonte: Ferreira e Rossini-Penteado (2011).

A região da classe área urbana foi então definida pelo fator obtido destas duas categorizações pela equação 1:

$$area\ urbana = \frac{OU + EO}{2} \quad (1)$$

Os fatores obtidos foram então reclassificados pelo método intervalos iguais como baixo, médio e forte vulnerabilidade quanto ao impacto ao perigo de escorregamento e inundação.

Para as demais classes de uso do solo, a classificação se deu observando os valores adotados por Ferreira e Rossini-Penteado (2011), que junto da classe área urbana, ficaram classificados conforme Tabela 6.

Tabela 6 - Classificação do Uso e Ocupação do Solo

Classe de Uso e Ocupação do Solo	Notas
Afloramento Rochoso	0.1
Mata	0.1
Vegetação Rasteira	0.3
Solo Exposto	0.9
Corpos D'Água	0.1
Urbano 1 (Baixo)	0.5
Urbano 2 (Médio)	0.7
Urbano 3 (Forte)	0.9

Fonte: Ferreira e Rossini-Penteado, adaptado (2011).

5.10 Análise Multicritério

Para a análise multicritério foi utilizado o método de Análise Hierárquica (AHP), desenvolvido por Saaty (1977) atribuindo peso às variáveis do modelo. A fim de gerar o mapa de risco utilizou-se os valores da Tabela 7 para a matriz de comparação par a par. Nessa matriz, cada variável será comparada a outra de modo a estabelecer a relevância relativa e assim definir a hierarquia de importância entre as variáveis.

Tabela 7 – Valores para Matriz de Comparação par a par

Valores	Importância Mútua
1/9	Extremamente menos importante que
1/7	Muito fortemente menos importante que
1/5	Fortemente menos importante que
1/3	Moderadamente menos importante que
1	Igualmente importante a
3	Moderadamente mais importante que
5	Fortemente mais importante que
7	Muito fortemente mais importante que
9	Extremamente mais importante que

Fonte: Saaty (1977).

Após análise das especificidades da área e revisão de trabalhos anteriores (SANTOS, 2017; Ferreira e Rossini-Penteado, 2011), obteve-se a matriz de comparação par a par, estabelecendo as prioridades conforme Tabela 8.

Tabela 8 – Matriz de comparação par a par das variáveis.

	Declividade	Altitude	Uso e Ocupação do Solo
Declividade	1	5	7
Altitude	1/5	1	3
Uso e Ocupação do Solo	1/7	1/3	1

Fonte: Autor (2023).

Após a comparação, os valores foram inseridos no *plugin Define Spatial Decision Problem* do software *ArcGIS* que utiliza o grau de importância dado para cada variável, retornando os pesos demonstrados na Tabela 9 e índice de consistência do julgamento com valor de 0.062, indicando coerência no julgamento.

Tabela 9 - Peso das Variáveis.

Variável	Peso
Declividade	73.06
Altitude	18.84
Uso e Ocupação do Solo	8.10

Fonte: Autor (2023).

Por fim foi utilizado a ferramenta *raster calculator* do software *Arcgis* para realizar a álgebra de mapas, fazendo a soma dos valores das variáveis por seus respectivos pesos, como demonstrado na equação 2:

$$\text{Mapa de Risco} = P_d * \text{Declividade} + P_a * \text{Altitude} + P_u * \text{Uso e ocupação do solo} \quad (2)$$

Onde:

Pd: Peso para declividade;

Pa: Peso para altitude;

Pu: Peso para uso do solo.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Avaliação do padrão de acurácia posicional

Como todos os resultados, bem como o produto final deste trabalho baseou-se no aerolevantamento, foi realizada avaliação do padrão de acurácia posicional da ortofoto e do MDT através do *software GeoPEC*, demonstrado na Figura 16.

 Figura 16 - Análise planialtimétrica dos produtos gerados

Padrão de acurácia utilizado: Decreto n. 89.817/1984 - Análise Planimétrica
 Metodologia: Santos et al. (2016) com as tolerâncias PEC-PCD da ET-CQDG

O produto "Ortofoto Ecoporanga", **É ACURADO** para a escala de **1/1000**. O resultado do PEC-PCD foi "**Classe A**", de acordo com o Decreto n. 89.817 de 20 de junho de 1984, que regulamenta as normas cartográficas brasileiras, aliada às tolerâncias da ET-CQDG. O produto foi submetido a análise de tendência e precisão em suas componentes posicionais, onde os resultados foram: **É Preciso e Não há Tendência**.

Pontos de checagem utilizados: 9
 RMS das discrepâncias (m): 0,0976

Padrão de acurácia utilizado: Decreto n. 89.817/1984 - Análise Altimétrica
 Metodologia: Santos et al. (2016) com as tolerâncias PEC-PCD da ET-CQDG

O produto "MDT", **É ACURADO** para a equidistancia vertical de **5 m**. O resultado do PEC-PCD foi "**Classe A**", de acordo com o Decreto n. 89.817 de 20 de junho de 1984, que regulamenta as normas cartográficas brasileiras, aliada às tolerâncias da ET-CQDG. O produto foi submetido a análise de precisão e tendência em suas componentes posicionais, onde os resultados foram: **É Preciso e Não Tendencioso**.

