



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
PRÓ - REITORIA DE PÓS - GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
AMBIENTAL**

PRISCILLA GOMES BARBOSA

**ANÁLISE GEOMORFOLÓGICA COMO FATOR DE VULNERABILIDADE
AMBIENTAL EM REGIÕES SERRANAS: UMA PROPOSTA A GESTÃO
TERRITORIAL NA MICRORREGIÃO DA SERRA DO TEIXEIRA-PB**

CAMPINA GRANDE - PB

2020

PRISCILLA GOMES BARBOSA

**ANÁLISE GEOMORFOLÓGICA COMO FATOR DE VULNERABILIDADE
AMBIENTAL EM REGIÕES SERRANAS: UMA PROPOSTA A GESTÃO
TERRITORIAL NA MICRORREGIÃO DA SERRA DO TEIXEIRA-PB**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental (PPGCTA), da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito final para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental.

Linha de pesquisa: Qualidade de Sistemas Ambientais

Orientador: Prof. Dr. José Fideles Filho

CAMPINA GRANDE – PB

2020

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

B238a Barbosa, Priscilla Gomes.
Análise geomorfológica como fator de vulnerabilidade ambiental em regiões serranas [manuscrito] : uma proposta a gestão territorial na microrregião da Serra do Teixeira-PB / Priscilla Gomes Barbosa. - 2020.
121 p. : il. colorido.
Digitado.
Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2021.
"Orientação : Prof. Dr. José Fideles Filho, Coordenação do Curso de Física - CCT."
1. Degradação ambiental. 2. VANT. 3. Impacto ambiental.
I. Título
21. ed. CDD 363.7

PRISCILLA GOMES BARBOSA

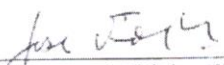
**ANÁLISE GEOMORFOLÓGICA COMO FATOR DE VULNERABILIDADE
AMBIENTAL EM REGIÕES SERRANAS: UMA PROPOSTA A GESTÃO
TERRITORIAL NA MICRORREGIÃO DA SERRA DO TEIXEIRA-PB**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental (PPGCTA), da Universidade Estadual da Paraíba, em cumprimento às exigências parciais para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental.


Área de concentração: Qualidade de Sistemas Ambientais

Aprovado em: 22 / 12 / 2020

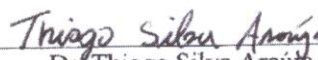
BANCA EXAMINADORA




Prof. Dr. José Fideles Filho
Orientador - Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Lourivaldo Mota Lima
Examinador Interno - Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Dr. Thiago Silva Araújo
Examinador Interno - Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Francisco Carlos Lira Pessoa
Examinador Externo - Universidade Federal do Pará (UFPA)

AGRADECIMENTO

Ao meu Deus forte e soberano que me mantém de pé e me dá sabedoria para enfrentar os desafios diários da experiência humana.

A minha família pela paciência em lidar com a minha ausência em datas importantes e pelo incentivo concedido durante esta jornada.

A Elisa, Ester e Théo que mesmo sem entender plenamente foram fontes inesgotáveis de sabedoria e alegria nos meus dias.

Ao professor Dr. José Fideles Filho pelo talento na orientação e por compartilhar ensinamentos que vão além das questões acadêmicas. Sua sabedoria e paciência me serviram de exemplo ao longo da vida.

Aos amigos que fiz neste breve período, em especial para Olávio Rocha Neto, Jessica Martildes, Andreia Freitas, Bruna Aline, Adriano Oliveira e Gabrielle Dias.

Aos Professores Drs. Lourivaldo Mota Lima, Thiago Silva Araújo e Francisco Carlos Lira Pessoa pelas contribuições pertinentes ao longo desta pesquisa.

A todo corpo administrativo, docente e discente da Universidade Estadual da Paraíba, sem vocês não haveria dissertação.

A CAPES/CNPQ pela concessão da bolsa que viabilizou esta pesquisa.

RESUMO

A vulnerabilidade ambiental reflete o grau de degradação em razão do manejo inadequado dos recursos do meio. O emprego de indicadores representativos facilita a identificação dos locais com maior grau de vulnerabilidade, permitindo o planejamento de ações voltadas para a mitigação dos impactos negativos presentes. As características morfoclimáticas das regiões semiáridas dificultam a identificação dos agentes da vulnerabilidade, dado a dificuldade de percepção dos vários fenômenos que ocorrem ao longo do ano. Objetivou-se adaptar indicadores de vulnerabilidade ambiental descritos por Crepani et al., (2001) e aplica-los na microrregião da Serra do Teixeira-PB avaliando sua eficiência na determinação da vulnerabilidade ambiental regional. A integração dos dados ocorreu em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas) utilizando o *software* livre Qgis 2.18, e envolveu o detalhamento de seis fatores: geologia, geomorfologia, pedologia, precipitação pluviométrica, uso e ocupação do solo e densidade demográfica, que permitiram a identificação das áreas com menor e maior grau de vulnerabilidade. Os resultados demonstram uma eficiência dos indicadores usados na análise da vulnerabilidade ambiental em regiões serranas visto o enfoque nas características geomorfológicas que são fatores relevantes na dinâmica ambiental desses locais. Neste trabalho, os indicadores que demonstraram maior influência sobre a vulnerabilidade ambiental final foram o uso e ocupação do solo e a pedologia, que apresentam decadência significativa devido à forte influência antrópica e o manejo inadequado. A utilização de VANT como instrumento de coleta e validação de informações com um maior grau de detalhamento se mostrou essencial neste tipo de estudo visto a capacidade técnica do equipamento em mapear áreas de difícil acesso.

Palavras-chave: Degradação ambiental. SIG. VANT.

ABSTRACT

Environmental vulnerability reflects the degree of degradation due to the inadequate management of resources in the environment. The use of representative indicators facilitates the identification of the places with the highest degree of vulnerability, allowing the planning of actions aimed at mitigating the negative impacts present. The morphoclimatic characteristics of semi-arid regions make it difficult to identify the agents of vulnerability, given the difficulty in perceiving the various phenomena that occur throughout the year. The objective of this work was to adapt indicators of environmental vulnerability described by Crepani et al., (2001) for the micro region of Serra do Teixeira and evaluate its efficiency in determining regional environmental vulnerability. The data integration took place in a GIS environment (Geographic Information System) using the free software Qgis 2.18, and involved the detailing of six factors: geology, geomorphology, pedology, rainfall, land use and occupation and demographic density, which allowed the identification of areas with the lowest and highest degree of vulnerability. The results demonstrate an efficiency of the indicators used in the analysis of the environmental vulnerability in mountainous regions considering the focus on the geomorphological characteristics that are relevant factors in the environmental dynamics of these places. In this work, the indicators that showed the greatest influence on the final environmental vulnerability were land use and occupation and pedology, which show significant decay due to the strong anthropic influence and inadequate management. The use of UAVs as an instrument for collecting and validating information with a greater degree of detail was essential in this type of study, given the technical capacity of the equipment to map areas of difficult access.

Keywords: Environmental degradation. SIG. UAV.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. VANT CTB CQM – QBR (a) VANT ARARA (b)	26
FIGURA 2. Microrregião da Serra do Teixeira.....	30
FIGURA 3. MAVIC 2 PRO	42
FIGURA 4. Plano de voo no <i>software DroneDeploy</i>	43
FIGURA 5. Mapa da composição geológica da microrregião da Serra do Teixeira.	45
FIGURA 6. Mapa da composição geomorfológica	47
FIGURA 7. Espacialização do atributo altimetria.....	49
FIGURA 8. Espacialização do atributo Declividade	50
FIGURA 9. Espacialização do atributo Dissecção do relevo	51
FIGURA 10. Mapa da composição pedológica.....	52
FIGURA 11. Mapa da composição pluviométrica (1994-2018)	54
FIGURA 12. Mapa de uso e ocupação do solo (1999).....	56
FIGURA 13. Mapa de uso e ocupação do solo (2009).....	57
FIGURA 14. Mapa de uso e ocupação do solo (2019).....	58
FIGURA 15. Mapa da densidade demográfica.....	60
FIGURA 16. Integração dos atributos para mapa de vulnerabilidade ambiental	62
FIGURA 17. Mapa de vulnerabilidade ambiental	62
FIGURA 18. (A) retirada de material de encosta (B) área de APP	64
FIGURA 19. Áreas mais vulneráveis da microrregião da Serra do Teixeira	67
FIGURA 20. Plano de voo nas áreas UPT 1, UPT 2 e UPT 3.....	69
FIGURA 21. Ortomosaico das UPT's 1, 2 e 3	71
FIGURA 22. MDE das UPT's 1, 2 e 3 respectivamente	74
FIGURA 23. MDS das UPT's 1, 2 e 3 respectivamente	76
FIGURA 24. MDT das UPT's 1, 2 e 3 respectivamente	78

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Vulnerabilidade ambiental para o tema geologia.....	45
TABELA 2. Vulnerabilidade ambiental para o tema geomorfologia.....	47
TABELA 3. Vulnerabilidade ambiental para o tema declividade	50
TABELA 4. Vulnerabilidade ambiental para o tema pedologia.....	52
TABELA 5. Vulnerabilidade ambiental para o tema precipitação	54
TABELA 6. Vulnerabilidade ambiental para o tema uso e ocupação do solo	59
TABELA 7. Vulnerabilidade ambiental para o tema densidade demográfica.....	61
TABELA 8. Quantificação da vulnerabilidade ambiental.....	65
TABELA 9. Informações dos voos nas UPT's 1, 2 e 3.....	72

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1. Classificação das categorias de VANT's	27
QUADRO 2. Classificação da vulnerabilidade referente à geologia.....	33
QUADRO 3. Classificação da vulnerabilidade referente a amplitude altimétrica	35
QUADRO 4. Classificação da vulnerabilidade referente a declividade	36
QUADRO 5. Classificação da vulnerabilidade referente à amplitude do interflúvio	36
QUADRO 6. Classificação da vulnerabilidade referente a pedologia.....	37
QUADRO 7. Classificação da vulnerabilidade referente a intensidade pluviométrica	39
QUADRO 8. Classificação da vulnerabilidade para o uso e ocupação do solo	40
QUADRO 9. Classificação da vulnerabilidade referente a densidade demográfica .	41
QUADRO 10. Escala da propensão ao risco à vulnerabilidade ambiental.....	41

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AESA-PB – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDH- Índice de Desenvolvimento Humano

MDE- Modelo Digital de Elevação

MDS- Modelo Digital de Superfície

MDT- Modelo Digital do Terreno

OCDE- Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico

PNUD- Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

Qgis- Quantum Gis

SIG- Sistema de Informações Geográficas

SUDEMA- Superintendência de Administração do Meio Ambiente

SIVARS- Sistema de Indicadores de Vulnerabilidade Ambiental de Regiões Serranas

UNISDR- Escritório das Nações Unidas para Redução do Risco e de Desastre

UPT- Unidade de Planejamento Territorial

USGS- Serviço Geológico dos Estados Unidos

VANT – Veículo Aéreo Não Tripulado

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	13
2.1 Geral	13
2.2 Específicos	13
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1 Vulnerabilidade Ambiental	14
3.2 Geoprocessamento	16
3.3 Sensoriamento remoto aplicado a vulnerabilidade ambiental	18
3.4 Indicadores Ambientais	20
3.5 Regiões Serranas como espaço para a gestão ambiental	21
3.6 Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT).....	25
4. MATERIAL E MÉTODOS	30
4.1 Área de estudo/Caracterização da área.....	30
4.2 Desenvolvimento	31
4.3 Geologia	32
4.4 Geomorfologia.....	34
4.5 Pedologia	37
4.6 Precipitação Pluviométrica.....	38
4.7 Uso e Ocupação do Solo	40
4.8 Densidade demográfica	41
4.9 Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT).....	42
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
5.1 Vulnerabilidade ambiental por intermédio do SIVARS.....	44
5.2 Geologia	44
5.3 Geomorfologia.....	46
5.4 Pedologia	51

5.5 Precipitação Pluviométrica.....	53
5.6 Uso e Ocupação do Solo	55
5.7 Densidade demográfica.....	59
5.8 Vulnerabilidade Ambiental (SIVARS)	61
5.9 Aplicação de VANT's no processo de análise territorial	66
6. CONCLUSÃO.....	81
7. REFERÊNCIAS	82

1. INTRODUÇÃO

A degradação da paisagem natural pode prejudicar o uso dos recursos naturais renováveis pelo conjunto de processos que atuam sobre ela, podendo ser por origem natural e também por fatores antrópicos, oriundos do uso e ocupação inadequada do solo. O conhecimento holístico das propriedades geomorfológicas tem se destacado como um importante instrumento no planejamento ambiental das regiões que apresentam potencial degradante, uma vez que esses dados servem de suporte na análise das melhores formas de uso da área na perspectiva socioambiental.

As mudanças climáticas são fatores de vulnerabilidades ambientais que resultam dos impactos provocados pelas atividades do homem a nível global. Tais vulnerabilidades refletem o potencial de degradação em uma região como respostas a qualquer alteração dos padrões e processos, onde o emprego de um sistema de indicadores representativo dos fenômenos é capaz de apontar vulnerabilidades no espaço analisado, diferenciando as regiões segundo o grau relativo de maior ou menor fragilidade, refletindo possíveis alterações nos diferentes componentes do meio (CUNHA, 2015).

A Paraíba é um dos Estados brasileiros que apresenta grande porcentagem de áreas indicadas como categoria “muito grave” de degradação de terras, afetando grande parte da população. Na região onde ocorre esse valor de degradação, vivem 1,6 milhões de pessoas, correspondendo a 52% do total da população paraibana (OLIVEIRA et al., 2007). Nesse contexto, somado a práticas de manejo inadequadas a longo prazo resultam, em um cenário de degradação ambiental (processos erosivos, desertificação, escassez de água e outros recursos) que influencia na perda da qualidade ambiental resultando impactos negativos severos ao território e conseqüentemente sobre a população local.

Os dados geoespaciais tem sido ferramentas bastante utilizadas com o intuito de avaliar e monitorar grandes áreas e identificar fatores e/ou elementos degradantes que afetem diretamente a dinâmica do meio (SILVA; SILVA, 2020; SANTOS; MARTINS, 2018; VERÇOSA; TAVARES, 2018; COSTA; VIEIRA, 2018). Os elementos morfológicos além de traduzir o histórico de formação do espaço refletem o cenário de uso e territorial ao longo dos anos, bem como, o comportamento das atividades de exploração dos recursos, sendo um instrumento muito importante em estudos de cunho ambiental. Somado a isto, as técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto se tornaram nos últimos anos peças fundamentais no auxílio do desenvolvimento de análises complexas

envolvendo grande número de atributos geoespaciais, esse contexto de integração de informações garante a pesquisa, resultados consistentes e capazes de traduzir de forma holística a situação dos componentes do meio, além de permitir a criação de um banco de dados com informações que podem ser alimentadas e utilizadas no entendimento, planejamento e gestão do uso e ocupação do solo e dos recursos naturais.

Recentemente o VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado) tem se tornado um grande aliado no levantamento de informações geoespaciais visto a capacidade de acesso a áreas de difícil aproximação, além da elevada resolução espacial dos produtos gerados, permitindo um conjunto de dados precisos e com alta qualidade. O sensoriamento remoto aliado a essa nova tecnologia apresenta grande flexibilidade operacional, baixo custo de aquisição e manutenção, e uma otimização operacional desde da etapa de planejamento até a geração do produto final. No entanto, por se tratar de uma tecnologia nova, observa-se a necessidade de estudos que esclareçam os aspectos limitantes da operação (ALVES JÚNIOR, 2015)

Neste sentido, é proposto nesta pesquisa a elaboração de um banco de dados geoespaciais de natureza geomorfológica com a finalidade de fornecer subsídio à implementação de um sistema de indicadores de vulnerabilidade ambiental ligados ao uso e propriedades do solo em regiões serranas. Para isto, construiu-se mapas referentes a distribuição espacial dos atributos: geologia, geomorfologia, pedologia, precipitação pluviométrica, uso e ocupação do solo e densidade demográfica que foram utilizados no cálculo final de vulnerabilidade ambiental em ambiente SIG. Como diferencial em estudos dessa natureza, a utilização do VANT permitiu a validação das informações geradas em ambiente SIG, bem como a otimização dos dados espaciais e a agregação de conhecimento inédito na área de estudo.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Adaptar e aplicar um Sistema de Indicadores de Vulnerabilidade Ambiental para Regiões Serranas (SIVARS) utilizando tecnologias geoespaciais e técnicas de geoprocessamento aplicado na microrregião da Serra do Teixeira (PB), demonstrando assim sua viabilidade enquanto instrumento de planejamento, gestão e tomada de decisão.

2.2 Específicos

- Adaptar um sistema de indicadores temáticos relevantes para a análise da vulnerabilidade ambiental em regiões serranas, aplicando procedimentos e técnicas de Geoprocessamento para geração de banco de dados e mapas temáticos (Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Precipitação, Uso do solo, Densidade demográfica e Vulnerabilidade ambiental);
- Construir e avaliar mapa da vulnerabilidade ambiental por meio da sobreposição dos mapas temáticos;
- Construir um protocolo metodológico para planejamento, execução e geração de imagens aéreas levantadas através de Veículos Aéreo Não Tripulado (VANT) em regiões serranas;
- Validação das informações obtidas via SIG através do VANT e geração de Ortomosaicos e Modelos Digitais de Elevação (MDE) através de *softwares* aerofotogramétricos.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Vulnerabilidade Ambiental

A magnitude dos impactos ao ambiente depende da vulnerabilidade local. Vulnerabilidade é um conjunto de condições determinadas por fatores e processos físicos, sociais, econômicos e ambientais que aumentam a suscetibilidade de uma comunidade ao perigo. Para Saito (2011), a palavra vulnerabilidade tem sentido negativo e está relacionada sempre com perdas. O termo vulnerabilidade denota um grau de suscetibilidade ou fragilidade que um determinado ambiente possui a um determinado tipo de impacto.

A Resolução CONAMA nº 01/1986 define impacto ambiental como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente; causada por qualquer forma de matéria ou energia, resultante das atividades humanas, que afete direta ou indiretamente a saúde; a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais (BRASIL, 1986).

Segundo Adger (2006), a vulnerabilidade, usualmente, está atrelada a um ou mais dos seguintes fatores: exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa ou de resposta do sistema. A análise desses fatores permite a avaliação da maior ou menor vulnerabilidade de um sistema a determinadas questões ambientais. A exposição significa o grau, duração ou extensão em que o sistema está em contato com o agente causador do risco. A sensibilidade está relacionada à extensão ou ao grau em que um sistema pode acumular as pressões sem sofrer alterações no longo prazo. A capacidade adaptativa é a habilidade do sistema de se ajustar a um dano ocorrido, fazer uso de recursos do meio ou oportunidades ou responder a mudanças que venham a ocorrer. Nesse contexto, um sistema é mais vulnerável quanto maiores as pressões (antrópicas e/ou naturais), maior a sensibilidade do meio e menor sua capacidade adaptativa (FIGUEIRÊDO et al., 2010).