Pontos de checagem utilizados: 10
 RMS das discrepâncias (m): 0,7697

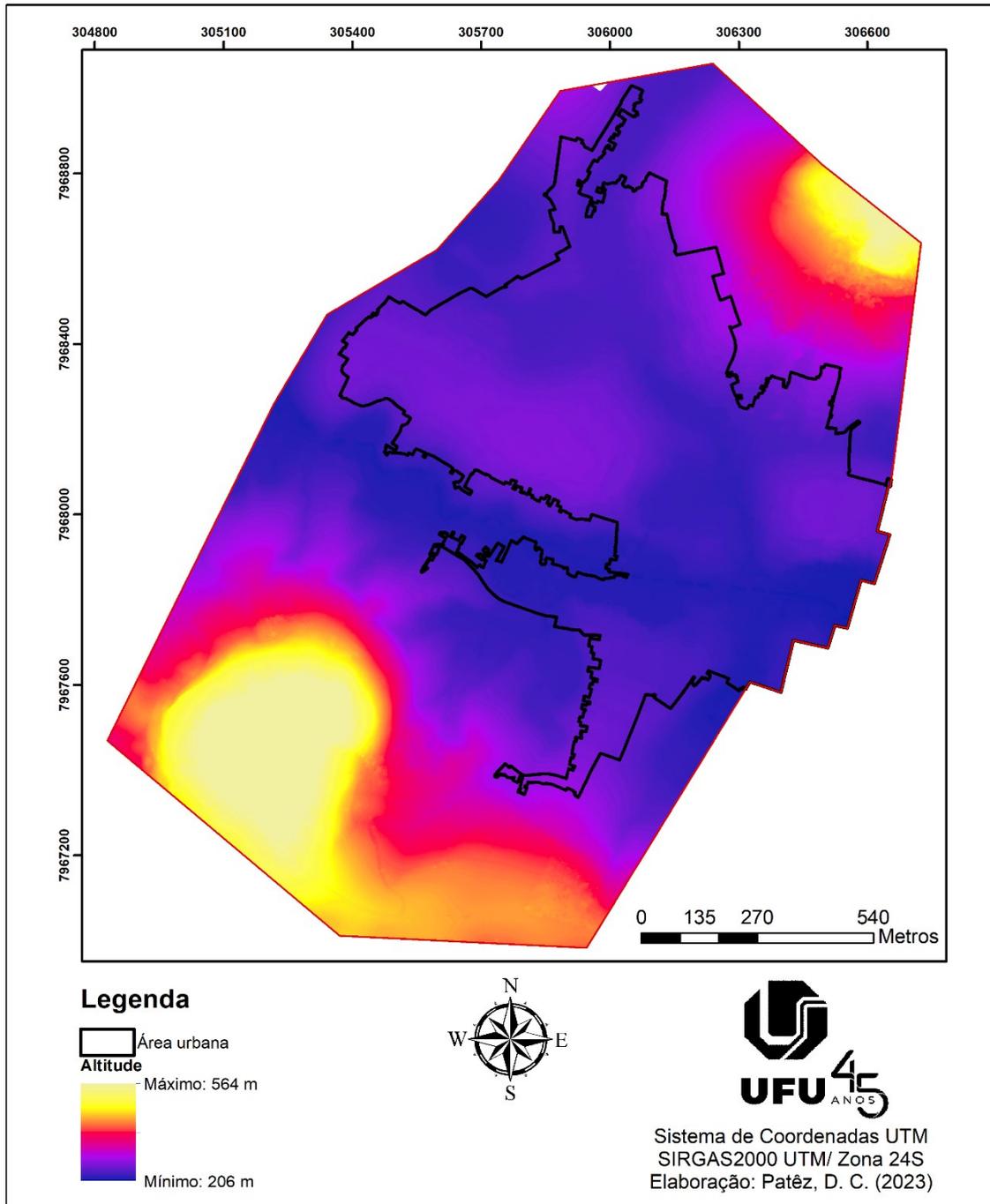
Fonte: Autor (2023)

Desta forma, obtendo PEC Classe A em ambos os resultados, garante-se confiabilidade nos produtos gerados.

6.2 Mapa Hipsométrico

Ao analisar a altitude do terreno dentro da área de estudo, observa-se uma amplitude de 358m, dada pela ocupação da cidade estar localizado num vale fluvial. No mapa hipsométrico na Figura 17 é possível observar essas vertentes e o vale fluvial, que é destacado nas cores mais frias do mapa.

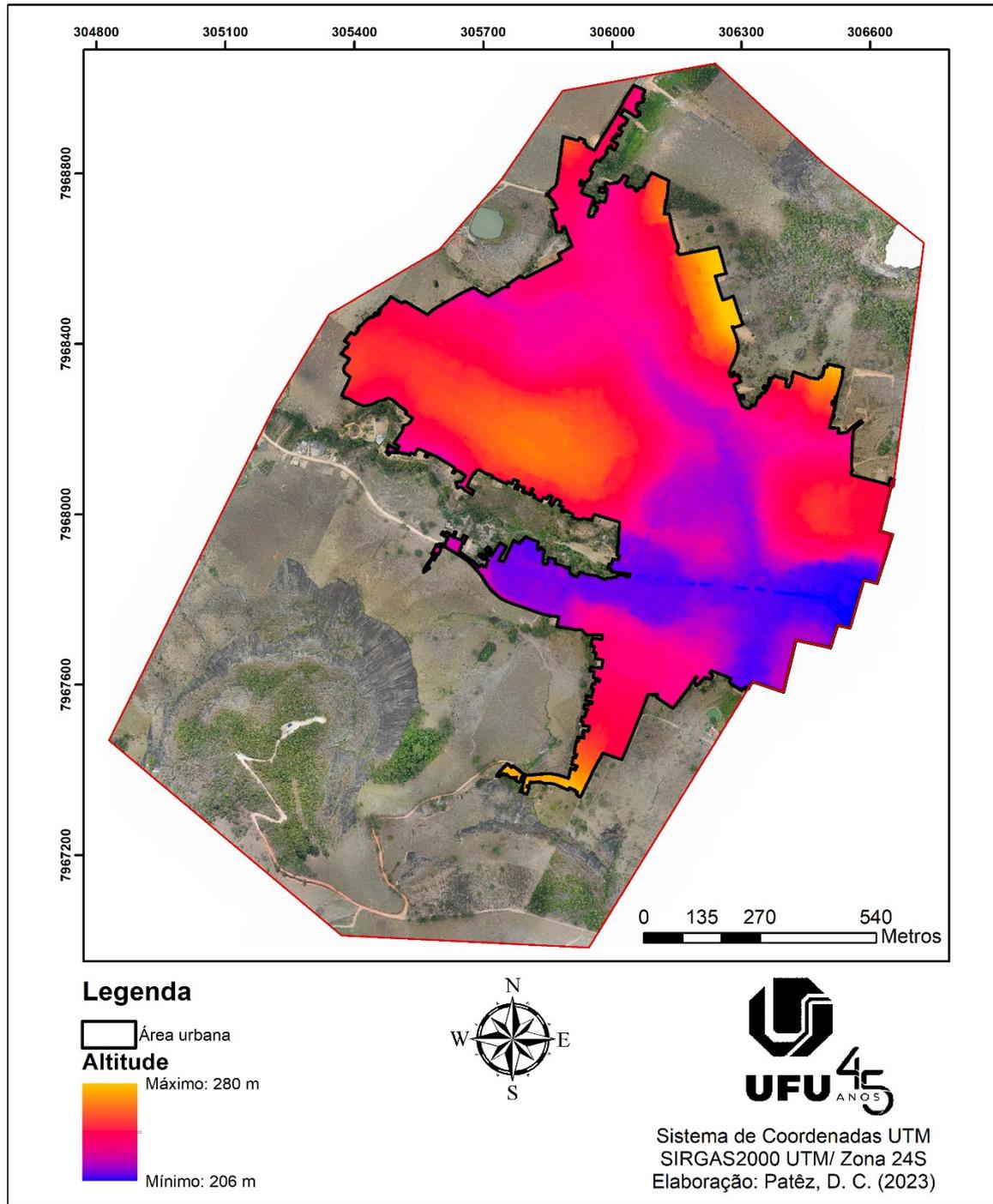
Figura 17 - Mapa hipsométrico.



Fonte: Autor (2023).

Aumentando o detalhe para a área urbana, a Figura 18 evidencia as áreas de cotas menos elevadas, que compreendem o leito fluvial do rio Dois de Setembro, que atravessa a cidade, e apesar de não estarem vetorizados, devido terem sido canalizados abaixo do terreno em muito de seus trechos, também evidencia o trajeto que outros afluentes percorrem.

Figura 18 - Mapa hipsométrico da área urbana.