A maioria dos territórios considerados vulneráveis, o são porque as comunidades ou as atividades econômicas preponderantes no local apresentam vulnerabilidades estruturais. Ou seja, os “territórios vulneráveis correspondem a concentrações geográficas, de dimensões variáveis, de situações de acentuada vulnerabilidade social e econômica”. Feyisa et al., (2013) diz que, as alterações dos impactos ambientais nos sistemas naturais e na sociedade são utilizados em grande escala nas pesquisas, baseados

na perspectiva de que, e as mudanças provocadas pelo uso e ocupação inadequado do solo, podem causar alterações desastrosas no meio, despertando efeitos negativos de ordem social, econômica e climática, comprometendo a saúde das pessoas.

O uso do termo “vulnerabilidade” tem crescido nos últimos anos no campo das ciências sociais e climáticas. Este termo tem sido utilizado para compreender os estados de exposição e sensibilidade do território frente a determinadas ameaças. A vulnerabilidade pode ser analisada a partir de várias abordagens para os objetivos e campos de estudo (PIRES, 2015). Para o escritório das Nações Unidas para Redução do Risco de Desastres (UNISDR) a vulnerabilidade é uma condição produto das ações humanas e indica o grau de perigo a que uma sociedade está exposta, ou protegida do impacto das ameaças naturais. Depende do estado de assentamentos humanos e sua infraestrutura, a maneira que a administração pública trata as políticas de gestão de risco e o nível de informação e educação da sociedade sobre os riscos existentes e como lidar com eles (ONU, 2014).

O crescimento e a concentração da população e das atividades humanas em muitas circunstâncias, com deficiências de planejamento, conjuntamente com o manejo ambiental deficiente e a ocorrência de desmatamentos e avanços excessivos de algumas culturas agrícolas pode gerar territórios vulneráveis (GRECO, 2015). Consideram-se territórios vulneráveis os que apresentam uma exposição elevada e duradoura a riscos e ameaças que, pela sua gravidade, exigem intervenções coordenadas envolvendo diferentes atores e distintos instrumentos de política. Os territórios podem ser vulneráveis por razões intrínsecas, como acontece, por exemplo, com alguns trechos da zona costeira face a subida do nível médio do mar (GOVINT, 2014).

O semiárido brasileiro apresenta características naturais que o tornam susceptível à erosão e conseqüentemente, a vulnerabilidade territorial: vegetação nativa esparsa, solos pouco desenvolvidos e escassez hídrica com chuvas concentradas em um curto período de tempo (PEREIRA; DANTAS NETO, 2014). O atendimento às demandas hídricas é a questão mais discutida na região, tanto cientificamente, como politicamente, devido à necessidade de abastecimento humano e atendimento aos usos múltiplos indispensáveis ao desenvolvimento de algumas atividades econômicas. Contudo, é importante ressaltar que os componentes de uma bacia hidrográfica interagem entre si e estão interligados, de forma que alterações na qualidade do solo refletirão também na qualidade e quantidade da água e do ambiente como um todo (MIRHOSSEINI et al., 2018).

Com o agravamento dos problemas ambientais, conhecer as aptidões e restrições das atividades que ocorrem na superfície terrestre tem sido necessário para disciplinar o uso e a ocupação do solo. Visando contribuir com a minimização destes impactos, o estudo da vulnerabilidade ambiental constitui como um instrumento estratégico de adequação do uso da terra, desempenhando um papel importante na sustentabilidade, tanto do ponto de vista ecológico quanto econômico (CAMPBELL; KIM; ECKERD, 2014; CASTANHEIRA et al., 2014; LOPES, LOURENÇO; STRENZEL, 2016).

3.2 Geoprocessamento

O termo Geoprocessamento denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e que vem influenciando de maneira crescente as áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional. As ferramentas computacionais para Geoprocessamento, chamadas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georeferenciados. Tornam ainda possível automatizar a produção de documentos cartográficos. O geoprocessamento é uma ferramenta de grande importância. Sua utilidade é ímpar para a conservação da biodiversidade, devido à capacidade de coleta de dados espaciais relevantes para diversos estudos, como dados temáticos e de distribuição de espécies, permite ainda análises detalhadas, como a identificação de áreas prioritárias para a conservação, delimitação de corredores de biodiversidade, base para sistemas de suporte a decisão (TEIXEIRA, 2015).

A primeira evidencia do uso prático do SIG (Sistema de Informações Geográficas), surgiu quando Dr. John Snow, infectologista britânico, estudou a distribuição dos casos de cólera no centro de Londres, a partir da análise de um mapa-base da cidade contendo os endereços dos pacientes infectados, notou que, a distribuição das ocorrências se dava em um ponto específico, nas proximidades de uma cisterna, que uma vez lacrada, pôs fim a epidemia (SILVA, 2003). Alguns autores afirmam que as primeiras tentativas de automatizar parte do processamento de dados com características espaciais aconteceram na Inglaterra (através da pesquisa em botânica) e nos Estados Unidos (estudos de volume de tráfego), nos anos 50, com o objetivo principal de reduzir os custos de produção e manutenção de mapas. (CÂMARA; DAVIS, 2003).

Pode-se afirmar que os primeiros Sistemas de Informação Geográfica surgiram na década de 60, no Canadá, como parte de um programa governamental para criar um inventário de recursos naturais. Em 1962, Tomlinson, do Canadian Land Inventory, desenvolveu o Sistema de Informações Geográficas Canadense (Canadian Geographic Information System — CGIS). Este sistema foi o primeiro SIG da era contemporânea, sendo aceito definitivamente como tal em 1965 (TOMLINSON, 1988).

Flauzino et al. (2010) ressaltam que a utilização de geotecnologias é um instrumento de grande potencial para o estabelecimento de planos integrados de conservação do solo e água, e dos ecossistemas em geral. As geotecnologias constituem o conjunto de tecnologias para coleta, armazenamento, edição, processamento, análise e disponibilização de dados e informações com referência espacial geográfica. São compostas por soluções em hardware, software, peopleware e dataware. No rol das geotecnologias estão a Cartografia Digital ou Automatizada, Sensoriamento Remoto por Satélites, Sistema de Posicionamento Global (ex. GPS), Aerofotogrametria, Geodésia, Topografia Clássica, entre outros (ZAIDAN, 2017).

O geoprocessamento pode ser considerado como um ramo de atividades, e pode ser definido como o conjunto de técnicas e métodos teóricos e computacionais relacionados com a coleta, entrada, armazenamento, tratamento e processamento de dados, a fim de gerar novos dados e ou informações espaciais ou georreferenciadas. É importante observar que informações georreferenciadas têm como característica principal o atributo de localização, ou seja, estão ligadas a uma posição específica do globo terrestre por meio de suas coordenadas. Os SIGs podem ser considerados uma das geotecnologias que se encontram dentro do ramo de atividades do geoprocessamento. Existe uma tendência de se confundir o termo SIG com um simples software. Um SIG é um sistema constituído e operacional. Uma definição clássica de SIG seria a de um sistema automatizado de coleta, armazenamento, manipulação e saída de dados cartográficos (BURROUGH; MCDONNELL, 1998).

Existem inúmeras definições de SIG na literatura, para a maioria dos autores trata-se de um conjunto de técnicas empregadas na integração e análise de dados provenientes das mais diversas fontes, como imagens fornecidas por satélites terrestres, mapas, cartas climatológicas, censos e outros, sendo auxiliado por computadores para adquirir, armazenar, analisar e exibir dados geográficos (SANTOS, 2007). Tal sistema deve conter os seguintes componentes: Interface com o usuário, entrada e integração de dados, consulta, análise espacial e processamento de imagem, armazenamento e recuperação de

dados (banco de dados geográficos) (ASSAD; SANO, 1998). Trata-se de um sistema composto por softwares e hardwares que estão submetidos a uma organização de pessoas interligadas para um mesmo fim, que se utilizam de dados georreferenciados, de forma a tornar possível a coleta, o armazenamento, a edição, o processamento, a análise e a disponibilização, visando a possibilidade de planejar e monitorar questões ligadas ao espaço físico geográfico através dos produtos gerados pelo sistema, que são arquivos digitais contendo Mapas, Gráficos, Tabelas e Relatórios convencionais.

Na área ambiental, o geoprocessamento é uma ferramenta importante, senão a mais utilizada para monitoramento, como, por exemplo: da cobertura vegetal e uso das terras (FENSTERSEIFER; SILVA, 2019), níveis de erosão do solo (SANTOS; SILVA, 2018), poluição da água e do ar (AMARANTE *et al.*, 2019; SILVA; BEZERRA; RÊGO, 2020), disposição irregular de resíduos (CARRILHO; CANDIDO; SOUZA, 2018; NAKATI *et al.*, 2018), e assim por diante. Da mesma forma, essa tecnologia pode ser usada em análises de qualidade de habitat (VIEGAS; ALMEIDA; SOUZA, 2018) e fragmentação. Nas definições de políticas públicas e diretrizes na gestão governamental o geoprocessamento também é empregado. Quando é identificada precisamente as áreas afetadas por uma determinada decisão, o governo propõe medidas mitigatórias para que se possa planejar melhor o impacto de suas ações. Assim como, através do registro de solicitações e análises e o livre acesso à base cartográfica, pode-se estreitar as relações do governo com os cidadãos (TEIXEIRA, 2015).

3.3 Sensoriamento remoto aplicado a vulnerabilidade ambiental

O surgimento do sensoriamento remoto trouxe consigo uma nova metodologia de análise do meio terrestre, permitindo a obtenção de informações em diferentes escalas, geometrias, localidades e períodos de tempo (MORAIN, 1998). Esse novo conceito de análise espacial possibilitou o desenvolvimento de estudos em diversas áreas como: geomorfologia (AYDDA; ALGOUTI, 2014), geologia (LEOPOLDINO OLIVEIRA *et al.*, 2020), climatologia (KAMPEL; FREITAS, 2017; MARINHO; JUNIOR; CARDENAS, 2017) e planejamentos socioambientais (SPARAVINGA, 2013). Além de possibilitar o estudo do histórico de padrões biofísicos (LINS *et al.*, 2017) do meio verificando quais os principais fatores que contribuem para a ocorrência de eventos extremos que causam prejuízos de ordem ambiental e social.

Novo (2010), define Sensoriamento Remoto como:

“(...) a utilização conjunta de sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados colocados a bordo de aeronaves, espaçonaves, ou outras plataformas, com o objetivo de estudar eventos, fenômenos e processos que ocorrem na superfície do planeta Terra a partir do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias que o compõem em suas mais diversas manifestações” (NOVO, 2010, p. 28).

As informações obtidas por sensoriamento remoto possibilitam analisar regiões grandes, heterogêneas ou mal acessíveis, gerando resultados de forma rápida e eficaz (SCHARSICH et al., 2017). Conhecer a vulnerabilidade natural e ambiental de uma região e estudar a resposta dos atributos físicos e químicos do solo ao uso e ocupação, pode servir como um “sistema de alerta precoce” (AQUINO; PALETTA; ALMEIDA, 2017) que auxilia os cientistas e o poder público nas tomadas de decisão sobre o uso e manejo adequado do solo e na seleção de áreas prioritárias de conservação e/ou preservação da geodiversidade e recuperação do solo, contribuindo para a manutenção da qualidade ambiental e para a implementação de políticas ambientais (CUIABANO et al., 2017; BÜNEMANN et al., 2018; MEHRA; SINGH, 2018).

A análise multitemporal engloba uma série de imagens de satélite de determinada área em períodos distintos, para um levantamento mais completo e detalhado, recomenda-se o uso de imagens de diferentes sensores, o que permite um índice comparativo de informações para que não haja tendência nos resultados gerados (MOREIRA, 2003). O processo de mapeamento do uso e cobertura da terra por meio de dados de satélites envolve uma série de fatores, tais como a escolha do método a ser utilizado para identificação de padrões (definidos pelas respostas espectrais e organização espacial dos alvos) e o processo de validação a ser aplicado ao resultado obtido (NOGUEIRA; PARENTE; FERREIRA, 2017).

A vulnerabilidade é um termo sociambiental que leva em consideração a resiliência do ambiente, avaliando as características naturais e antrópicas da região, essa avaliação em larga escala ganhou um aliado bastante relevante nos últimos anos, os satélites de imageamento terrestres, que permitem avaliar a composição da paisagem a partir da interpretação de dados multispectrais que descrevem os elementos do meio através de um comprimento de onda específico, ou seja, cada componente presente na cena possui uma assinatura espectral, o que assegura entre outras vantagens a certeza física de que o dado classificado é único. A associação de técnicas de geoprocessamento,

por meio da análise integrada de aspectos físicos e ambientais, tais como: geomorfologia, geologia, pedologia, uso e ocupação do solo e clima, permitem a análise espacial dos graus de vulnerabilidade de uma região (ZHAO et al., 2018), gerando resultados eficientes, precisos e de baixo custo (MAKAYA et al, 2019) que auxiliam na identificação de áreas com limitação do uso do solo.

A integração de sistemas de posicionamento por satélite juntamente com a capacidade de processamento alcançada pelos computadores contemporâneos tem revolucionado o mapeamento de áreas vulneráveis, permitindo a análise de grandes áreas, firmando-se como uma importante ferramenta na obtenção de imagens aéreas de qualidade e baixo custo, visto que a utilização e a aplicação desses novos conhecimentos, tanto no meio urbano quanto no meio rural, permitem identificar estratégias que possam aumentar a eficiência em levantamentos aerofotogramétricos e a implementação de ações territoriais capazes de diminuir a influência dos impactos negativos nas áreas frágeis e em especial com declividade elevada, como é o caso das regiões serranas (ALVES JÚNIOR, 2015).

As técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto possibilitam a geração de um produto síntese dessa análise integrada, por meio da geração de mapas temáticos, permitindo a visualização espacial dos graus de vulnerabilidade, facilitando a interpretação de gestores e da população em geral, para a melhor gestão dos recursos naturais, auxiliando no processo de implementação de políticas ambientais, uma vez que, são capazes de espacializar as informações, permitindo identificar as áreas com maior necessidade de intervenção (AQUINO; PALETTA; ALMEIDA, 2017). Os mapas criados auxiliam na tomada de decisão e no planejamento estratégico para a gestão de riscos e o gerenciamento de desastres (CEPED -RS/UFRGS, 2016).

3.4 Indicadores Ambientais

Segundo Van Bellen (2005), o objetivo dos indicadores “é agregar e quantificar informações de modo que sua significância fique mais aparente.” Dessa forma considera os indicadores como um modelo da realidade, mas que não pode substituir a própria realidade, “entretanto devem ser analiticamente legítimos e construídos dentro de uma metodologia coerente de mensuração.” De maneira geral, Santos (2004), define um indicador da seguinte forma: “indicadores são parâmetros, ou funções derivadas deles, que tem a capacidade de descrever um estado ou uma resposta dos fenômenos que

ocorrem em um meio.”, ou seja, corresponde a uma forma de percepção da realidade que se dá através de um conjunto de dados representativos de parâmetros capazes de traduzir o estado de um ambiente.

A Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) define um indicador como sendo um parâmetro, ou um valor derivado de um parâmetro, descrevendo um estado de fenômeno do meio ambiente ou de zona geográfica. Tem um significado que se estende além da informação diretamente emitida pelo valor do parâmetro (OCDE, 1993). Os indicadores têm como papel principal a transformação de dados em informações relevantes para os tomadores de decisão e o público. Em particular, eles podem ajudar a simplificar um arranjo complexo de informações sobre saúde, meio ambiente e desenvolvimento, possibilitando uma visão “sintetizada” das condições e tendências existentes (OMS, 2002). A capacidade dos indicadores em agregar e relacionar dados de diferentes fontes, naturezas e escalas, torna essencial a organização e hierarquização desses elementos, a fim de conferir credibilidade e evitar redundância e discrepâncias de escala.

O IBGE (2012) define alguns objetivos dos indicadores, entre eles: identificar variações, comportamentos, processos e tendências, estabelecer comparações, sendo ainda capazes de facilitar o entendimento público em relação ao tema. Os indicadores locais, obedecem os mesmos princípios, no entanto, levam em consideração as condições da área de estudo, ou sejam, estão de acordo com a composição do sistema em questão.

O emprego adequado de indicadores é capaz de possibilitar a execução de inúmeras análises, inclusive de caráter preventivo, tal como a construção de cenários e tendências, o que possibilita agilizar as ações a serem implementadas na solução de problemas ou mesmo na avaliação de uma determinada realidade em relação às metas previamente estipuladas (COUTO, 2016).

Os indicadores têm sido bastante utilizados em estudos ambientais. Diversos indicadores têm sido desenvolvidos no sentido de descrever o estado de variáveis ambientais em nível regional, estados, municípios ou de países. A distribuição espacial dos indicadores de vulnerabilidade pode ser feita tomando-se como unidade de estudo e analise a sub-bacia da bacia hidrográfica, permitindo entendimento das variações relacionadas as influências das características intrínsecas naturais e antrópicas no território das bacias como um todo (PIRES, 2015).

3.5 Regiões Serranas como espaço para a gestão ambiental

A dinâmica sócio-ambiental das regiões serranas no Brasil elevam a preocupação com o uso e ocupação nessas áreas, somando-se as alterações climáticas que promovem anomalias resultando em eventos de grande intensidade. Nessas áreas, o processo erosivo se dá de forma acelerada, devido à união do fator antrópico aos demais fatores condicionantes (climático, ação de microorganismos, topografia, tipo do solo e cobertura vegetal). O fator antrópico inicia-se pelo desmatamento, seguido da implantação de moradias nas encostas, associados ao sistema precário de drenagem, contribuem para as perdas de solo.

De acordo com o glossário de proteção e defesa civil (2017), a definição para movimento de massa diz que “Caracteriza-se por movimentos gravitacionais de massa que ocorrem de forma rápida, cuja superfície de ruptura é nitidamente definida por limites laterais e profundos, bem caracterizados. Em função da existência de planos de fraqueza nos horizontes movimentados, que condicionam a formação das superfícies de ruptura, a geometria desses movimentos é definida, assumindo a forma de cunha, planar ou circular”. Tominaga, Santoro e Amaral (2009) definem movimento de massa como “o movimento do solo, rocha e/ou vegetação ao longo da vertente sob a ação direta da gravidade. A contribuição de outras variáveis, como água ou gelo, se dá pela redução da resistência dos materiais de vertente e/ou pela indução do comportamento plástico e fluido dos solos”.