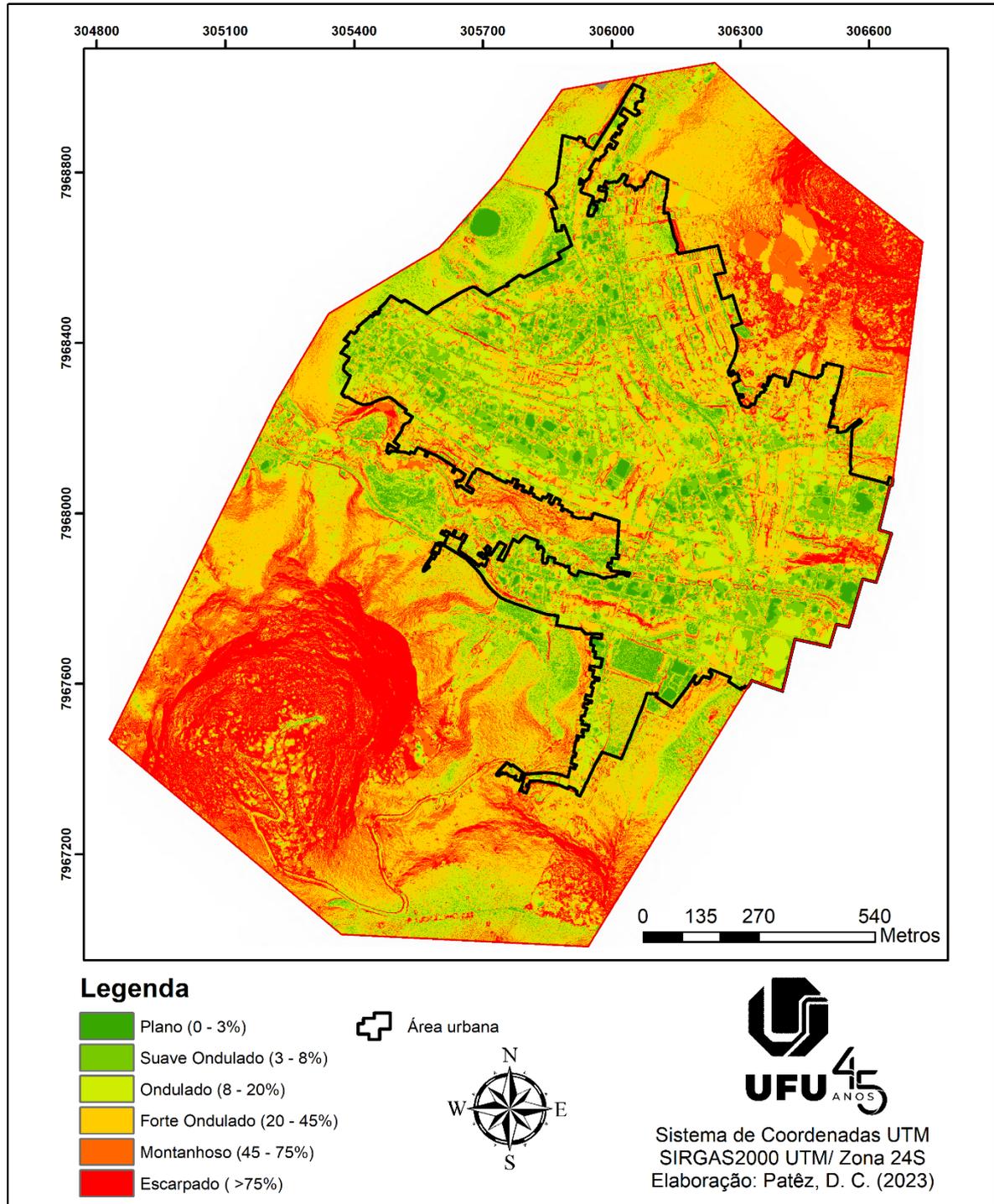


Fonte: Autor (2023).

Dentro da área ocupada tem-se então uma amplitude altimétrica menor, com cerca de 74m, levando a ter nestas altitudes mais baixas maior propensão a inundações em épocas de enchentes.

6.3 Mapa de Declividade

Figura 19 - Mapa de declividade.



Fonte: Autor (2023).

No mapa de declividade mostrado na Figura 19, nota-se grandes porções do terreno com relevo forte ondulado a escarpado próximo as vertentes que formam nas altitudes de maior valor, bem como pequenos morros e encostas dentro da área urbana, que oferecem risco às

moradias e comércios no seu entorno. Observando o mapa, é possível também caracterizar a planície fluvial do rio Dois de Setembro, onde ao entrar na área urbana torna-se pouco perceptível devido canalização do leito, como mostra a Figura 20.

Figura 20- Início do trecho canalizado do rio Dois de Setembro.

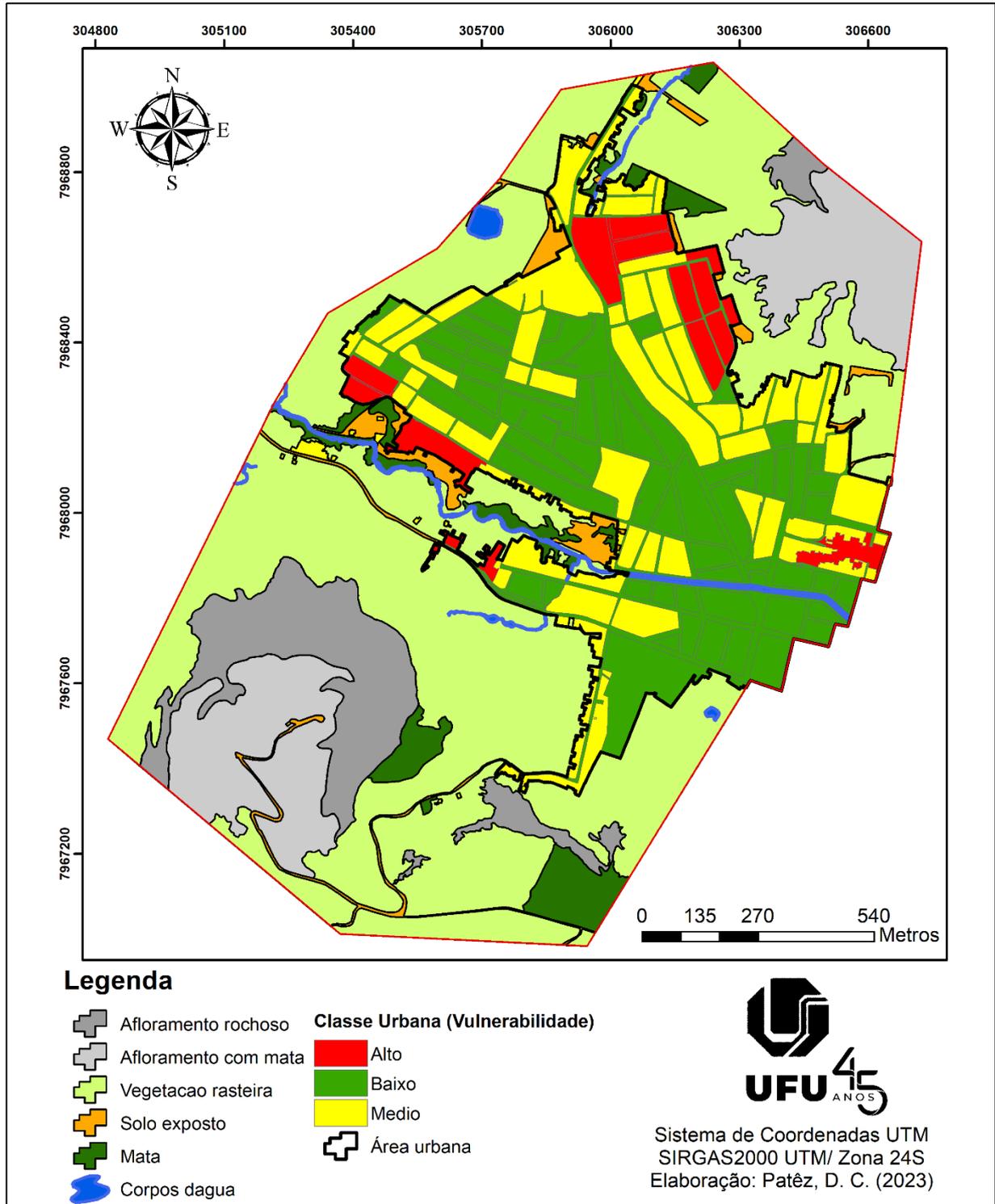


Fonte: Autor (2023).

6.4 Mapa de uso e ocupação do solo

No mapa temático de uso e ocupação do solo, Figura 21, em relação ao rio Dois de Setembro, observa-se vários trechos com vegetação de mata ciliar rarefeita ou mesmo inexistente, além de ocupações dentro de área inadequada. Segundo o artº 4 da lei 12.608, de 10 de abril de 2012 que discorre sobre Áreas de Preservação Permanente (APP), deve ter como APP área de 30m a partir da borda de rios menores que 10m, conforme se enquadra o rio Dois de Setembro.

Figura 21 - Mapa de uso e ocupação do solo.



Fonte: Autor (2023).

No entorno da região urbana, a vegetação rasteira predomina entre as classes de uso. Esse cenário ocorre devido ao fato de o município ter a agropecuária como uma das principais

atividades econômicas. A vegetação predominante consiste principalmente em áreas de pastagem.

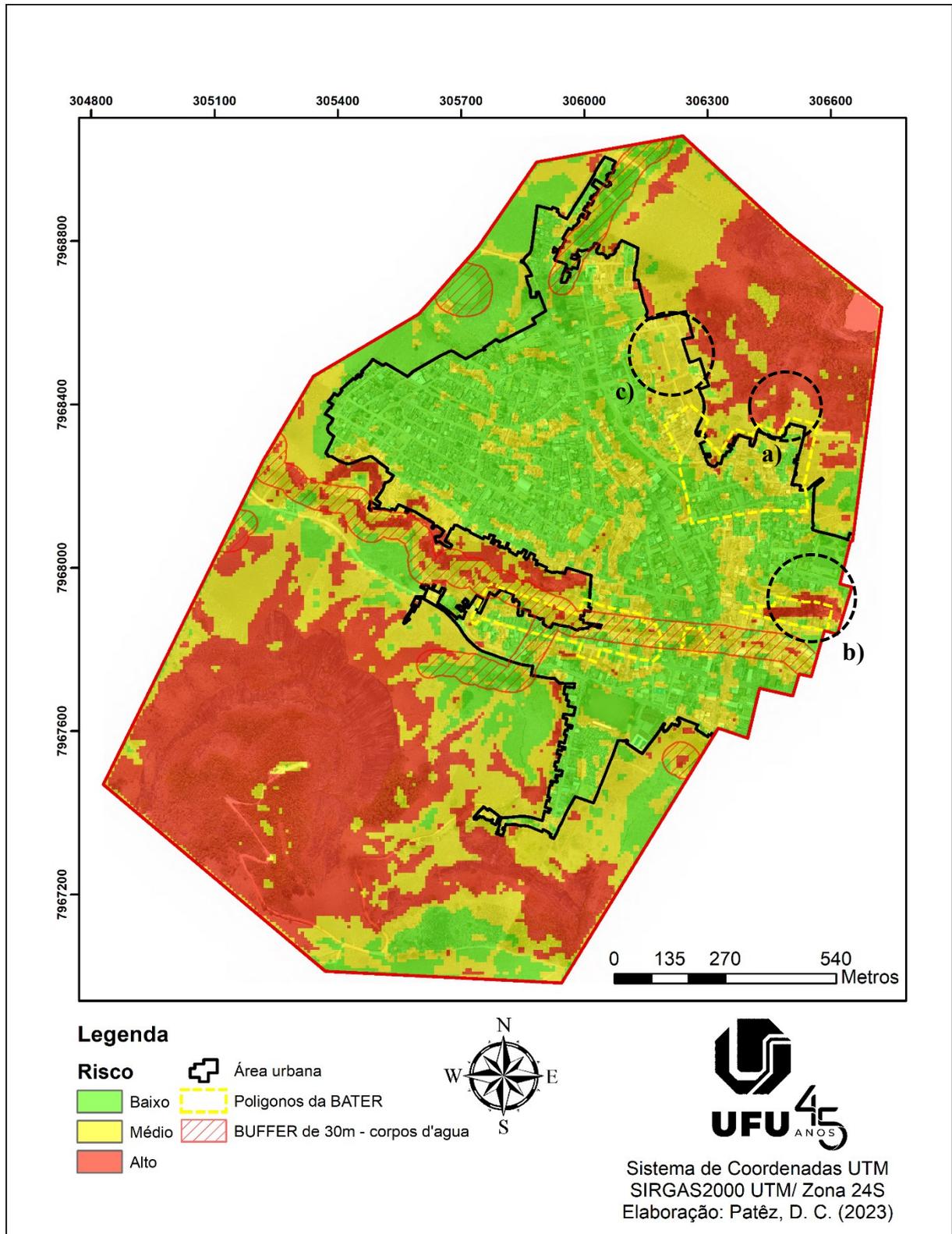
A classe urbana, foi então classificada como baixo, médio e forte vulnerabilidade quanto ao seu ordenamento e estágio de ocupação. A classificação da área urbana se diferencia das demais pois leva em consideração a ocupação urbana. A interpretação visual da ortofoto dos espaços urbanos evidencia o estágio de ocupação do solo e a existência de ordenamento urbano através da existência de sistema viário, pavimentação e arborização, sendo possível observar maior concentração de forte vulnerabilidade em áreas periféricas.