Os movimentos de massa estão dentro do grupo de desastres naturais relacionados à geomorfologia, ao grau de intemperismo, a processos erosivos e ao grau de adensamento do solo. São fenômenos provocados por escorregamentos de materiais sólidos, como solo, blocos de rocha e vegetação em encostas, pendentes ou escarpas. Tem como característica os movimentos gravitacionais rápidos, deflagrados no momento em que a força gravitacional vence o atrito interno entre partículas, e apresenta superfície de ruptura bem definida pelos limites laterais e pela profundidade (CASTRO, 2003). Os movimentos de massa constituem um processo natural de evolução geomorfológica em regiões serranas e montanhosas. Porém, o rápido e desordenado crescimento urbano em áreas desfavoráveis a ocupação humana, sem o devido planejamento do uso do solo, aliado à adoção de técnicas inadequadas de estabilização de encostas, estão disseminando a ocorrência de acidentes, que podem chegar a proporções de desastres naturais (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2009).

Existem vários processos que se enquadram no conceito de movimentos de massa. No entanto, diferem-se por alguma característica específica, geralmente pela formação ou

pela velocidade do movimento (GUERRA, 2006) entre outras questões como: tipo do material, velocidade e mecanismo do movimento, modo de deformação, geometria da massa movimentada e quantidade de água que geram diversos tipos de classificação como as que seguem:

a) Escorregamento de terreno: Descidas de solo ou das massas de rochas decompostas geralmente pelo efeito da gravidade. Nas estruturas inclinadas, os escorregamentos de terreno são mais facilitados (GUERRA, 2006, p. 244).

b) Deslizamentos: Deslocamentos de massas de solo sobre um embasamento saturado de água. Os deslizamentos dependem de vários fatores, tais como: inclinação das vertentes, quantidade e frequência das precipitações, presença ou não de vegetação, consolidação do material etc. A ação humana muitas vezes pode acelerar os deslizamentos, através da utilização irracional de áreas acidentadas. (GUERRA, 2006, p. 198).

c) Solifluxão tropical: Diz-se do movimento de descida de grande massa de argila ou de areia granítica, por ocasião das chuvas muito intensas. Este fenômeno é comumente denominado de queda de barreira. Estes movimentos de solo e rochas decompostas são acelerados, isto é, intensificados pelos desflorestamentos realizados pelo homem. (GUERRA, 2006, p. 582).

Os fatores que contribuem para o desencadeamento dos processos de movimentos de massa são principalmente os elementos do meio físico e secundariamente os elementos do meio biótico. Estes elementos fazem parte da dinâmica dos processos naturais (WOLLE, 1988). Guidicini e Nieble (1984) denominam esses elementos como agentes predisponentes, embora a ação do homem seja um fator de grande relevância que favoreça a ocorrência desses processos ou que minimize seus efeitos.

O poder público tem papel fundamental na minimização dos efeitos de eventos adversos sobre comunidades ameaçadas por estes. Para tanto, é essencial que nossos gestores tenham uma visão mais ampla do ciclo de gestão de defesa civil, que os governos vejam além da resposta, que se atue também na prevenção, preparação e mitigação. Trabalhar com o foco na prevenção custa menos para o Estado do que ações de resposta e recuperação (SANTA CATARINA, 2013).

Kobiyama et al. (2006) destacam que os desastres são geralmente inesperados, possuindo uma gravidade e magnitude capazes de produzir danos e prejuízos diversos, muitas vezes resultando em mortos e feridos. Para que se possa diminuir ou evitar esses

danos, faz-se necessária a realização de ações preventivas e restituidoras, visando a uma recuperação que não pode ser alcançada por meio de procedimentos rotineiros.

De acordo com o Ministério das Cidades, na gestão de áreas com risco de deslizamentos, deve-se trabalhar com dois fundamentos principais: a previsão e a prevenção. A previsão é a identificação dos locais em que o evento tenha maior probabilidade de acontecer, estabelecendo também as condições e circunstâncias para a ocorrência dos processos, ou seja, é uma forma de análise de risco. Esta análise é crucial para que se possa adotar as medidas apropriadas à gestão dos riscos encontrados. Um dos métodos mais utilizados para isso é o mapeamento das áreas de risco (BRASIL, 2007). A prevenção é a possibilidade de aplicar medidas que visam impedir a ocorrência dos eventos adversos e a redução de seus impactos, agindo diretamente sobre edificações e/ou a própria população vulnerável.

Como resultado de uma análise espacial ambiental efetiva, as geotecnologias permitem a elaboração de planejamento ambiental como ferramenta efetiva, pois mescla dados de diversas características, com a finalidade de compreender o território a partir uma visão geral sobre o território estudado, uma vez que, a espacialização dos dados permite a obtenção das informações de forma holística, permitindo entender espacialmente os problemas e organizar ações para minimizá-los por meio da gestão de riscos e políticas públicas capazes de mitigar os efeitos do manejo inadequado dos recursos (SCHUSSEL; NASCIMENTO NETO, 2015).

A gestão de riscos e o gerenciamento de desastres englobam um conjunto de ações que permitem aprimorar a capacidade de enfrentamento de uma comunidade e reduzir os impactos causados por eventos adversos. A gestão de riscos é composta pelas etapas de prevenção, mitigação e preparação, enquanto que o gerenciamento de desastres é composto pelas etapas de resposta e recuperação (COPOLA, 2015). A vulnerabilidade de um elemento em risco de deslizamento é um evento espaço-temporal e pode ser quantificado usando modelagem estatística. Alguns pesquisadores têm desenvolvido modelos com enfoque quantitativo, pois entendem que este método traduz efetivamente o valor da vulnerabilidade, à medida que o quantifica. É uma representação mais realística em que a intensidade, quer seja do deslizamento em si, do dano à estruturas, à infraestruturas ou à pessoas, é tangível (DAS, 2011).

No campo do planejamento urbano e das políticas públicas, a disseminação de iniciativas tecnológicas de prospecção e de mitigação e adaptação às mudanças climáticas no Brasil dependem, em boa medida, do engajamento de cidades, ou de administrações

municipais, que estão no topo da hierarquia urbana em suas regiões de influência (PAPAGEORGIOU; GEMENNETZI, 2017).

3.6 Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT)

Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) é um termo adaptado do inglês *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) e está relacionado a qualquer veículo com capacidade de voar e ser controlado sem a presença de uma pessoa a bordo (ATAÍDE, 2016). Medeiros (2007) descreve VANT como pequenas aeronaves que realizam de modo remoto múltiplas funções como mapeamento, monitoramento, vigilância entre outras.

De acordo com o Department of Defense Dictionary of Military and Associated Terms (DOD, 2011, p. 494) um VANT pode ser definido como:

“Um veículo aéreo motorizado que não possui um operador humano, usa forças aerodinâmicas para ganhar altitude, pode voar de forma autônoma ou ser pilotado remotamente, pode ser descartável ou recuperável, e pode carregar uma carga letal ou não letal (DOD, 2011, p.494).”

Ao longo das duas grandes guerras (1^a, de 1914 a 1918, e a 2^a, de 1939 a 1945) e da guerra fria (de 1945 a 1991), as frentes militares de diversos países, como Estados Unidos, Alemanha, Inglaterra, China, Japão e Rússia, propiciaram evoluções significantes para a tecnologia dos VANT, que também recebeu inovações motivadas, em muitos momentos, pelos interesses civis (DALAMAGKIDIS, VALAVANIS e PIEGL, 2012; KEANE E CARR, 2013). As vantagens da utilização de um veículo aéreo não tripulado para as forças militares gerou um crescimento na utilização desses sistemas. Neste sentido, os perigos relacionados à vida do piloto, acidentes e captura pelo inimigo, são excluídos, tornando os VANT's melhores para missões de ataque, espionagem, reconhecimento e etc (OLIVEIRA, 2009).

A era de modernização dos VANT's ocorreu na década de 70. Foi nesse período que o Estados Unidos e Israel começaram a desenvolver VANT's mais baratos e menores. Ao longo da década de 1970 e 1980, a Força Aérea israelense foi pioneira em vários veículos novos que foram eventualmente utilizados nas frotas de outros países no final dos anos 80 e início dos anos 90, incluindo os EUA (DEGARMO, 2004).

O primeiro VANT brasileiro foi o CTB BQM-1BR da extinta Companhia Brasileira de Tratores (CBT) (Figura 1a), e tinha como objetivos definidos mapear e monitorar áreas ou zonas perigosas e servir de alvo aéreo para treinamento e apoio tático. O Projeto Aeronave de Reconhecimento Autônoma e Remotamente Assistida (Arara) desenvolvida pela empresa AGX Tecnologia em conjunto com o Instituto de Ciências Matemáticas e Computação da Universidade de São Paulo (ICMC/USP) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) desenvolveram em 2005 um VANT de asa fixa com tecnologia 100% brasileira com o objetivo de monitorar áreas agrícolas e com problemas ambientais (Figura 1b) (ALVES JÚNIOR, 2015).

FIGURA 1. VANT CTB CQM – QBR (a) VANT ARARA (b)



Fonte: Alves Júnior, 2015.

A Instrução Suplementar - IS N° 21-002A da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), de outubro de 2012, define VANT como:

“Aeronave projetada para operar sem piloto a bordo e que não seja utilizada para fins meramente recreativos. Nesta definição, incluem-se todos os aviões, helicópteros e dirigíveis controláveis nos três eixos, excluindo-se, portanto, os balões tradicionais e os aeromodelos (ANAC, 2012, p.3).”

Os VANT's podem ser classificados em relação a diversos critérios, tais como: o material empregado na construção, tamanho, peso, modelo/aspecto da fuselagem/plataforma, duração do tempo de voo, altura do voo, dentre outros aspectos técnicos e operacionais (ANGELOV, 2012). Segundo Alves Junior (2015) e Linhares (2016) os VANT's podem ser classificados em 5 categorias de acordo com as descrições

técnica dos equipamentos e as indicações de operacionalização de cada fabricante como pode ser observado no Quadro 1.

QUADRO 1. Classificação das categorias de VANT's

CATEGORIA	DESCRIÇÃO	OPERAÇÃO	CLASSIFICAÇÃO
Asa-fixa	Aeronaves com asas fixas	Exigem pista para decolagem e pouso, ou uma catapulta no caso de lançamento	
Asa-rotativa	Aeronaves com asas rotativas (hélices)	Pouso e decolagem na vertical, capacidade de pairar no ar e alta capacidade de executar manobras	Quadricóptero (4 motores), Hecacóptero (6 motores), Octacóptero (8 motores)
<i>Blimps</i> ou balões de ar	São balões e dirigíveis não tripulados	São grandes e voam em baixa velocidade	
<i>Flapping-wing</i> ou batedores de asa	Aeronaves com asas flexíveis	As asas se moldam de acordo com as necessidades aerodinâmicas	
Híbridos ou conversíveis	Voam como aviões convencionais	Decolam na vertical em função da alta capacidade de inclinar motores ou parte da fuselagem	

Fonte: Adaptado de Alves Júnior (2015); Linhares (2016) por Autor (2020)

Em fevereiro de 2014 a ANAC propôs uma série de normas para tratar de operação e licenciamento de pilotos remotos, tanto de VANT quanto de aeromodelos. A regulamentação possui cerca de 40 itens divididos em gerais e específicas, algumas delas são:

[...]

- Será proibido o transporte de pessoas, animais ou artigos perigosos por VANT ou aeromodelos.
- Todos os VANT ou aeromodelos deverão possuir equipamentos de comunicação regulares perante a Anatel.
- Será vedado operar um VANT ou aeromodelo, mesmo não sendo com propósito de voar, de maneira descuidada ou negligente, colocando em risco vidas e propriedades de terceiros.
- Todos os pilotos remotos que atuarem em operações BVLOS, ou que atuarem em operações de RPA a partir de 25kg PMD (peso máximo de decolagem),

deverão possuir licença e habilitação emitida pela ANAC segundo o novo Regulamento.

-Todos os pilotos de VANT deverão possuir código ANAC (CANAC).

-Todas as operações de VANT deverão possuir seguro com cobertura de danos a terceiros.

No entanto as regras para operações civis de VANT só começaram a valer em 2017 com a criação do Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial nº 94/2017 (RBAC-E nº 94/2017) complementar às normas de operação de drones estabelecidas pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) e pela Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL). Pelo regulamento da ANAC, aeromodelos e VANT são aeronaves não tripuladas e são utilizadas para recreação e fins experimentais, comerciais ou institucionais respectivamente. Os dois tipos só podem ser operados em áreas com no mínimo 30 metros horizontais de distância das pessoas não anuentes ou não envolvidas com a operação e cada piloto remoto só poderá operar um equipamento por vez. A depender do equipamento, da classe de enquadramento da aeronave e do objetivo do uso as regras de operação de tornam mais rígidas (ANAC, 2020).

Os VANTs apresentam diversas aplicações, que vão desde a detecção precoce de focos de incêndio, bem como no mapeamento e monitoramento até a possibilidade de aplicação no acompanhamento de alterações territoriais. Podem auxiliar no planejamento de atividades especializadas em grandes áreas como por exemplo, no controle sanitário dos plantios e de cidades, análise dos elemento de áreas urbanas entre outros (PURI; NAYYAR; RAJA, 2017; KURKUTE, S. R et al., 2018; BUFFON; SAMPAIO; PAZ, 2018).

Em termos de resolução temporal, especificamente a condição climática de nebulosidade, os VANT's apresentam maior flexibilidade que o sensoriamento remoto a nível orbital, uma vez que não dependem de condições climáticas ótimas (ausência de nebulosidade) para a realização das missões. Além disso, os VANT's não dependem da órbita e de aeroportos como é o caso dos sistemas convencionais. Contudo, vale ressaltar que missões com VANT'S podem ser prejudicadas por ação dos ventos, que dependendo da intensidade pode ser considerado um fator adverso para a execução dos voos (SILVA, 2018). Em geral, um VANT é uma excelente ferramenta de obtenção de imagens de alta resolução, a baixo custo e alta resolução temporal. Essas características têm popularizado o uso de VANT, principalmente para atualização e confecção de mapas, em áreas

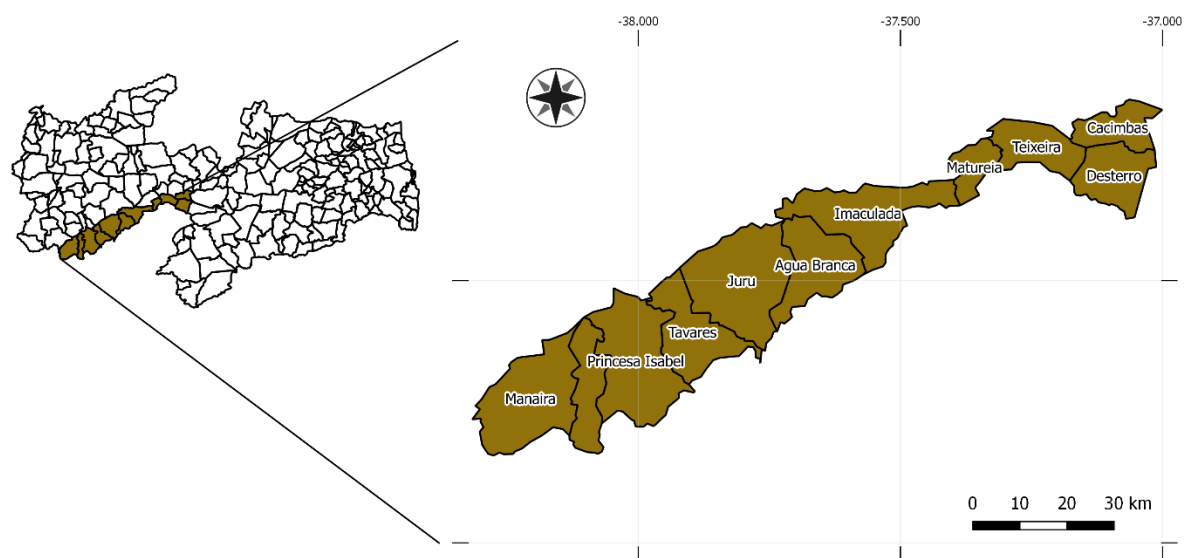
longínquas ou pequenas onde o uso da fotogrametria convencional torna a execução do trabalho economicamente inviável (ALVES JÚNIOR, 2015).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de estudo/Caracterização da área

A microrregião da Serra do Teixeira – PB (Figura 2) localizada ao sul do estado da Paraíba, abrange uma extensa área serrana que se estende até os limites do estado de Pernambuco, servindo como divisor de águas dos rios que correm em direção as bacias do norte (Piranhas-Açu), sul (São Francisco), e leste (Paraíba). Somando-se ao contexto geográfico, a região apresenta indícios visuais de degradação de terras e de escassez hídrica, esta última, devido à baixa pluviosidade. Diante desse cenário, uma análise detalhada do uso e ocupação do solo, bem como a utilização de indicadores ambientais associados ao sensoriamento remoto, e a obtenção de imagens de alta resolução espacial, podem auxiliar no entendimento das eventuais mudanças no território, de modo a possibilitar o apoio ao planejamento e a gestão no que se refere à implantação de políticas públicas voltadas a preservação dos recursos naturais e humanos vulneráveis as formas de manejo e ocupação ali presentes.

FIGURA 2: Microrregião da Serra do Teixeira



Universidade Estadual da Paraíba - UEPB Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental - PPGCTA Linha de Pesquisa: Qualidade de Sistemas Ambientais	Legenda □ Estado da Paraíba ■ Microrregião da Serra do Teixeira - PB	Sistema de Cordenadas Datum: SIRGAS 2000 UTM 24S Elaboração: Priscilla Gomes Barbosa (2020)
--	---	---

Fonte: Autoria própria, 2020.

4.2 Desenvolvimento

A análise da vulnerabilidade ambiental da microrregião da Serra do Teixeira iniciou-se com a delimitação da área a partir das cartas topográficas e de dados vetoriais, caracterizando a área para as classes: geologia, geomorfologia, pedologia, precipitação pluviométrica, vegetação e densidade demográfica.

Os critérios para atribuição da vulnerabilidade para os temas: Geologia, Geomorfologia, Solos, Precipitação e Vegetação, foram determinados por Crepani et al., (2001), segundo o qual, para se analisar a vulnerabilidade ambiental de uma unidade de paisagem é necessário conhecer sua gênese, constituição física, forma e estágio de evolução, bem como o tipo de cobertura vegetal constituinte (Equação 1).

$$V = \frac{(G+R+S+P+Vg)}{5} \quad (1)$$

Essas informações foram extraídas a partir de dados geoespaciais dos atributos, que uma vez integrados forneceram um retrato do comportamento da unidade de paisagem frente a sua ocupação.

Nesta pesquisa, a Equação 1 foi reescrita de modo a substituir o atributo vegetação por uma classe mais ampla denominada: uso e ocupação do solo, dando a capacidade de análise não só da vegetação, mas das formas de ocupação e da dinâmica territorial. Incluiu-se ainda informações relacionadas à densidade demográfica, uma vez que, a vulnerabilidade só ocorre se houverem pessoas inseridas em um contexto regional dependendo dos recursos naturais ali presentes, os dados relativos a distribuição demográfica foram adquiridos via Geoportal do IBGE onde optou-se por trabalhar com os dados relativos ao último censo demográfico oficial realizado.

Desse modo procurou-se adaptar a metodologia de modo a fornecer uma visão intrínseca da paisagem ao possibilitar a integração de estudos morfodinâmicos. No caso desse trabalho, todas as informações relacionadas à geologia, geomorfologia, solos, precipitação, uso e ocupação do solo e densidade demográfica foram plotadas em ambiente SIG e o mapa final de vulnerabilidade ambiental foi confeccionado a partir da média aritmética dos atributos segundo destaca a Equação 2 descrita a seguir:

$$V = \frac{(G+R+S+P+US+D)}{6} \quad (2)$$

Onde:

V= Vulnerabilidade;

G= Vulnerabilidade para o tema Geologia;

R= Vulnerabilidade para o tema Geomorfologia;

S= Vulnerabilidade para o tema Solos;

US= Vulnerabilidade para o tema Uso e ocupação do solo;

P= Vulnerabilidade para o tema Precipitação;

D= Vulnerabilidade para o tema Densidade demográfica.

Para cada classe analisada determinou-se um intervalo de valores pré-estabelecidos associados à vulnerabilidade ambiental segundo a metodologia adotada. De acordo com a Equação 2, os valores resultantes para cada categoria de vulnerabilidade devem seguir a determinação da escala estabelecida, onde 1,0 correspondem às áreas consideradas estáveis, 2,0 correspondem à média estabilidade e 3,0 representa as áreas instáveis, com alto índice de vulnerabilidade ambiental.

4.3 Geologia

A análise do atributo geologia ajuda a entender a morfodinâmica da unidade de paisagem natural, uma vez que permite compreender as informações relativas a história da evolução geológica do ambiente estudado, disponibilizando informações relacionadas a questões ligadas ao grau de coesão das rochas, cujo qual, apresenta uma escala de estabilidade (Quadro 2).

O levantamento geológico foi gerado a partir de arquivos *shapefile* na escala de 1:250.000 disponíveis gratuitamente no geoportal do IBGE (<https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#mapa208022>). O contexto geológico deste trabalho envolve um conjunto de fenômenos físicos, químicos e biológicos que compõe os complexos processos históricos envolvidos na formação geológica local, o estudo desses fatores possibilita a resolução de futuros problemas decorrente da relação antrópica sobre o meio, possibilitando dessa forma o emprego de uma gestão ambiental que englobe entre outros fatores a investigação das mudanças e das tendências da superfície. Embora os estudos ambientais envolvendo elementos geológicos sejam muito recentes, a integração de programas computacionais e do geoprocessamento tem

possibilitado o levantamento, o armazenamento e a representação dessas informações de modo a criar um sistema que possibilite o monitoramento e a gestão de áreas de risco e desastres, servindo para orientar as atividades de exploração.

QUADRO 2. Classificação da vulnerabilidade referente à geologia

Litologia	Média (SIVARS)	Propensão ao risco (SIVARS)
Quartzitos ou metaquartzitos	1,0	Estável
Riólito, Granito, Dacito	1,1	
Granodiorito, Quartzo Diorito, Granulitos	1,2	
Migmatitos, Gnaisses	1,3	
Fonólito, Nefelina, Sienito, Traquito, Sienito	1,4	Moderadamente estável
Andesito, Diorito, Basalto	1,5	
Anortosito, Gabro, Peridotito	1,6	
Milonitos, Quartzo muscovita, Biotita, Clorita xisto	1,7	
Piroxenito, Anfibolito Kimberlito, Dunito	1,8	Medianamente estável/instável
Hornblenda, Tremolita, Actinolita xisto	1,9	
Estauroлита xisto, Xisto granatífero	2,0	
Filito, Metassiltito	2,1	
Ardósia, Metargilito	2,2	
Mármore	2,3	
Arenitos quartzosos ou ortoquartzitos	2,4	Moderadamente instável
Conglomerados, Subgrauvacas	2,5	
Grauvacas, Arcózios	2,6	
Siltitos, Argilitos	2,7	Instável
Folhelhos	2,8	
Calcários, Dolomitos, Margas, Evaporitos	2,9	
Sedimentos Inconsolidados: Aluviões, Colúvios etc	3,0	

Fonte: adaptado de Crepani et al., (2001).

4.4 Geomorfologia

De acordo com Crepani, et al (2001), para estabelecer os valores da escala de vulnerabilidade para as unidades de paisagem natural com relação à geomorfologia, são analisados os seguintes índices morfométricos do terreno: dissecação do relevo pela drenagem, amplitude altimétrica e declividade. Verificando-se as formas de origem estrutural e denudacional, caracterizadas por relevos planos a suavemente ondulados, como as superfícies pediplanadas, os interflúvios tabulares e as colinas de topos aplainados, o mais provável é que os valores de vulnerabilidade variem entre 1,0 e 1,6, porque quanto mais baixos forem individualmente os índices morfométricos mais próximos de 1,0 serão os valores de vulnerabilidade e quanto mais altos forem esses índices mais próximos de 1,6 serão os valores de vulnerabilidade destas formas.

Inicialmente, extraiu-se de um arquivo *shapefile* disponível no geoportal do IBGE as ocorrências geomorfológicas da microrregião da Serra do Teixeira, em base cartográfica com escala de 1:250.000 (<https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#mapa208026>). O peso de cada variável segundo os critérios estabelecidos na metodologia adotada segue nos Quadros 3, 4 e 5 respectivamente. A Equação 3 apresenta como se procedeu o cálculo referente ao indicador geomorfologia para fins de análise da vulnerabilidade ambiental, o levantamento dos Modelos Digitais de Elevação (MDE) foi realizado por meio do Banco de dados Geomorfométricos do Brasil - Topodata (<http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>) gerenciado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE):

$$R = \frac{G+A+D}{3} \quad (3)$$

Onde:

R= risco para o tema geomorfologia;

G= risco atribuído ao tema grau de dissecação;

A= risco atribuído a amplitude altimétrica;

D= risco atribuído a declividade.

a) Altimetria

A amplitude altimétrica está relacionada com o aprofundamento da dissecação (dimensão interfluvial e profundidade dos tavelgues), que é um indicador da energia potencial disponível para o “*runoff*”. Quanto maior a amplitude altimétrica maior é a energia potencial, pois as águas pluviométricas que caem sobre os pontos mais altos do terreno, adquirirão maior energia cinética no seu percurso em direção as partes mais baixas e, conseqüentemente, apresentarão maior capacidade de erosão ou de morfogênese (CREPANI et al., 2001). No entanto, a própria força da gravidade, sem a presença de chuva e/ou água superficial, devido à inclinação do relevo, adiciona uma componente descendente das partículas rochosas das encostas (DIAS, 2012). A variável numérica para cada classe altimétrica pode ser observada no Quadro 3.

QUADRO 3. Classificação da vulnerabilidade referente a amplitude altimétrica

Amplitude altimétrica (m)	Média (SIVARS)	Propensão ao risco (SIVARS)
<20	1,0	Estável
20-29,5	1,1	
29,5-39	1,2	
39-48,5	1,3	
48,5-58	1,4	Moderadamente estável
58-67,5	1,5	
67,5-77	1,6	
77-84,5	1,7	
84,5-94	1,8	Medianamente estável/instável
94-103,5	1,9	
103,5-113	2,0	
113-122,5	2,1	
122,5-132	2,2	
132-141,5	2,3	Moderadamente instável
141,5-151	2,4	
151-160,5	2,5	
160,5-170	2,6	
170-179,5	2,7	Instável
179,5-189	2,8	
189-200	2,9	
>200	3,0	

Fonte: adaptado de Crepani et al., (2001).

b) Declividade

A declividade está relacionada ao grau de inclinação do relevo em relação ao horizonte, e guarda relação direta com a velocidade de transformação da energia potencial em energia cinética e, portanto, com a velocidade das massas de água em movimento responsáveis pelo “*runoff*”.

QUADRO 4. Classificação da vulnerabilidade referente a declividade

Declividade (%)	Classe morfométrica	Média (SIVARS)	Propensão ao risco (SIVARS)
<2	Muito Baixa	1,0	Estável
2-6	Baixa	1,5	Moderadamente estável
6-20	Média	2,0	Medianamente estável/instável
20-50	Alta	2,5	Moderadamente instável
>50	Muito Alta	3,0	Instável

Fonte: adaptado de Crepani et al., (2001).

c) Amplitude Altimétrica

A amplitude altimétrica é uma variável calculada como sendo o inverso da densidade de drenagem, que foi determinada inicialmente na etapa da caracterização fisiográfica da microrregião da Serra do Teixeira.

QUADRO 5. Classificação da vulnerabilidade referente à amplitude do interflúvio

Amplitude do interflúvio (m)	Média (SIVARS)	Propensão ao risco (SIVARS)
<5000	1,0	Estável
4750-5000	1,1	
4500-4750	1,2	
4250-4500	1,3	
4000-4250	1,4	Moderadamente estável
3750-4000	1,5	
3500-3750	1,6	
3250-3500	1,7	
3000-3250	1,8	Medianamente estável/instável
2750-3000	1,9	
2500-2750	2,0	

2250-2500	2,1	Moderadamente instável
2000-2250	2,2	
1750-2000	2,3	
1500-1750	2,4	
1250-1500	2,5	
1000-1250	2,6	
750-1000	2,7	Instável
500-750	2,8	
250-500	2,9	
>250	3,0	

Fonte: adaptado de Crepani et al., (2001).

4.5 Pedologia

A maior ou menor suscetibilidade de um solo sofrer processos erosivos da morfogênese depende de diversos fatores e os mais importantes são: estrutura do solo, tipo e quantidade das argilas, permeabilidade e profundidade do solo e a presença de camadas impermeáveis. Segundo Guerra (1996) inclinação, comprimento, orientação das encostas e posição topográfica são características do relevo que influenciam diretamente no processo de formação do solo. Na metodologia proposta a principal característica considerada para estabelecer as 21 classes de vulnerabilidade do tema solos é o grau de desenvolvimento ou maturidade do solo. A partir de dados bibliográficos obtidos junto ao geoportal do IBGE (<https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#mapa208027>) as informações relativas a pedologia foram levantadas em escala de 1:250.000, e associados à interpretação da imagem, atribuídos valores de vulnerabilidade ao solo (CREPANI et al., 2001). O peso de cada variável podem ser observados no Quadro 6:

QUADRO 6. Classificação da vulnerabilidade referente a pedologia

Classe de solo	Média (SIVARS)	Propensão ao risco (SIVARS)
Latossolos	1,0	Estável
Argissolos	2,0	Medianamente Estável/Instável
Luvissolos		
Chernossolos		

Planossolos		
Espodossolos		
Cambissolos	2,5	Moderadamente instável
Neossolos	3,0	Instável
Vertissolos		
Organossolos		
Gleissolos		
Plintossolos		
Afloramento rochoso		

Fonte: adaptado de Crepani et al., (2001).

4.6 Precipitação Pluviométrica

As principais características físicas da chuva envolvidas nos processos erosivos são: a quantidade ou pluviosidade total, a intensidade ou intensidade pluviométrica e a distribuição sazonal. Dentre as três características é especialmente importante se conhecer a intensidade pluviométrica porque representa uma relação entre as outras duas (quanto chove / quando chove), resultado que determina, em última análise, a quantidade de energia potencial disponível para transformar-se em energia cinética.

Diversos autores destacam a grande variabilidade espacial e temporal das chuvas na região definida como semiárida, com precipitações irregulares e concentradas em poucos dias e meses (ASSIS *et al.*, 2015; FERREIRA *et al.*, 2017). Considerando as características de região semiárida da microrregião da Serra do Teixeira, optou-se por trabalhar com o quantitativo pluviométrico referente ao período chuvoso que corresponde aos meses de janeiro, fevereiro, março, abril e maio, obtidos junto ao Geoportal da Agência Executiva de Águas da Paraíba (AESA). Esses dados foram trabalhados no *microsoft Excel*, onde se calculou a média mensal a partir dos dados diários registrados que posteriormente foram exportados para ambiente SIG onde por meio da interpolação das informações especializou-se os dados referentes a série histórica de 24 anos (1994-2018) possibilitando realizar uma análise da tenência pluviométrica na microrregião de estudo.

Foram plotadas informações quanto a localização dos postos pluviométricos de cada município que compõe a microrregião da Serra do Teixeira (<http://geoserver.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportal/shapes.html>) e ao índice pluviométrico mensal do período chuvoso (<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa->

website/meteorologia-chuvas/). Quanto maiores os quantitativos pluviométricos ao longo do período chuvoso maior será a erodibilidade da chuva possibilitando a criação de uma escala de erosividade da chuva (Quadro 7) que represente a influência do clima nos processos morfodinâmicos do meio, sobretudo no arraste de material particulado bem como encostas, rochas e outros componentes que tendem a gerar eventos desastrosos capazes de influenciar a dinâmica local e as populações inseridas no meio.

QUADRO 7. Classificação da vulnerabilidade referente a intensidade pluviométrica

Quantitativo pluviométrico – período chuvoso (mm/mês)	Média (SIVARS)	Propensão ao risco (SIVARS)
<50	1,0	Estável
50-75	1,1	
75-100	1,2	
100-125	1,3	
125-150	1,4	Moderadamente estável
150-175	1,5	
175-200	1,6	
200-225	1,7	
225-250	1,8	Medianamente estável/instável
250-275	1,9	
275-300	2,0	
300-325	2,1	
325-350	2,2	
350-375	2,3	Moderadamente instável
375-400	2,4	
400-425	2,5	
425-450	2,6	
450-475		
475-500	2,8	Instável
500-525	2,9	
>525	3,0	

Fonte: adaptado de Crepani et al., (2001).

4.7 Uso e Ocupação do Solo

Os valores de risco atribuídos ao uso do solo estão diretamente relacionados à densidade de cobertura vegetal da área analisada segundo a metodologia de Crepani et al., (2001). Existe uma constatação comum entre os mais diversos autores de que, a vegetação é um fator de proteção da unidade territorial contra processos erosivos.

A densidade de cobertura vegetal da unidade de paisagem natural (cobertura do terreno) é um fator de proteção da unidade contra os processos morfogenéticos que se traduzem na forma de erosão, por isso para as altas densidades de cobertura os valores atribuídos na escala de vulnerabilidade se aproximam da estabilidade (1,0), para as densidades intermediárias atribuem-se valores intermediários (ao redor de 2,0), e para baixas densidades de cobertura vegetal valores próximos da vulnerabilidade (3,0) (CREPANI et al., 2001). Para este trabalho, além da classe vegetal considerou-se as demais ocorrências presentes no meio e que influenciam a dinâmica da paisagem, ou seja as formas de uso e ocupação do solo.

A classificação supervisionada da área de estudo para obtenção dos resultados referentes a este atributo, foi feita a partir de imagens multiespectrais dos satélites Landsat 5 e 8 e Sentinel 2 disponíveis gratuitamente na base de dados da USGS (United States Geological Survey – Serviço Geológico Americano) com o auxílio do plugin *Dzetsaka Classification Tool*, que envolveu as seguintes etapas: área de treinamento, extração de assinaturas, pré-classificação supervisionada e classificação final. A análise do atributo de uso e ocupação do solo considerou o comportamento de 5 classes presentes no meio: água, vegetação, solo exposto, agricultura e área construída fatores considerados determinantes para a ocorrência de processos erosivos, por fim, a escala de risco considerou todos os fatores do meio, conforme o Quadro 8.

QUADRO 8. Classificação da vulnerabilidade para o uso e ocupação do solo

Uso e ocupação do solo	Média (SIVARS)	Propensão ao risco (SIVARS)
Vegetação	1,0	Estável
Água	0	
Mata ciliar	1,0	
Agricultura	3,0	Instável
Urbanização	3,0	
Solo exposto	3,0	

Fonte: adaptado de Cavalcanti (2014).

4.8 Densidade demográfica

O indicador densidade demográfica não é um atributo descrito no material metodológico utilizado, deste modo, desenvolveu-se para este trabalho através da espacialização em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas), dados referentes a ocupação humana ao longo da área de estudo segundo o que consta no último censo demográfico do IBGE, onde analisou-se a relação entre número de habitantes por área em hectares, o que permitiu a construção de uma escala baseada na distribuição da densidade demográfica a partir dos setores censitários.

O indicador densidade demográfica é um importante fator na análise da vulnerabilidade ambiental de uma região, uma vez que possibilita a orientação de ações de planejamento e gestão territorial de modo a evitar e/ou mitigar impactos que ofereçam riscos as populações inseridas no contexto estudado. O Quadro 9 demonstra a escala de vulnerabilidade ambiental deste indicador.

QUADRO 9. Classificação da vulnerabilidade referente a densidade demográfica

Densidade demográfica (hab/ha)	Média (SIVARS)	Propensão ao risco (SIVARS)
0 – 20	1,0	Estável
20 – 40	1,5	Moderadamente estável
40 – 60	2,0	Medianamente estável/instável
60 – 80	2,5	Moderadamente instável
80 - <100	3,0	Instável

Fonte: autoria própria, 2020.

De acordo com a Equação 2, os valores resultantes para cada categoria de vulnerabilidade devem seguir a determinação da escala do Quadro 10, onde os valores entre 1,0 e 1,7 correspondem às áreas consideradas estáveis, os valores entre 1,8 e 2,6 correspondem à média estabilidade e os valores próximos a 3,0 representam as áreas instáveis, com alto índice de vulnerabilidade ambiental.