6.5 Mapa de riscos

Através da análise multicritério pela calculadora raster, no *software Arcgis*, com os mapas hipsométrico, declividade, bem como o de uso e ocupação do solo, produziu-se um mapa com áreas de risco a inundação e escorregamentos, sendo este o produto final do trabalho, representado na Figura 22. O grau de risco foi dado em baixo, médio e alto.

Adicionado ao mapa de risco, fica delimitado área de 30m da borda dos corpos d'água e os polígonos da BATER. Observando este último, nota-se que as áreas da BATER continuam em regiões de médio a alto risco. Onde a partir deste mapa pode-se inferir uma continuação destes polígonos numa área maior a que delimitada, além de áreas de risco antes não indicadas.

Figura 22 - Mapa de risco a escorregamento e inundação. a) Região com blocos; b) Loteamento em área declivosa; c) Encosta íngreme com moradias.



Fonte: Autor (2023).

6.5.1 Riscos associados a inundações

Em relação as regiões de inundação, tem sua maior concentração próximas ao rio Dois de setembro, tendo ao longo de todo seu trecho áreas com grau de médio a alto risco. Por ter seu leito canalizado, o risco de inundação se torna menor no seu trecho em que ocorre esta benfeitoria. Entretanto, em períodos de grandes precipitações, há de se ter grande preocupação nestas áreas, podendo observar também a área delimitada pelo *buffer* dos corpos d'água como de atenção a este risco.

6.5.2 Riscos associados a escorregamentos

No mapa de risco fica demonstrado a existência de áreas com alto grau de risco, sendo importante destacar que as duas porções com alto risco ao norte e sul da área ocorre devido a afloramento rochoso. Na porção sul da área o afloramento encontra-se estável e não possui ocupação próxima, entretanto ao norte o afloramento apresenta fraturas na rocha da escarpa sul do morro dos Paranhas. Ali foram encontrados vários blocos, indicados no círculo “a” do mapa de risco, com dimensões métricas a decamétricas e formatos subarredondados a subangulares que são individualizados por discontinuidades, podendo ocorrer queda de blocos devido sua posição exposta e vertical na encosta (CPRM, 2019).

Outros blocos na base do morro são identificados com fraturas e deslocamentos nos quais se encontram mais próximos as residências, como mostra a Figura 23 e Figura 24 retiradas das ortofoto geradas. Tornando-as regiões de alto risco que requerem atenção, já que é demonstrado crescimento da ocupação em áreas próximas, perceptível pela criação de loteamentos.

Figura 23 - Blocos de rocha próximos a residências



Fonte: Autor (2023).

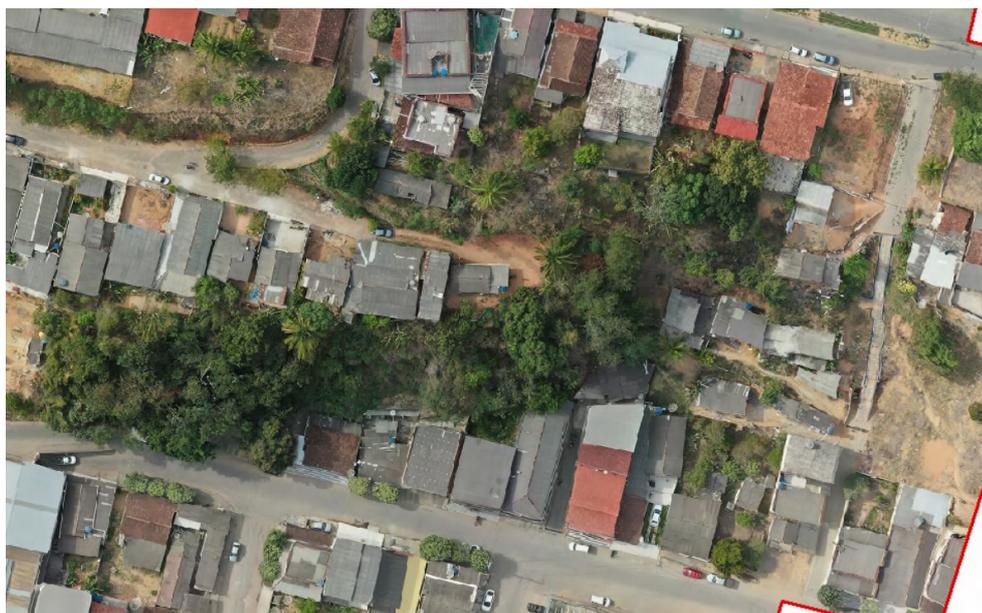
Figura 24 - Detalhe dos blocos na base do morro dos Paranhas



Fonte: Autor (2023).

Além destas áreas existem também evidenciados pelo mapa de risco várias outras feições de menor dimensão como loteamentos em áreas declivosas e barrancos próximos a escolas e residências. A Figura 25 mostra uma porção delimitada como alto risco indicada pelo círculo “b” no mapa de risco, onde é encontrada uma encosta íngreme e com porções do solo exposto a processos erosivos. Através de ida a campo e visualização da ortofoto foi possível notar que existem moradias com infraestrutura de baixo padrão, o que aumenta o risco.

Figura 25 - Encosta íngreme com moradias



Fonte: Autor (2023).

6.5.3 Modelo 3D da área de estudo

Além da ortofoto foi gerado no processamento um modelo 3D de alta resolução do terreno, que também é possível identificar e analisar essas porções de risco. A Figura 26 mostra toda área modelada, sendo possível ter um melhor entendimento da topografia que configura a região.

Figura 26 - Modelo 3D da área de estudo.



Fonte: Autor (2023).

A Figura 27 e Figura 28 mostram a porção de médio risco indicada pelo círculo “c” no mapa de risco.

Figura 27 -Modelo 3D de região de loteamento.



Fonte: Autor (2023).

Figura 28 - Modelo 3D de moradias próximas a barrancos.



Fonte: Autor (2023).

Desta forma, toda a área de estudo pode ser analisada utilizando além dos subprodutos gerados como o mapa de declividade, mapa hipsométrico, bem como uso e ocupação do solo, a ortofoto e o modelo 3D para explorar as áreas do mapa de risco.

7 CONCLUSÕES

É crucial destacar que é necessário considerar a possibilidade de áreas com riscos superestimados ou subestimados. Além da análise do mapa de riscos, é fundamental apoiar-se em outros mapas gerados e, principalmente, realizar visitas de campo para obter informações que possam não ter sido capturadas pelo estudo. Por exemplo, pode-se encontrar um local mapeado apresentando risco de escorregamento, mas que, na realidade, possui infraestrutura que protege as edificações.

Importante também ressaltar que os resultados não foram focados apenas na área urbana, onde a população ocupa, pois além de identificar áreas que não devem ter incentivo a ocupação, também se teve o objetivo de possibilitar detecção de áreas próximas que podem oferecer riscos de escorregamentos, trazendo risco a edificações, contribuindo para assoreamento do rio e erosões que tragam risco para o uso do solo com outros fins como a pecuária.

Desta forma o mapeamento realizado vem com potencialidades de alcançar os incentivos da CPRM para realizar monitoramentos e identificar as áreas de risco que expõem a população a desastres, já que além de indicar permanência de risco em áreas antes já indicadas, também foi identificado novas áreas de risco. Podendo o mapeamento auxiliar na gestão e priorização de recursos e empenhos da defesa civil nas áreas mais suscetíveis a estes riscos, além de apoiar a gestão municipal na organização do município em diversas áreas, como o planejamento do plano diretor e alocações de equipamentos públicos.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGISOFT. **Metashape Agisoft**. 2023. Disponível em: <https://www.agisoft.com/>. Acesso em: 28 jun 2023.

BORGES, M. P. et al. **Utilização de técnicas de geoprocessamento para a elaboração de cotas de inundações: estudo de caso do parque ecológico do rio Paranaíba**. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, XVII, João Pessoa. Resumos Expandidos, 5897-5903. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p1215.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2023.

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS. **Glossário**. 2017. Disponível em: <http://educacao.cemaden.gov.br/site/glossary/>. Acesso em: 10 jan. 2023.

CPRM. **Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Ecoporanga, ES**. 2019. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/21283>. Acesso em: 28 jun 2023.

DJI. **MAVIC Especificações**. 2023. Disponível em: <https://www.dji.com/br/mavic-2>. Acesso em: 28 jun 2023.