QUADRO 10. Escala da propensão ao risco à vulnerabilidade ambiental

ESCALA DO RISCO A VULNERABILIDADE AMBIENTAL					
Valor do índice	0,00-1,3	1,4-1,7	1,8-2,2	2,3-2,6	2,7-3,0
Critério de Vulnerabilidade	Estável	Moderadamente Estável	Medianamente Estável/Instável	Moderadamente e Instável	Instável

Colocação Atribuída					
------------------------	--	--	--	--	--

Fonte: adaptado de Coelho (2011) e Crepani et al., (2001)

4.9 Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT)

A metodologia para a obtenção de dados através de VANT envolveu três etapas: Inicialmente analisou-se as áreas mais vulneráveis da região de estudo e delimitou-se alvos para serem usados como ponto de apoio/controlado. Na segunda etapa realizou-se a execução dos voos utilizando um equipamento modelo *MAVIC 2 PRO* (Figura 3) com sensor 1”CMOS, 907g, tempo máximo de voo de 31 min (a 25 km/h constantes) e 20 milhões de pixels efetivos (DJI, 2020). Barros, Reis e Santos (2019) destacam a partir da revisão dos métodos ordinais de diferentes equipamentos que o *MAVIC 2 PRO* apresenta os melhores resultados para realizar levantamentos da chamada Agricultura 4.0, que envolve questões financeiras e de precisão espacial.

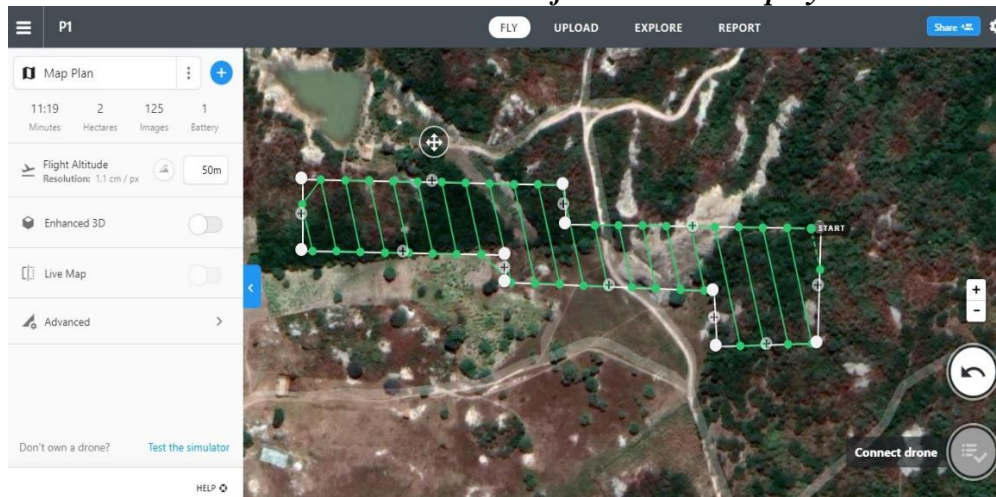
FIGURA 3. MAVIC 2 PRO



Fonte: Autoria própria, 2020.

O embasamento para planejamento de voo por meio de VANT foi feito através de imagens de satélite e camadas vetoriais obtidos na primeira fase desta pesquisa associados ao *software* gratuito *DroneDeploy* que permite a automação do voo por meio de tomada de decisão previa em relação a rota e outros parâmetros do meio (obstáculos, rios, áreas florestadas, áreas urbanas e outros). O *DroneDeploy* fornece entre outras funções, a opção de visualizar antes da decolagem parâmetros como: tempo e altura do voo, quantidade de fotos para a composição do ortomosaico, e a área de cobertura do voo em hectares (FIGURA 4).

FIGURA 4. Plano de voo no *software DroneDeploy*



Fonte: Autoria própria, 2020.

Na última parte, o tratamento dos dados coletados em campo realizou-se por meio do *software Agisoft Student Version* que tem por finalidade processar e pós processar imagens capturadas usando câmera digital não métrica de vários ângulos, produzindo resultados com alta qualidade espectral (LI et al., 2016). O Photoscan é da empresa Agisoft e possui diversas funcionalidades: fototriangulação aérea e terrestre com exportação dos dados para outros softwares fotogramétricos, geração de nuvens de pontos e modelos poligonais triangulares 3D, MDT e MDS, ortofoto verdadeira, além do processamento de imagens multiespectrais (PHOTOSCAN, 2014).

As etapas de classificação dos elementos do ortomosaico, construção do Modelo Digital de Elevação (MDE) e Modelo Digital de Superfície (MDS) realizou-se em ambiente GIS (Qgis 2.18) dada a necessidade de integração de outras fontes de dados obtidas na primeira parte desta pesquisa.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Vulnerabilidade ambiental por intermédio do SIVARS

Os indicadores de vulnerabilidade ligados às características dos solos devem refletir as influências antrópicas considerando os meios físico, biótico e econômico. Os territórios considerados vulneráveis apresentam aspectos comuns entre si, à vulnerabilidade estrutural, ou seja, os “territórios vulneráveis” correspondem a concentrações geográficas, de dimensão variável, de situações com acentuada vulnerabilidade natural.

5.2 Geologia

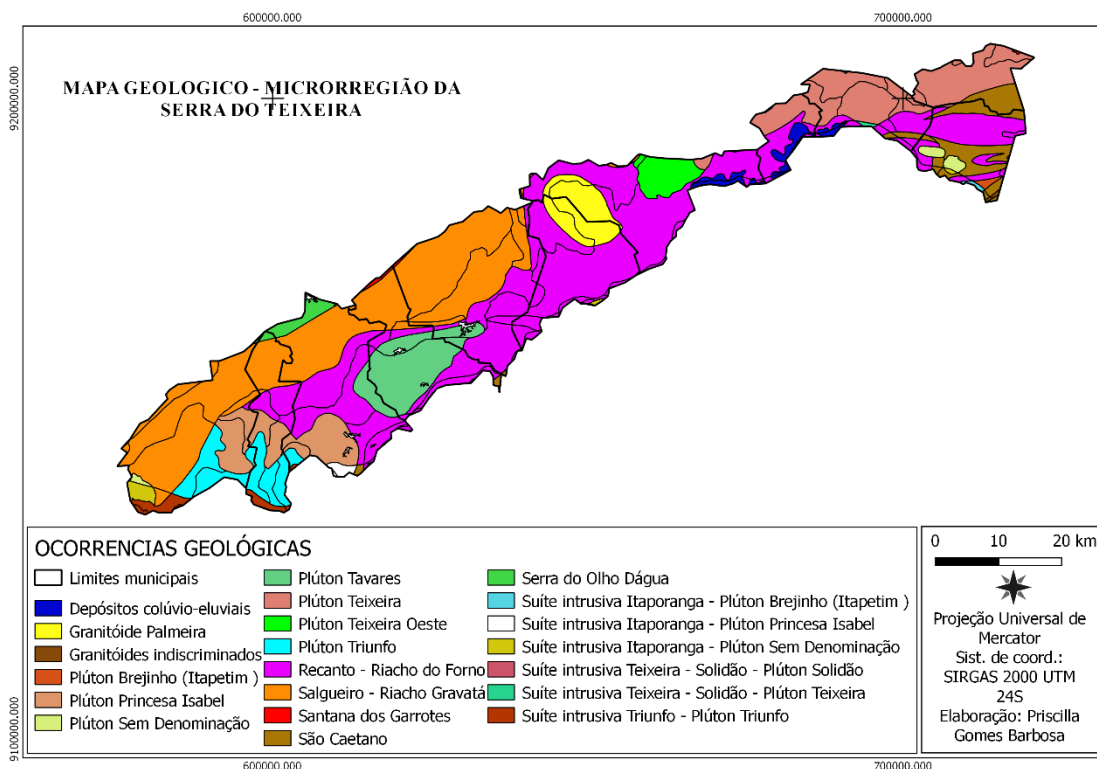
O indicador referente às ocorrências geológicas da microrregião da Serra do Teixeira relaciona à vulnerabilidade a presença de aspectos ligados ao fator desnudação das rochas, mais especificamente ao intemperismo e a processos erosivos considerando fatores naturais e/ou antrópicos que atuam sobre o meio e que exercem a capacidade de agente modificador da paisagem.

De acordo com o que descreve Crepani et al., (2001) a taxa de intemperismo das rochas dependem de inúmeros fatores, que vão além de sua composição química e estrutura, no entanto, para a determinação da vulnerabilidade para o tema geologia, considerou-se apenas um fator: características/composição química dos minerais, uma vez que a desnudação é o elemento chave nesta determinação segundo a metodologia adotada. Os processos naturais e/ou antrópicos envolvem mudanças locais que tendenciam uma transformação mais ampla, mudando o comportamento dos elementos da paisagem sobre tudo agentes biológicos.

A Figura 5 mostra a espacialização das ocorrências geológicas da área de estudo, através de trechos com diferentes cores, o que possibilita a uniformização de informações permitindo uma análise visual e posterior chave de interpretação das características geológicas de forma holística. Os resultados obtidos permitem o auxílio no monitoramento, preservação e mitigação de impactos que envolvam as unidades geológicas recorrentes. A geologia é um dos parâmetros mais utilizados em estudos de vulnerabilidade ambiental, se enquadrando como um dos fatores fundamentais na manutenção da harmonia e da dinâmica socioambiental de locais que sofrem influência

significativa de atividades antrópicas, que contribuem para o desgaste e exposição ao risco das populações inseridas nesses territórios.

FIGURA 5. Mapa da composição geológica



Fonte: Autoria própria, 2020.

Na Tabela 1 visualiza-se todas as ocorrências geológicas especializadas na Figura 5, e a vulnerabilidade ambiental de cada classe, bem como a porcentagem em termos de abrangência territorial.

TABELA 1- Vulnerabilidade ambiental para o tema geologia

Classes	Vulnerabilidade	Porcentagem (%)
Depósitos Eco Fluviais	3,0	1,94%
Granitóide Palmeira	1,9	5,48%
Granitóide Indiscriminados	1,7	0,078%
Pluton Brejinho (Itapetim)	1,5	0,33%
Pluton Princesa Isabel	1,5	8,02%
Pluton Sem Denominação	1,5	0,90%
Pluton Tavares	1,5	2,43%
Pluton Teixeira	1,1	14,85%
Pluton Teixeira Oeste	1,7	3,02%
Pluton Triunfo	1,0	5,91%
Recanto Riacho do Forno	1,3	30,30%
Salgueiro Riacho Gravatá	1,3	16,39%
Santana dos Garrotes	1,0	0,27%
São Caetano	1,3	6,01%
Serra do Olho D'água	1,3	1,39%

Suíte Intrusiva Itaporanga	1,1	1,30%
Suíte Intrusiva Teixeira	1,9	0,10%
Suíte Intrusiva Triunfo	1,0	1,37%

Fonte: Autoria própria, 2020.

A maior ocorrência geológica observada na área de estudo é a Recanto Riacho do Forno, ocupando uma área de 30,30%, cuja formação segundo destaca Santos (1995) é resultado da fusão parcial de protólito sedimentar ou vulcano-sedimentar durante a orogênese Cariris Velhos. O litotipo dessa classe na microrregião da serra do Teixeira varia petrograficamente de migmatito, metagranito, metamonzogranito, metassienito e metassienogranito, o que atribui um grau de vulnerabilidade ambiental segundo as considerações metodológicas feitas de 1,3, considerada estável, ou seja, pouco suscetível a eventos intempericos e erosivos.

Em menor ocorrência destacam-se as unidades geológicas: Depósitos Eco Fluviais, Granitóide Palmeira, Granitóide Indiscriminados, Pluton Brejinho (Itapetim), Pluton Princesa Isabel, Pluton Sem Denominação, Pluton Tavares, Pluton Teixeira, Pluton Teixeira Oeste, Pluton Triunfo, Salgueiro Riacho Gravatá, Santana dos Garrotes, São Caetano, Serra do Olho D'água, Suíte Intrusiva Itaporanga, Suíte Intrusiva Teixeira e Suíte Intrusiva Triunfo. De modo geral, a espacialização geológica da microrregião da Serra do Teixeira contribui para o conhecimento holístico dessas informações, bem como para uma atualização do cenário geológico local.

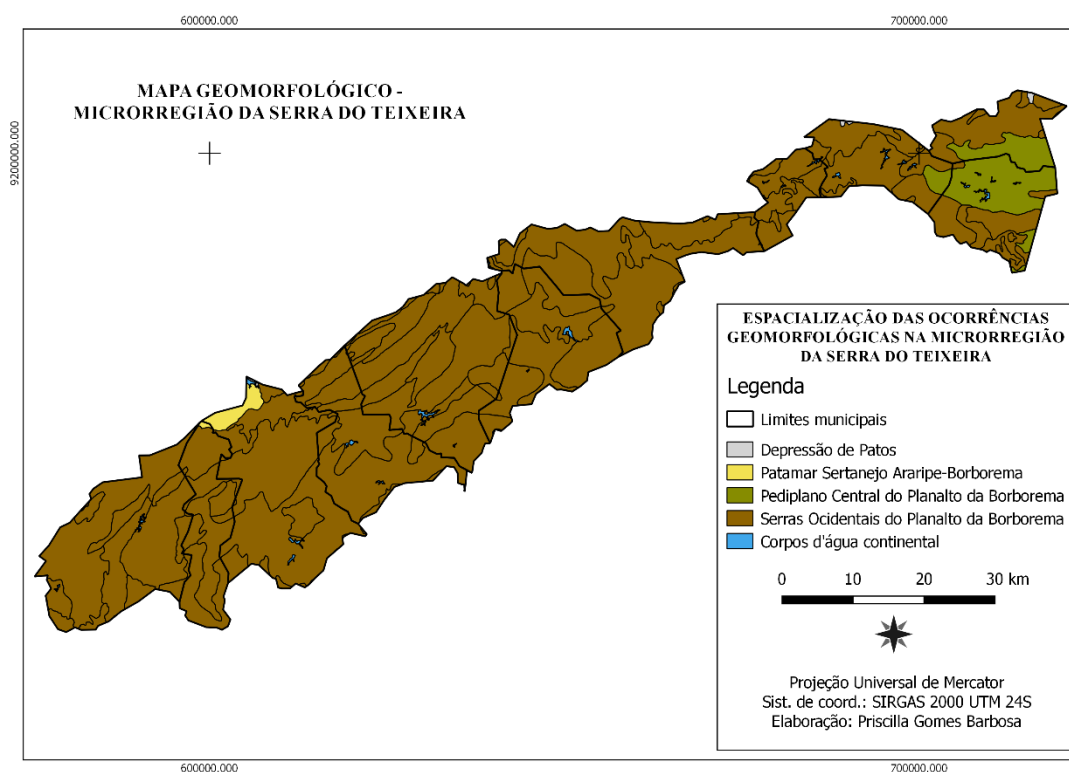
5.3 Geomorfologia

A partir da espacialização das informações que representam as unidades geomorfológicas, prosseguiu-se para a análise detalhada do terreno e seus aspectos topográficos como sugere a metodologia adotada.

A distribuição das ocorrências geomorfológicas (Figura 6) evidencia a predominância das Serras Ocidentais do Planalto da Borborema, que entre outros aspectos se caracteriza por apresentar um conjunto de terras altas, com limites marcados por uma série de desnivelamentos topográficos, geralmente com amplitude da ordem de 100m, sem apresentar solução de continuidade litológica em relação ao relevo rebaixado adjacente Correa et al., (2010). Essa definição se baseia em métodos morfoestruturais, ou seja, gerados a partir da análise dos dados referentes às atividades tectônicas e climáticas.

Segundo Demek *et al.*, (2007), o mapeamento dos elementos geomorfológicos de determinada região possui uma importância teórica forte, visto a necessidade de se conhecer as formações territoriais e consequentemente direcionar as formas de exploração socioeconômicas em cada localidade, além de possibilitar a compreensão da relação interativa entre a litosfera (parte da crosta terrestre que habitamos) e o relevo que envolve o conjunto de elevações da superfície.

FIGURA 6. Mapa da composição geomorfológica



Fonte: Autoria própria, 2020.

A Tabela 2 apresenta a distribuição territorial em porcentagem de cada uma das classes apresentadas na espacialização do indicador geomorfologia.

TABELA 2- Vulnerabilidade ambiental para o tema geomorfologia

Classes	Área (hectare)	Porcentagem (%)
Depressão de Patos	246,45	0,5%
Patamar Sertanejo Araripe- Borborema	2.027	2%
Pediplano Central do Planalto da Borborema	1.533	1,5%
Serras Ocidentais do Planalto da Borborema	133.904,37	95,88%

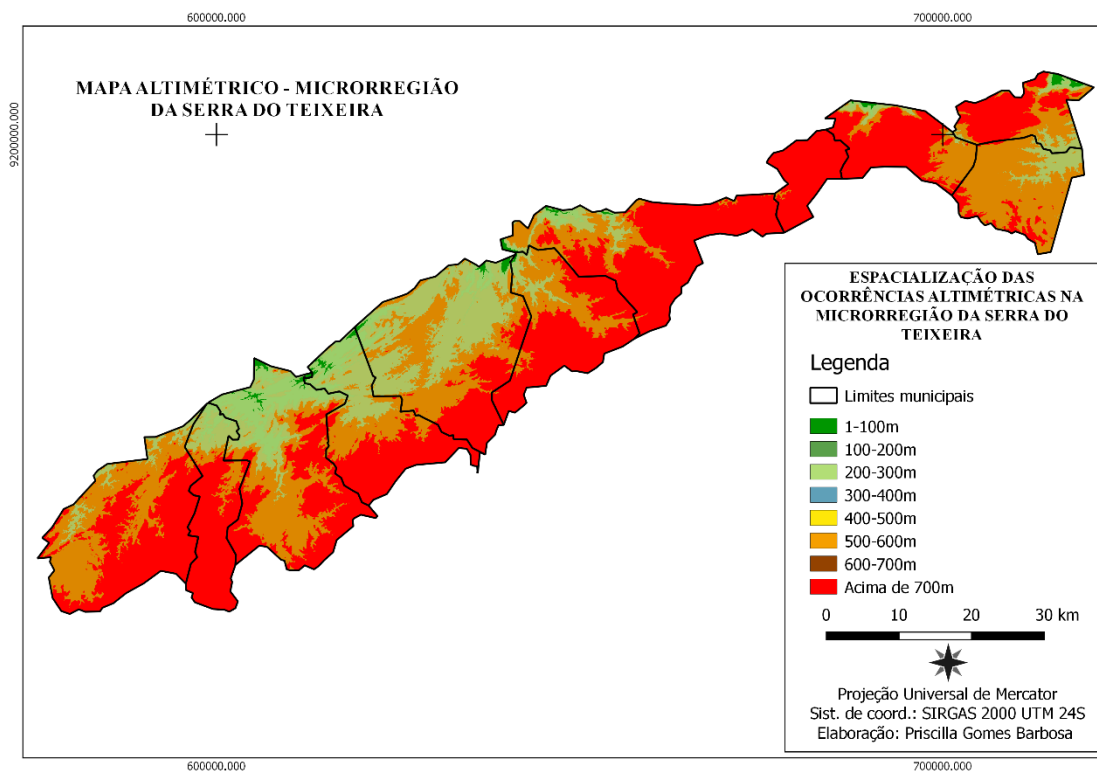
Fonte: Autoria própria, 2020.

O planalto da Borborema que ocupa grande parte da região de estudo, está compreendido em segmentos dos dobramentos das rochas pré-cambrianas soergidas em

forma de abóbodas (ROSS, 2003). A depressão sertaneja contorna o Planalto da Borborema nas suas partes mais baixa, formando vales. Storani e Perez Filho (2015) descrevem que, o arranjo estrutural do planalto e o acamamento sub-horizontal da depressão favoreceram a formação de patamares ou superfícies aplanadas levemente inclinadas ou horizontalizadas e um modelado de tipos amplos e planos ou suavemente convexizados.

Em um segundo momento deu-se destaque ao objeto principal do indicador geomorfologia, o grau de dissecação do relevo orientada pela distância dos interflúvios e o aprofundamento da drenagem (Crepani et al., 2001), se estabeleceu o grau de vulnerabilidade da paisagem, fazendo relação entre aos processos erosivo atuantes com base nas formas do relevo. O produto final foi gerado considerando que, relevos planos e suavemente ondulados recebem valores de vulnerabilidade que variam de 1 a 1.6, os medianamente dissecados são identificados por valores que variam de 1.7 a 2.3, e para os fortemente dissecados os valores variam de 2.4 a 3. Utilizou-se para isso MDE modelados e a partir do uso de ferramentas de modelagem topográfica em ambiente SIG, obtendo-se o resultado final.

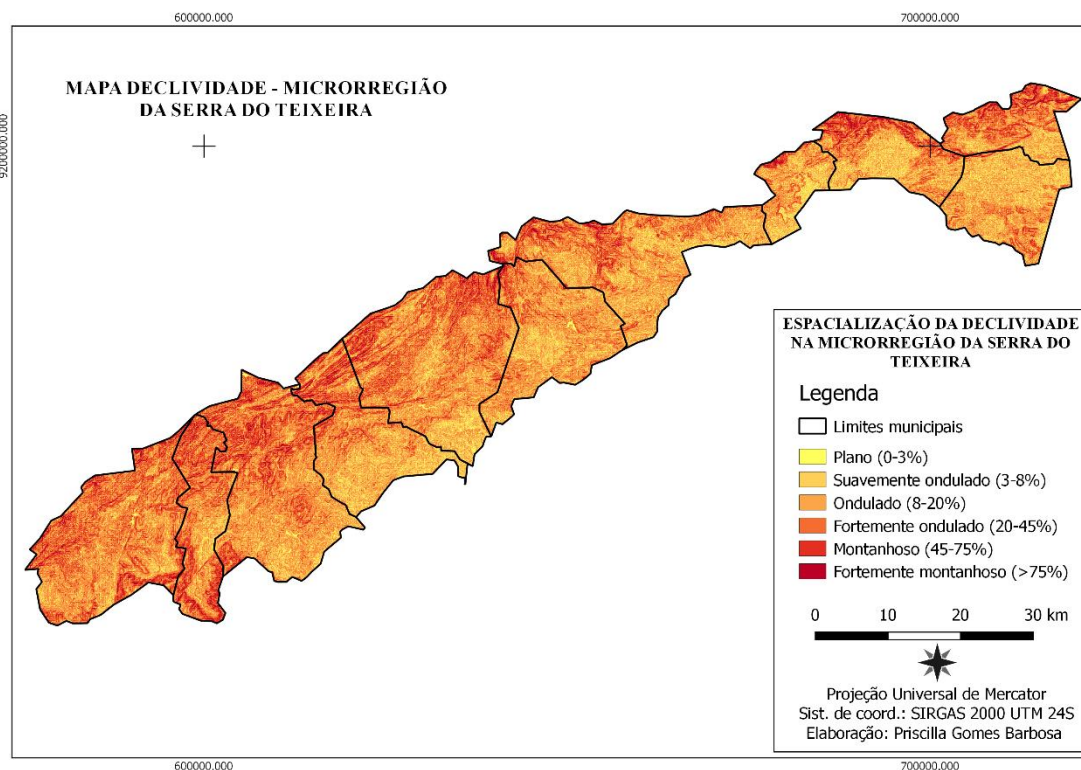
A Figura 7 é resultado da espacialização do atributo altimetria, isto é, a variação entre a altitude máxima e mínima na microrregião da Serra do Teixeira, obtidas a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) da área de estudo, onde, encontrou-se o a cota mínima de 400m e a máxima <700m de acordo com a descrição algorítmica de análise do terreno realizada em ambiente SIG. Nesse sentido, o grau de risco para o tema altimetria foi 3,0, ou seja, indica um ambiente instável.

FIGURA 7. Espacialização do atributo altimetria

Fonte: Autoria própria, 2020.

A altimetria está ligada a variação da altitude territorial e abrange um dos aspectos geomorfológicos necessários para a elaboração do mapeamento de risco a propensão perda de solo. Crepani et al., (2001) diz que, quanto maior a amplitude altimétrica maior será a energia potencial, uma vez que, essa característica facilita o aumento da energia cinética ao longo do terreno por parte das águas precipitadas em direção as partes mais baixas, resultando, em uma maior capacidade erosiva ou de morfogênese.

Para o tema declividade (Figura 8) a espacialização das informações feita pelo SIG permitiu visualizar a distribuição das inclinações na área de estudo. Segundo Crepani et al., (2001) quanto maior a declividade mais rapidamente a energia potencial das águas pluviais transforma-se em energia cinética e maior é, também, a velocidade das massas de água e sua capacidade de transporte, responsáveis pelos processos erosivos.

FIGURA 8. Espacialização do atributo Declividade

Fonte: Autoria própria, 2020.

A variação da declividade em porcentagem para a microrregião da serra do Teixeira variou de 3,5 a 50% (Tabela 3) indicando um ambiente propenso à instabilidade. A inclinação de um terreno representa sua fragilidade estrutural diante de fatores que podem influenciar a dinâmica local, como por exemplo: chuva, vento, atividade antrópicas e outras formas de uso e ocupação que facilitam processos erosivos que podem evoluir para eventos maiores e de difícil solução.

TABELA 3- Vulnerabilidade ambiental para o tema declividade

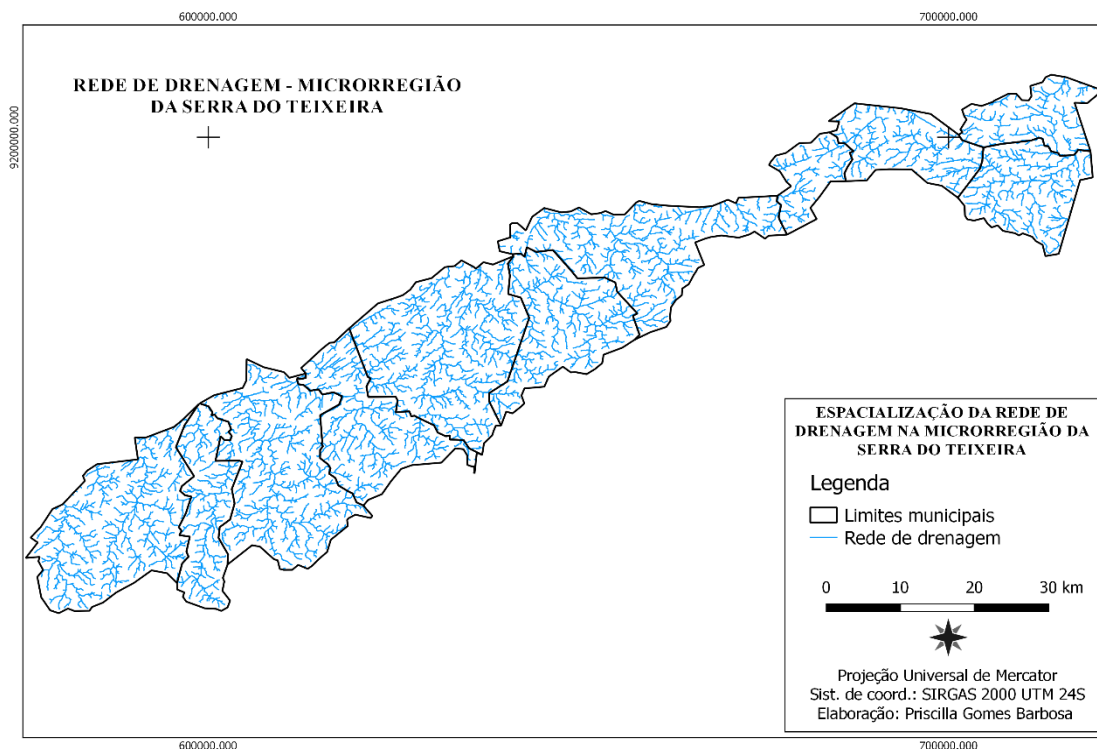
Declividade (%)	Grau de risco a perda de solo
3,5 – 5,8	1,10
5,8 – 8,2	1,20
8,2 – 10,3	1,30
12,9 – 15,1	1,50
15,1 – 17,4	1,60
17,4 – 19,8	1,70
19,8 – 22,2	1,80
22,2 – 24,5	1,90
24,5 – 27,2	2,00
27,2 – 29,6	2,10
29,6 – 32,1	2,20
34,6 – 37,2	2,40
37,2 – 39,8	2,50
39,8 – 42,4	2,60
42,4 – 45,3	2,70
45,3 – 48,1	2,80

48,1 – 50	2,90
>50	3,0

Fonte: Adaptado de Crepani., (2001).

A dissecação do relevo pela drenagem (Figura 9) está ligada a porosidade e a permeabilidade do solo e da rocha, fator que influencia na infiltração das águas das chuvas resultando na quantidade de água superficial a ser drenada em direção as partes mais baixas do terreno.

FIGURA 9. Espacialização do atributo Dissecação do relevo



Fonte: Autoria própria, 2020.

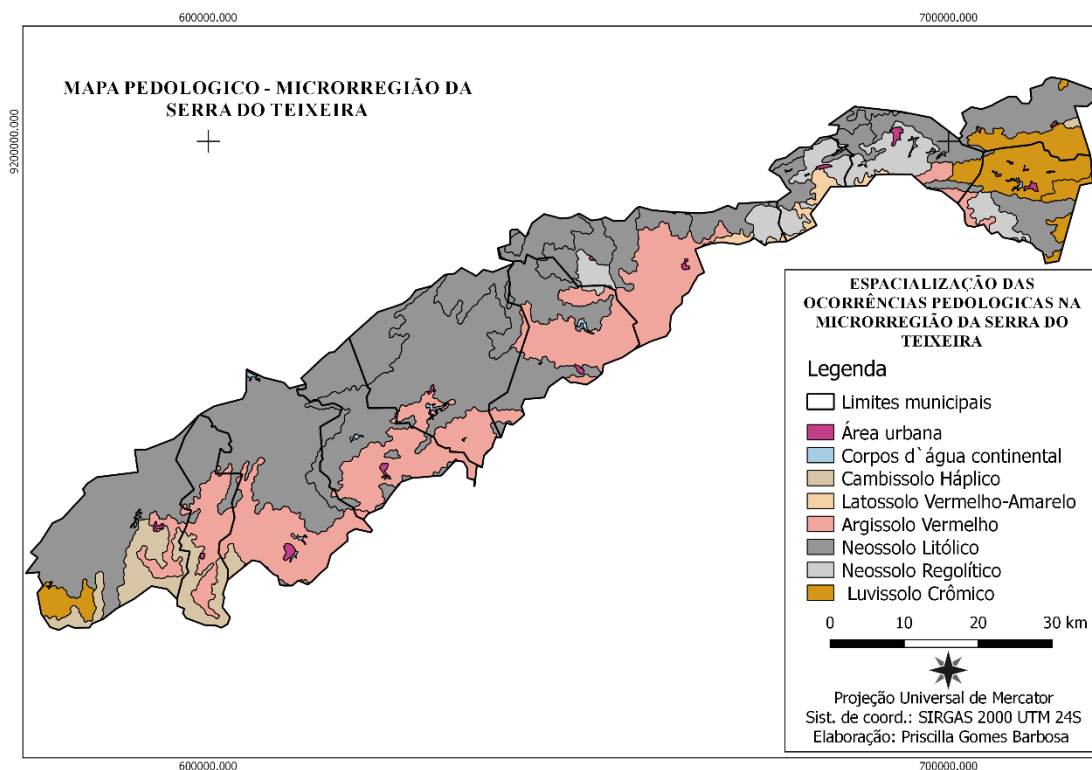
A quantidade de canais de drenagem influencia da quantidade de água em superfície que induz a uma maior disponibilidade de energia potencial para escoamento superficial (*runoff*) e, portanto, uma maior capacidade erosiva ou de promover a morfogênese. Na microrregião da serra do Teixeira foram identificados 4.099 canais de drenagem com amplitude interfluvial variando de 0,12 a 26,45, indicando, portanto, um ambiente instável.

5.4 Pedologia

O conhecimento da espacialização pedológica (Figura 10) em uma região auxilia no uso sustentável desse recurso, além de permitir saber suas características de modo a

avaliar sua vulnerabilidade frente às ações antrópicas na área de estudo. Para a pedologia, o estudo das condições do solo deve ser feita desde as camadas mais superficiais até as mais profundas, e considera o solo como sendo um corpo natural e tridimensional o qual se deve conhecer sua origem, composição, distribuição na paisagem e que fatores ambientais influenciam sua formação.

FIGURA 10. Mapa da composição pedológica



Fonte: Autoria própria, 2020.

As partículas que compõe o solo se estruturam a partir de uma série de fatores fisiográficos locais, e a sua estabilidade ou instabilidade está diretamente ligada à situação geomorfológica do ambiente. Na Tabela 4 é possível verificar as porcentagens referentes às classes de solo na microrregião da Serra do Teixeira, bem como seu respectivo grau de vulnerabilidade.

TABELA 4- Vulnerabilidade ambiental para o tema pedologia

Classes	Vulnerabilidade	Porcentagem (%)
Cambissolo Háplico	2,5	5,3%
Latossolo Vermelho-Amarelo	1,0	5,2%
Argissolo Vermelho	2,0	16,1%
Neossolo Litólico	3,0	53,4%
Neossolo Regolítico	3,0	9,6%
Luvissole Crômico	2,0	10,2%

Fonte: Autoria própria, 2020.

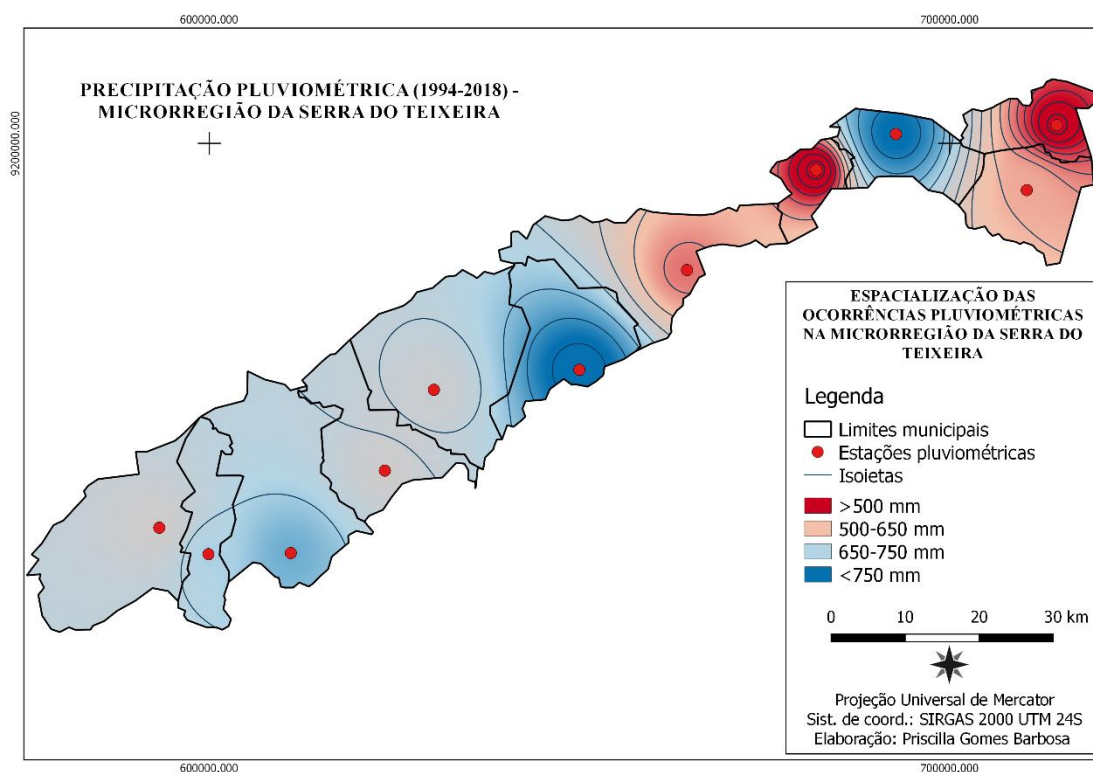
O Neossolo Litólico aparece em maior porcentagem na área de estudo 53,4%, compreendem solos rasos, onde geralmente a soma dos horizontes sobre a rocha não ultrapassa 50 cm, estando associados normalmente a relevos mais declivosos. As limitações ao uso estão relacionadas a pouca profundidade, presença da rocha e aos declives acentuados associados às áreas de ocorrência destes solos. Estes fatores limitam o crescimento radicular, o uso de máquinas e elevam o risco de erosão (EMBRAPA, 2019).

Identificou-se ainda em menor porcentagem: Cambissolo Háptico, Latossolo Vermelho-Amarelo, Argissolo Vermelho segunda maior porcentagem encontrada e que, segundo a Embrapa (2019) ocorre em maior proporção nos ambientes relacionados às rochas cristalinas das superfícies que antecedem o Planalto da Borborema, em áreas com clima menos úmido e com variação significativa de relevo, Neossolo Reolítico e Luvissole Crômico.

5.5 Precipitação Pluviométrica

A observação do histórico de precipitação na microrregião da Serra do Teixeira (Figura 11), fundamenta-se na relação da influência dos fenômenos climáticos na elaboração da paisagem, e sua consequente ação sobre a superfície e seus atributos geoespaciais. Para isto o grau de vulnerabilidade considera entre outros fatores, a capacidade da energia potencial transformar-se em energia cinética, responsável pela erosividade da chuva, sendo assim, quanto maior a intensidade pluviométrica em um dado período maior será a erodibilidade (CREPANI, et al., 2001).