DOMINGUES, Cristiane Vaz; SIMÕES, Luciana Lessa. **O SIG na gestão pública: análise crítica de um caso bem-sucedido - desafios e perspectivas**. São Paulo: Exacta, vol. 5, nº 2, julho-dezembro, 2007, p. 353-360. Universidade Nove de Julho, 2007. Disponível em: <https://periodicos.uninove.br/exacta/article/view/1185/917>. Acesso em: 10 jan. 2023.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ)**. Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro, 1979. 83p. (EMBRAPA-SNLCS. Micelânea,1). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/212100/1/SNLCS-Miscelania-1-1979.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2023.

ESRI. **About Arcgis**. 2023. Disponível em: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/about-arcgis/overview>. Acesso em: 28 jun 2023.

FERREIRA, Cláudio José.; ROSSINI-PENTEADO, Denise. **Mapeamento da vulnerabilidade para análise de riscos associados a processos geodinâmicos**. São Paulo: UNESP, 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/299505939>. Acesso em: 10 jan. 2023.

FERREIRA, Cláudio José.; ROSSINI-PENTEADO, Denise. **Mapeamento de risco a escorregamento e inundação por meio da abordagem quantitativa da paisagem em escala regional**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 13, 2011, SP. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/281064574_Mapeamento_de_risco_a_escorregamento_e_inundacao_por_meio_da_abordagem_quantitativa_da_paisagem_em_escalaregional. Acesso em: 10 jan. 2023.

GEOCENTER. GNSS A30 RTK. 2023. Disponível em: <https://www.geocenter.com.br/pagina-de-produto/gnss-a30-220-cn-foif>. Acesso em: 28 jun 2023.

IBGE. CENSO 2010. 2010 Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/es/ecoporanga/>. Acesso em: 28 jun 2023.

IBGE. Malha territoriais. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html?=&t=acesso-ao-produto>. Acesso em 10 de Jan. de 2023.

IBGE. População em áreas de risco no Brasil. 2010. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/estudos-ambientais/21538-populacao-em-areas-de-risco-no-brasil.html?=&t=sobre>. Acesso em: 28 jun 2023.

INSTITUTO DE DEFESA AGROPECUÁRIA E FLORESTAL DO ESPÍRITO SANTO - IDAF. 2017. Disponível em: <https://idaf.es.gov.br/>. Acesso em: 10 jun. 2023.

ISPRS. Informação a partir de Imagens. Disponível em: https://www.isprs.org/publications/brochure/ISPRS_brochure_potuguese.pdf. Acesso em: 28 jun. 2023.

MAGALHÃES, I. L.; Thiago, C. R.; AGRIZZI, D. V.; SANTOS, A. R. Uso de geotecnologias para mapeamento de áreas de risco de inundação em guaçuí, es: uma análise comparativa entre dois métodos. 2011. Cadernos De Geociências, 8(2), 63–70. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/cadgeoc/article/view/5288>. Acesso em: 10 jan. 2023.

MENEZES, Lucas de Santana; SANTOS, Mario Ricardo Rodrigues; SENRA, Aracy Sousa. Fotointerpretação Obtida Por Aeronave Remotamente Pilotada (RPA) Aplicada Em Mapeamento Litoestrutural De Escala 1:800, Afloramento Do Domínio Macururé, Município De Capela - SE. Revista Geociências, Sergipe, v. 32, n. 1, p. 483-493, 05 nov. 2018. Disponível em: <https://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/GEOSP/article/view/13581>. Acesso em: 28 jun 2023.

MONICO, J. F. G. Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações. Editora Unesp, 2008.

ROSA, Roberto. Geotecnologias na Geografia aplicada. Geography Department, University Of Sao Paulo, [S.L.], p. 81-90, 2005. Universidade de Sao Paulo, Agencia USP de Gestao da Informacao Academica (AGUIA). Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47288>. Acesso em: 10 jan. 2023.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. Revista do Departamento de Geografia, v. 8, n.1, 1994, p. 63-74.

SANTOS, Alexandre Rosa dos. ArcGIS 9.3 Total: Aplicações para Dados Espaciais. Alegre - Es: Mundo da Geomática, 2010. Disponível em: <https://www.mundogeomatica.com/livroarcgis93.htm>. Acesso em: 10 jan. 2023.

SAATY, Thomas L. **A scaling method for priorities in hierarchical structures**. Journal Of Mathematical Psychology, [S.L.], v. 15, n. 3, p. 234-281, jun. 1977. Elsevier BV. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/0022-2496\(77\)90033-5](http://dx.doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033-5).

SOUZA, Nicollas Gabriel Assunção. **Mapeamento de risco de incêndios florestais em parques, a partir de análise multicritério**. 2022. 70 f. Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022. Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2022.5373>. Acesso em: 28 jun 2023.

TOMINAGA, Lídia Keiko; SANTORO, Jair; AMARAL, Rosangela do. **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. 3. ed. Sao Paulo: Instituto Geológico, 2015. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutogeologico/2010/03/lancado-livro-sobre-desastres-naturais-no-site-do-ig/>. Acesso em: 10 jan. 2023.

TOMMASELLI, Antonio Maria Garcia. **Fotogrametria Básica - Introdução**. 2009. Disponível em: http://www.faed.udesc.br/arquivos/id_submenu/891/introducao_a_fotogrametria.pdf. Acesso em: 28 jun. 2023.