Os dados de precipitação foram integrados a partir informações georreferenciadas dos postos pluviométricos, e do levantamento dos dados de precipitação disponíveis no geoportal da AESA, considerando o período chuvoso da região que se estende entre os meses de janeiro e maio, posteriormente agregou-se todas essas informações no SIG.

FIGURA 11. Mapa da composição pluviométrica (1994-2018)

Fonte: Autoria própria, 2020.

Para a área de estudo em questão, a pluviosidade média anual do período chuvoso variou entre 492mm e 795 mm (Tabela 5) em uma série histórica de 24 anos (1994-2018) de acordo com os resultados encontrados nos postos pluviométricos presentes na microrregião (Água Branca, Cacimbas, Desterro, Imaculada, Juru, Manaíra, Maturéia, Princesa Isabel, São José de Princesa, Tavares e Teixeira). A classificação de Köppen-Geiger, destaca o clima da região como sendo do tipo BSh, semiárido, quente, seco e com longos períodos de estiagem, além de chuvas irregulares em quatro ou cinco meses do ano.

TABELA 5- Vulnerabilidade ambiental para o tema precipitação

Quantitativo pluviométrico – Período chuvoso (mm/mês)	Grau de risco à perda de solo
<50	1,0
50-75	1,1

Fonte: Adaptado de Crepani., (2001).

Ou seja, de acordo com a metodologia adotada o grau de vulnerabilidade da microrregião da Serra do Teixeira variou de 1,0 a 1,1, isto é, considerando o quantitativo pluviométrico mensal do período chuvoso da região nos últimos 24 anos, a média de precipitação se encontra estável para a propensão ao risco à perda de solo.

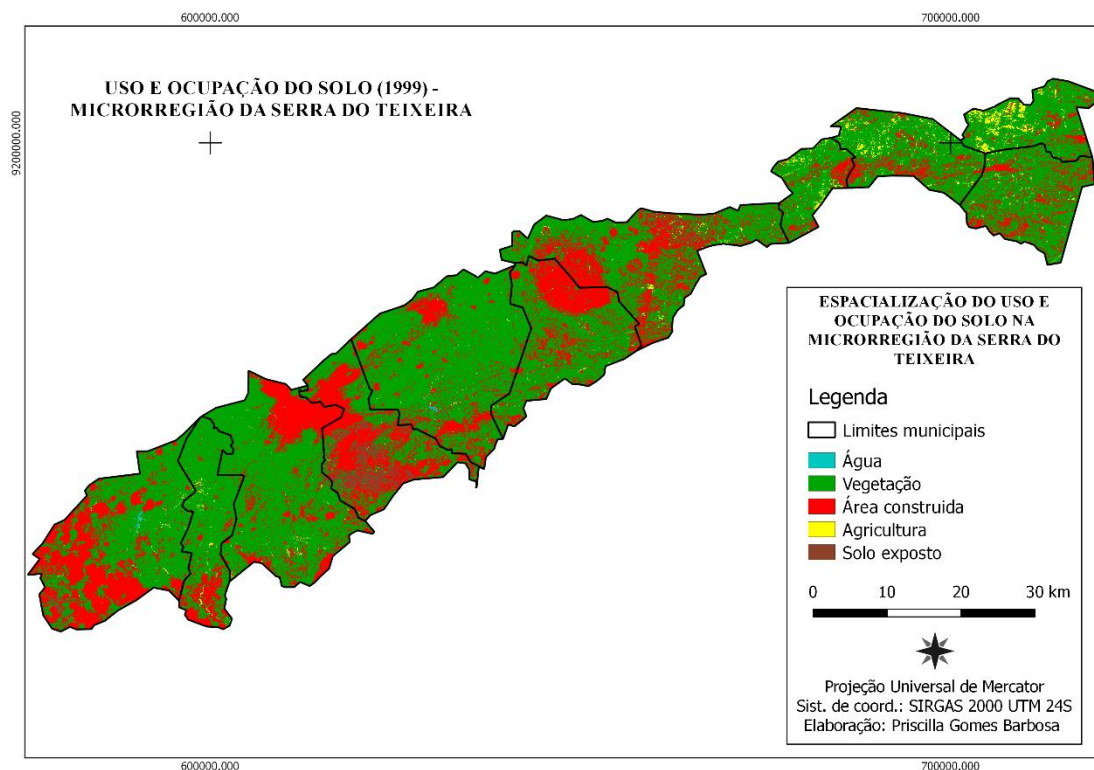
5.6 Uso e Ocupação do Solo

O atributo de uso e ocupação do solo fundamenta-se na distribuição da densidade de cobertura vegetal ao longo do território, baseia-se na interpretação das imagens de satélite e engloba uma série de classes de vulnerabilidade que deve ser utilizada de acordo com as características da área de estudo. Considera-se a densidade vegetal como sendo um fator de proteção da unidade contra os processos morfogenéticos que se traduzem na forma de erosão, ou seja, a cobertura vegetal é uma das responsáveis por preservar a estabilidade da paisagem visto que atua como fator de proteção para o solo dificultando a atuação de fatores externos que podem facilitar processos erosivos e morfodinâmicos.

A análise do uso e ocupação do solo foi realizada através de interpretação visual a partir do produto gerado via SIG. Neste procedimento se utiliza elementos básicos de interpretação, como: cor, textura, forma, tonalidade, tamanho, sombra, padrão, adjacências e localização geográfica (LOCH, 1999; TEMBA, 2000; GOMES, 2001; FLORENZANO, 2002; MOREIRA, 2003). Estes aspectos facilitam a observação de fenômenos territoriais que necessitam de intervenção por parte de gestores e equipes que trabalham com planejamento regional, visando diminuir os impactos negativos sobre o ambiente e a população.

Elaborou-se mapas de uso e ocupação do solo da microrregião da Serra do Teixeira ao longo de 20 anos (1999, 2009 e 2019), o período de observação leva em consideração o tempo necessário para que se consolidem as alterações na paisagem. Para tal, utilizou-se imagens nas orbitas (215/65 e 216/65) Landsat 4-5 e 8 para 1999 e 2009 respectivamente e Sentinel 2 para o ano de 2019. Antes de iniciar o procedimento em ambiente SIG mesclou-se as duas cenas correspondentes a cada ano, essa ação consiste na união das duas imagens de órbitas diferentes, permitindo a otimização do processo de classificação da imagem. As classes definidas como determinantes para a ocorrência de ambiente vulnerável neste trabalho foram: água, vegetação, solo exposto, agricultura e urbanização, uma vez que atuam diretamente no processo de modificação do espaço e consequentemente interferem na dinâmica territorial.

A Figura 12 corresponde às cenas datadas de 17/10/1999 (215/65) e 24/10/1999 (216/65) e espacializa o uso e ocupação do solo da microrregião da Serra do Teixeira há 20 anos atrás segundo classificação semi automática realizada em ambiente SIG mediante aplicação de técnicas de classificação e do conhecimento *in loco* da região.

FIGURA 12. Mapa de uso e ocupação do solo (1999)

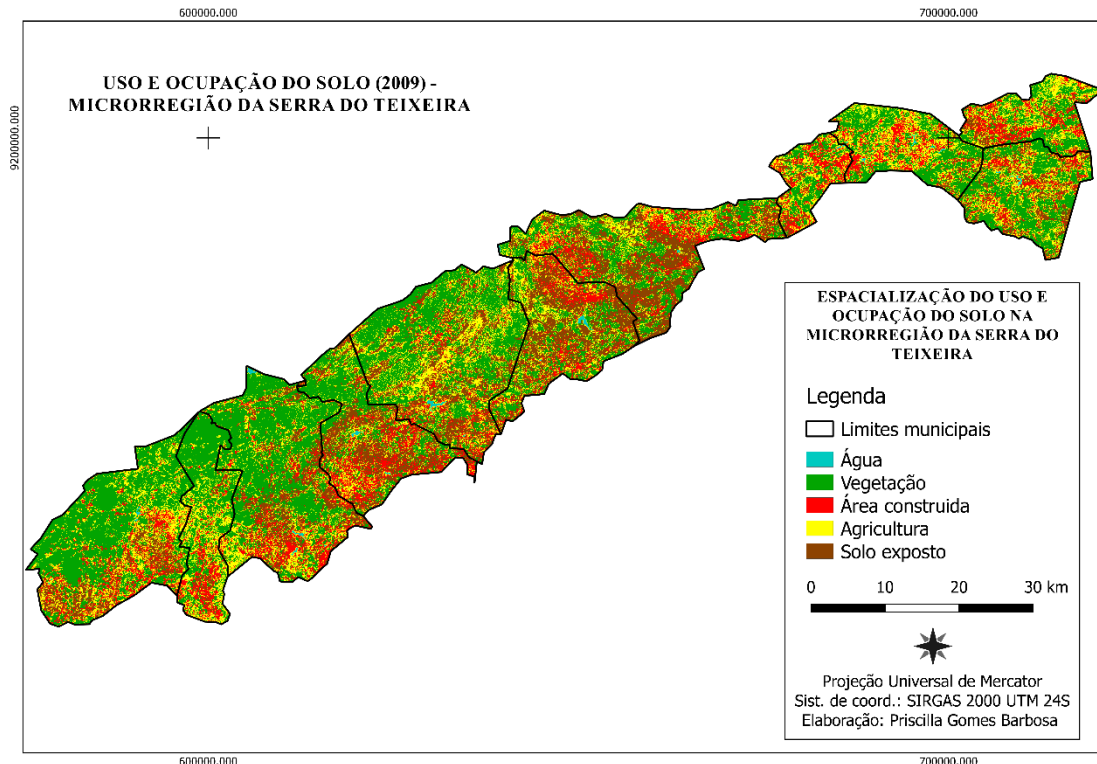
Fonte: Autoria própria, 2020.

De acordo com a matriz confusão gerada pelo *plugin dzetesaka*, a acurácia dos elementos identificou que, maior parte da paisagem 47,88% é composta por vegetação, a segunda classe mais abrangente é a de solo exposto correspondendo por cerca de 29,25% da área total. Sabendo-se que a região de estudo está inserida em um ambiente semi-árido a coloração dos pixels da imagem podem causar confusão do operador entre elementos: vegetação arbustiva e áreas descampadas, surgindo deste modo, a necessidade de validação dessas informações em campo para uma classificação mais precisa. Outras categorias que aparecem em menor porcentagem nas cenas do ano de 1999 são: Urbanização e/ou elementos construídos 11,38% e agricultura 5,58%.

Na Figura 13 com cenas datadas 13/10/2009 e 20/11/2009 a visualização do uso e ocupação do solo em relação a figura 12 apresenta uma alteração da paisagem perceptível para todas as classes identificadas, isto pode ser explicado tanto pela mudança de cenário comum em territórios, como também, por fatores antrópicos que envolvem formas de ocupação e de manejo do solo, processos erosivos e/ou variáveis naturais como intemperismo, eventos climáticos entre outros que influenciam na mudança da dinâmica do meio. Em termos de porcentagem a cena se consolida com: 15,53% de vegetação,

44,55% de urbanização sendo portanto, a classe de maior predominância na paisagem, 12,08% de agricultura e 17,49% de solo exposto.

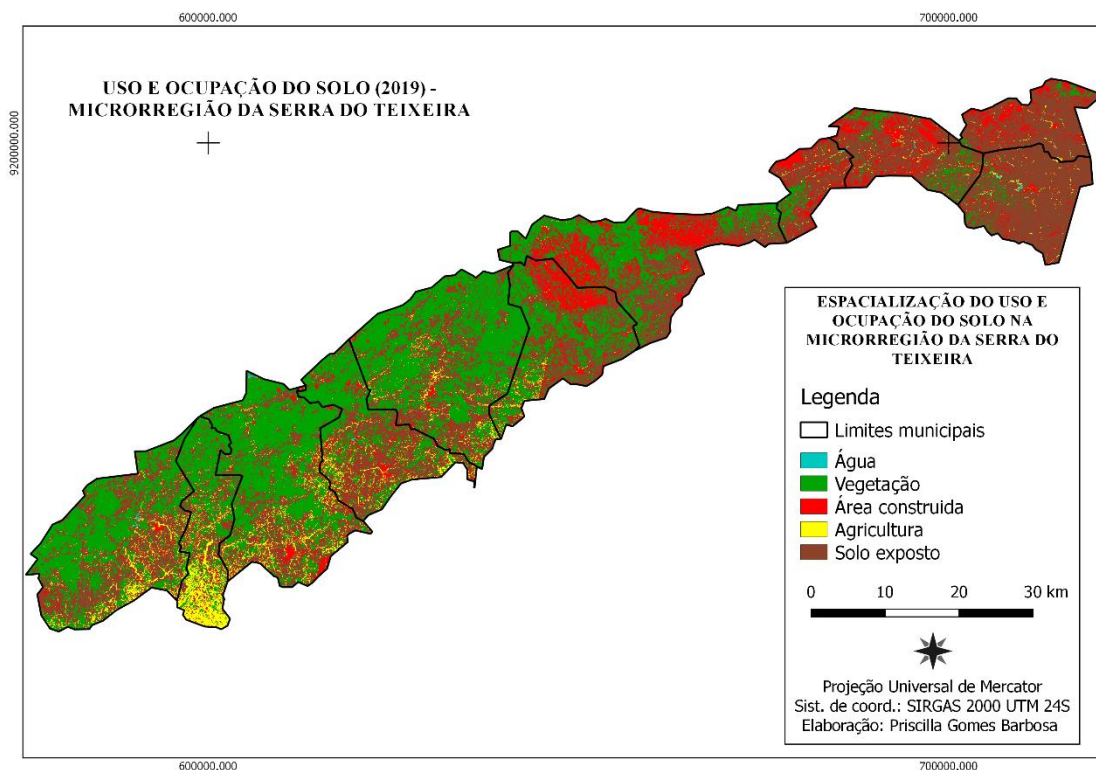
FIGURA 13. Mapa de uso e ocupação do solo (2009)



Fonte: Autoria própria, 2020.

Para o ano de 2019 utilizou-se imagens Sentinel 2 que possuem uma resolução multiespectral melhor do que as imagens Landsat, o que permite uma melhor acurácia no processo de classificação, desse modo, a Figura 14 é a que apresenta um resultado mais próximo a realidade territorial da Serra do Teixeira, além de ser única que permite a validação dos elementos classificados mediante *plugin* semi automático, uma vez que o período de análise recente dá a possibilidade de avaliação *in loco* dos elementos da paisagem considerados duvidosos durante o processo de classificação em ambiente SIG.

Analisando a Figura 14 com informações de cenas de 21/08/2019 e 13/09/2019, é observado um aumento da classe solo exposto, que além dos fatores climáticos e processos naturais está relacionado com as atividades agrícolas de subsistência e pecuária praticadas na região, correspondendo a cerca de 61,01% do território. Em seguida a urbanização apresenta um percentual de 30,28% e a agricultura com 4,97%.

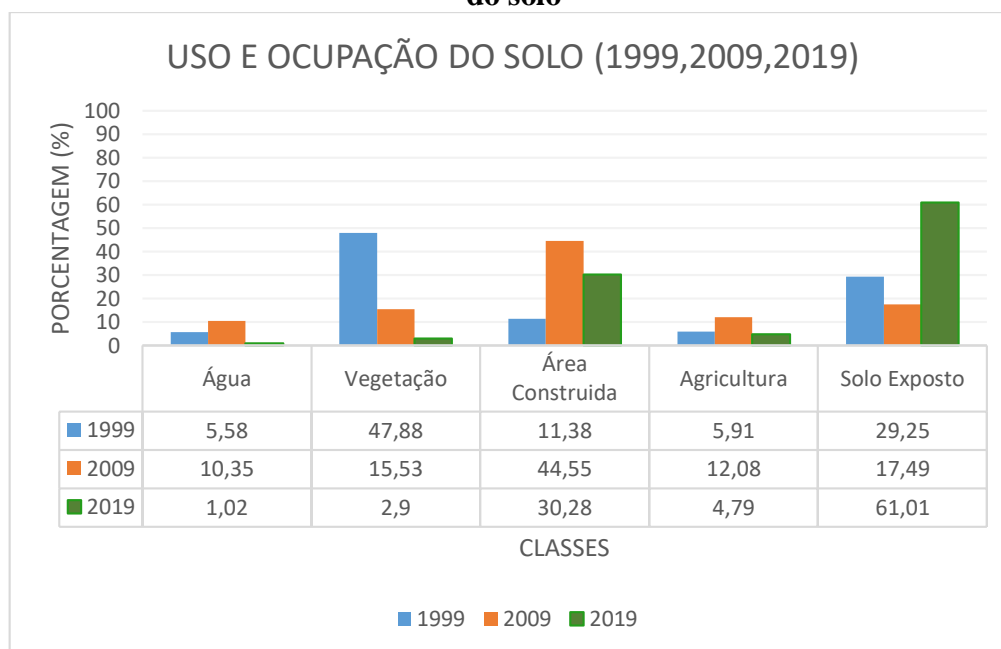
FIGURA 14. Mapa de uso e ocupação do solo (2019)

Fonte: Autoria própria, 2020.

As alterações visualizadas ao longo da observação dos últimos 20 anos, se dão em sua grande maioria devido as necessidades socioeconômicas das populações inseridas nesse contexto geoespacial. O aumento da porcentagem de solo exposto ao longo dos anos se dá entre outros fatores pelo regime pluviométrico da região semiárida e também pelas atividades erosivas e/ou degradantes, naturais ou antrópicas que favorecem a ocorrência do solo desnudo. A vegetação predominantemente arbustiva apresenta maiores fragmentos nas regiões mais elevadas do território e próximas as margens dos rios. O elemento urbanização apresenta uma expansão ao longo dos anos em locais próximos as sedes municipais que compõe a microrregião da Serra do Teixeira, isto se dá em razão da expansão dos núcleos urbanos interioranos devido a fatores naturais e/ou antrópicos que influenciam na migração das populações rurais para as cidades. Os demais elementos classificados: água e agricultura apresentam localização pontual e sem alterações significativas ao longo dos anos, indicando então, uma tendência de estabilidade desses elementos que pode ser explicado entre outros fatores pela ausência de processos antrópicos e naturais capazes de alterar a dinâmica desses fatores no meio de análise.

O Gráfico 1 demonstra as mudanças territoriais em termos quantitativos de cada umas das classes apresentadas na geração das informações referentes ao indicador uso e ocupação do solo ao longo dos anos.

Gráfico 1. Comportamento quantitativo das classes do indicador uso e ocupação do solo



Fonte: Autoria própria, 2020.

Os valores atribuídos aos elementos vulneráveis da imagem obedeceram o que diz a metodologia adotada em relação aos componentes da paisagem (Tabela 6) considerando a vegetação como principal fator de proteção contra os processos morfogenéticos que facilitam os processos erosivos e a eventual vulnerabilidade ambiental regional.

TABELA 6- Vulnerabilidade ambiental para o tema uso e ocupação do solo

Classes	Vulnerabilidade
Água	0,0
Vegetação	1,0
Urbanização/área construída	3,0
Agricultura	2,0
Solo Exposto	3,0

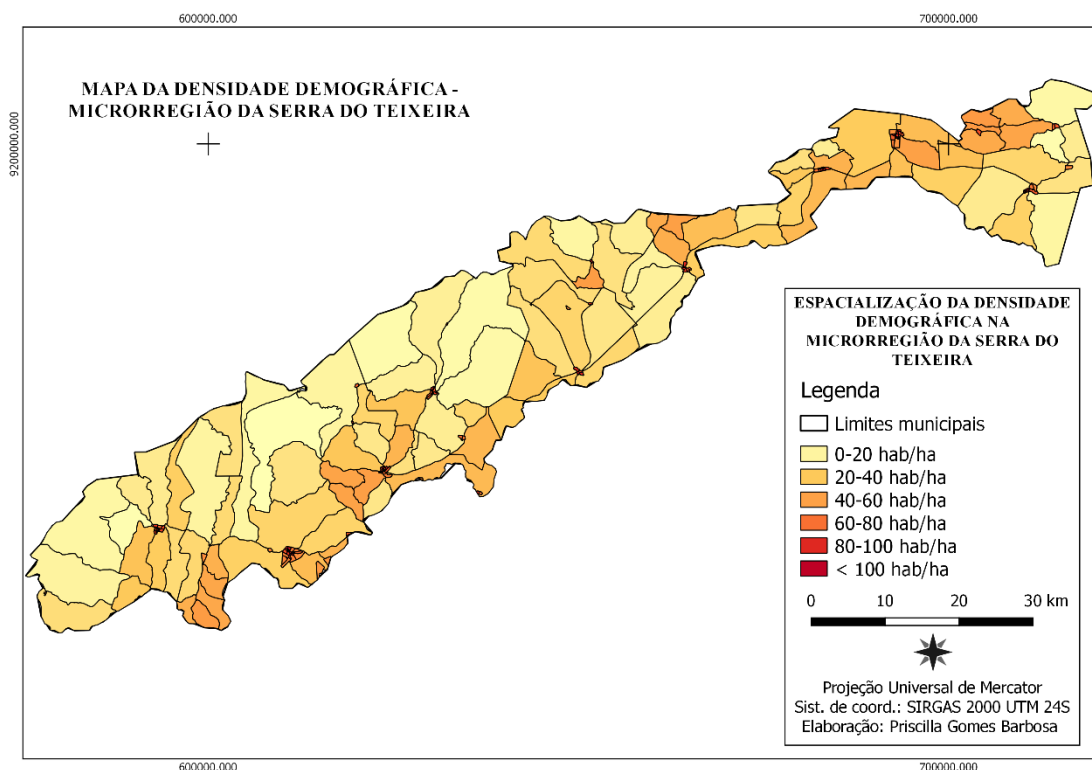
Fonte: Adaptado de Crepani et al.,2001.

5.7 Densidade demográfica

Nos últimos anos é cada vez maior o número de pessoas que saem da zona rural em direção dos centros urbanos, gerando um aumento da demanda por recursos e serviços públicos essenciais à manutenção da dinâmica socioambiental. Segundo a Organização

das Nações Unidas (ONU), atualmente 54% da população mundial vive em áreas urbanas, estimando que em 2050 esse número seja de 65%. O mesmo cenário se reproduz em regiões semiáridas devidos principalmente a fatores climáticos que inviabilizam a permanência dessas populações no seu lugar de origem.

FIGURA 15. Mapa da densidade demográfica



Fonte: Autoria própria, 2020.

A densidade demográfica para os 11 municípios (Água Branca, Cacimbas, Desterro, Imaculada, Juru, Manaíra, Maturéia, Princesa Isabel, São José de Princesa, Tavares e Teixeira) que compõe a microrregião da Serra do Teixeira se deu considerando dados dos setores censitários coletados no último censo demográfico do IBGE, e foi calculada levando em consideração o número de habitantes por área em hectares (Figura 15). Os dados foram coletados no site eletrônico do IBGE e espacializados em ambiente SIG.

Na Tabela 7 são mostradas as classes de densidade demográfica analisadas para a microrregião da Serra do Teixeira e o seu respectivo grau de vulnerabilidade ambiental atribuído de acordo com material bibliográfico consultado.

TABELA 7- Vulnerabilidade ambiental para o tema densidade demográfica

Classes	Vulnerabilidade
0 – 20 hab/há	1,0
20 – 40 hab/há	1,5
40 – 60 hab/há	2,0
60 – 80 hab/há	2,5
80 – 100 hab/há	3,0
>100 hab/há	3,0

Fonte: Autoria própria, 2020.

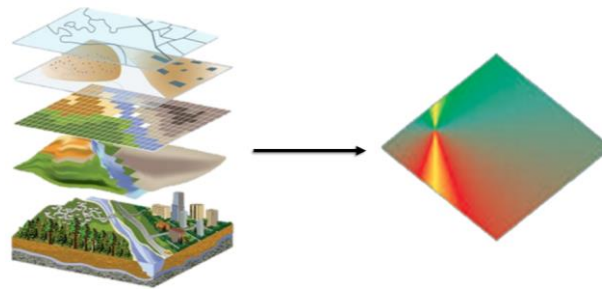
A densidade demográfica se coloca como um tema relevante no estudo da vulnerabilidade ambiental, uma vez que, um território para ser considerado vulnerável depende da existência de populações inseridas naquele contexto e dependendo dos recursos naturais ali presentes. Ou seja, trata-se da dinâmica de sobrevivência populacional mediante fatores ambientais e antrópicos. Segundo Greco (2015) o crescimento e a concentração populacional e o desenvolvimento de atividades humanas sem planejamento, manejo ambiental deficiente, ocorrência de desmatamento e avanços excessivos de culturas agrícolas tendem gerar territórios vulneráveis.

5.8 Vulnerabilidade Ambiental (SIVARS)

A análise do uso e ocupação do solo a partir de dados gerados por *softwares* de geoprocessamento e técnicas de sensoriamento remoto tem facilitado o estudo da vulnerabilidade ambiental, visto a otimização do processo de manipulação de dados, bem como a precisão dos resultados.

A composição dos dados relativos a vulnerabilidade ambiental é feita mediante integração de todos os atributos (Figura 16) já descritos neste trabalho como pontua a metodologia adotada, para isto, em ambiente SIG realizou-se a linearização das informações matriciais por meio da calculadora raster que associa os dados numéricos atribuídos ao pixel de cada um dos atributos que compõe a análise.

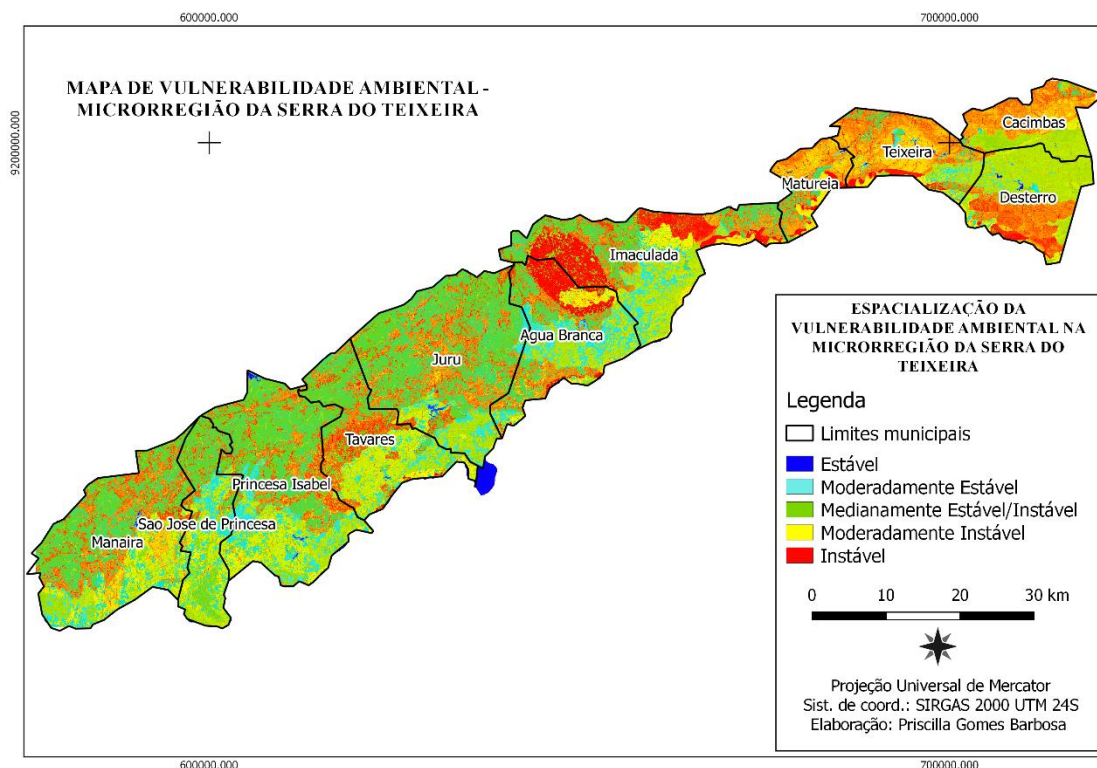
FIGURA 16. Integração dos atributos para o mapa de vulnerabilidade ambiental



Fonte: http://gis.sbcountry.gov/images/elevation_map.jpg.

O mapa de vulnerabilidade ambiental da microrregião da Serra do Teixeira (Figura 17) gerado a partir dos indicadores descritos, demonstra uma área com tendência a instabilidade, o que pressupõe a necessidade de planejamento e gestão ambiental condizentes com as exigências do meio para que se evite um quadro de degradação ambiental severo e irreversível.

FIGURA 17. Mapa de vulnerabilidade ambiental



Fonte: Autoria própria, 2020.

As áreas que apresentam o maior grau de vulnerabilidade ambiental (Água Branca, Maturéia, Teixeira, Imaculada e Desterro) variando do medianamente estável/instável para o instável apresentam semelhanças geomorfológicas, como: declividade acentuada, elevado desnível de cotas altimétricas, neossolo regolítico e

litólico, precipitação concentrada em períodos específicos do ano, longos períodos secos e vegetação arbustiva pouco preservada, o que favorece a ocorrência de fatores naturais e/ou antrópicos degradantes.

As regiões serranas de modo geral, apresentam aspectos estruturais que tornam o ambiente suscetível a eventos naturais e antrópicos que alteram a dinâmica da paisagem. De modo geral, a avaliação da vulnerabilidade se dá por meio da coleta e análise sistemática de dados levando em consideração as atividades desenvolvidas e a estruturação dos elementos do meio, o desenvolvimento desse estudo por meio de mapas temáticos permitiu identificar de maneira holística, as áreas que necessitam de uma priorização no preparo da prevenção e das medidas de respostas, além de possibilitar a construção de um banco de dados que facilita o monitoramento contínuo dos parâmetros de risco ajudando na disseminação das informações e ajudando a criar comportamentos seguros de manejo do solo, rotas de evacuação entre outras medidas de planejamento essenciais para regiões serranas.

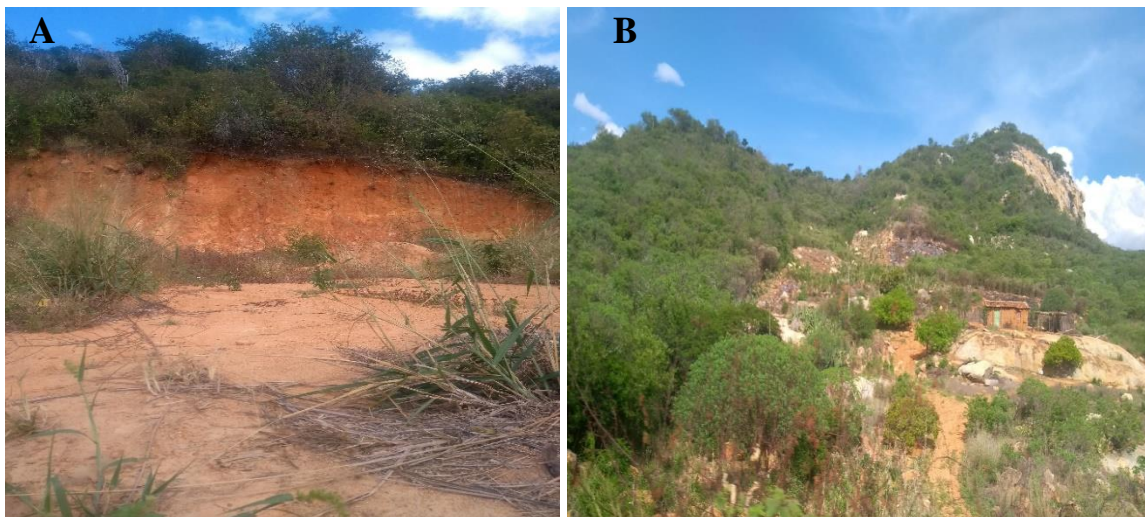
A utilização do SIG e de técnicas de geoprocessamento no levantamento da vulnerabilidade ambiental em regiões serranas garante a otimização do tempo de mapeamento, e a disseminação de informações de maneira menos custosa e financeiramente mais ágil. Essa técnica tem possibilitado uma mudança significativa entre a qualidade dos dados gerados no passado e os de hoje, devido a possibilidade quantitativa e qualitativa de integração de bases cartográficas. O uso dessas geotecnologias, convertidas em ferramentas de sistematização do conhecimento do comportamento ambiental de uma dada região, permite um auxílio aumentado e eficiente nos processos de gestão, planejamento e mitigação dos impactos no espaço estudado (MENGATTO JUNIOR; SILVA; OLIVEIRA, 2017).

Historicamente a região da Serra do Teixeira abrigou atividades primárias de ocupação, comunidades especializadas ao longo do território que praticavam atividades de subsistências, no entanto, os longos períodos de seca tem modificado a dinâmica socioeconômica da região, gerando uma tendência de migração das comunidades rurais para os centros urbanos. Segundo o Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste, em relatório publicado em 2019, a taxa de urbanização da região atualmente é de 54,4%, o que tem provocado o crescimento desordenado dos municípios, o aumento por demanda de serviços essenciais e conseqüentemente por recursos naturais. Em 2010 a PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento) divulgou o IDH (Índice de Desenvolvimento Humano), índice que mede a qualidade de vida da população

baseado em fatores socioeconômico, considerando uma escala que vai de 0-1, o índice na região foi de 0,6 indicando portanto, um desenvolvimento humano mediano. Em termos econômicos, o maior responsável pelo desenvolvimento da região é o setor de serviços, correspondendo a cerca de 80,7% da arrecadação, seguido pela pecuária que corresponde por 15% da produção.

Além disso, a mudança do comportamento da população e conseqüentemente do cenário regional, tem possibilitado o surgimento de outro tipo de atividade, como por exemplo: o eco turismo, em especial na região denomina Parque Estadual Pico do Jabre que possui áreas instáveis segundo o Sistema de Indicadores de Vulnerabilidade Ambiental em Regiões Serranas (SIVARS) aplicado. Nos locais mais declivosos identifica-se com frequência áreas de encostas em que se retira material para atividades de terraplanagem, além de outros aspectos como: deposição inadequada de resíduos sólidos, ocupação irregular em áreas de uso restrito e/ou preservação permanente (APP), entre outros problemas que aumentam a tendência de vulnerabilidade nesses locais (Figura 18).

FIGURA 18. (A) retirada de material de encosta (B) ocupação irregular em área de APP



Fonte: Autoria própria, 2020.

O Parque Estadual Pico do Jabre foi criado em 1992 regulamentado pelo Decreto nº 14.834/1992 que aborda o aspecto fundiário da região de interesse social. Apesar disso, até os dias atuais a localidade não possui plano de manejo que é uma das exigências da Lei nº 9.985/2000 e do Decreto nº 4.340/2002 para a constituição de uma unidade de conservação que e deve dispor de atividades como: visitação pública, desenvolvimento

de pesquisas científicas, zoneamento, autorização para a exploração de bens e serviços, entre outras atividades. De acordo, com a SUDEMA (Superintendência de Administração do Meio Ambiente) o órgão que administra o local, o Parque Estadual do Jabre ainda não é uma unidade de conservação, para isso, impõe-se a necessidade da criação de um plano de manejo, bem como a regularização fundiária para a organização das zonas de proteção. Logo, como descreve Afonso (2019), se não houver desapropriação, persistirá apenas um “parque de papel”; as queimadas, depredações, usos indevidos por empresas de telecomunicações e visitação desordenada irão perdurar, tornando impossível a aplicação dos fundamentos do parque estadual.

Nesse sentido, a identificação das áreas ambientalmente vulneráveis na microrregião da Serra do Teixeira por meio do SIVARS tem uma importância regional, visto sua abrangência territorial e influência socioeconômica no Estado, sendo necessária a inserção da pauta ambiental nos setores públicos ligados ao desenvolvimento de políticas públicas voltadas a promoção de práticas ambientalmente sustentáveis e de medidas de mitigação de áreas degradadas. A caracterização geoespacial desse fenômeno permitiu a quantificação (Tabela 8) e visualização da vulnerabilidade, bem como a representação dessas informações através de mapas temáticos que facilitam a identificação espacial dos graus de vulnerabilidade, gerando o entendimento da dinâmica recente da região e contribui para o desenvolvimento de estudos de interesse público ou privado no tocante das questões ambientais.

TABELA 8. Quantificação da vulnerabilidade na Microrregião da Serra do Teixeira-PB

Valor do índice	Critério de Vulnerabilidade	Área em hectares	Porcentagem
0,00-1,3	Estável	15.384,37	5,77%
1,4-1,7	Moderadamente Estável	24.898	9,34%
1,8-2,2	Medianamente Estável/Instável	221.024,05	82,93%
2,3-2,6	Moderadamente Instável	4.169	1,56%
2,7-3,0	Instável	1.036,36	0,40%
TOTAL		266.511,78	100

Fonte: Autoria própria, 2020.

Sendo assim, a observação de altos graus de vulnerabilidade ambiental em setores específicos da microrregião da Serra do Teixeira, representa uma ameaça a dinâmica ambiental regional visto a vulnerabilidade natural a partir de indicativos geomorfológicos do local em razão de fatores de formação estrutural e climática. Dessa maneira evidencia-se a importância do planejamento de uso e ocupação do solo, da gestão ambiental e da

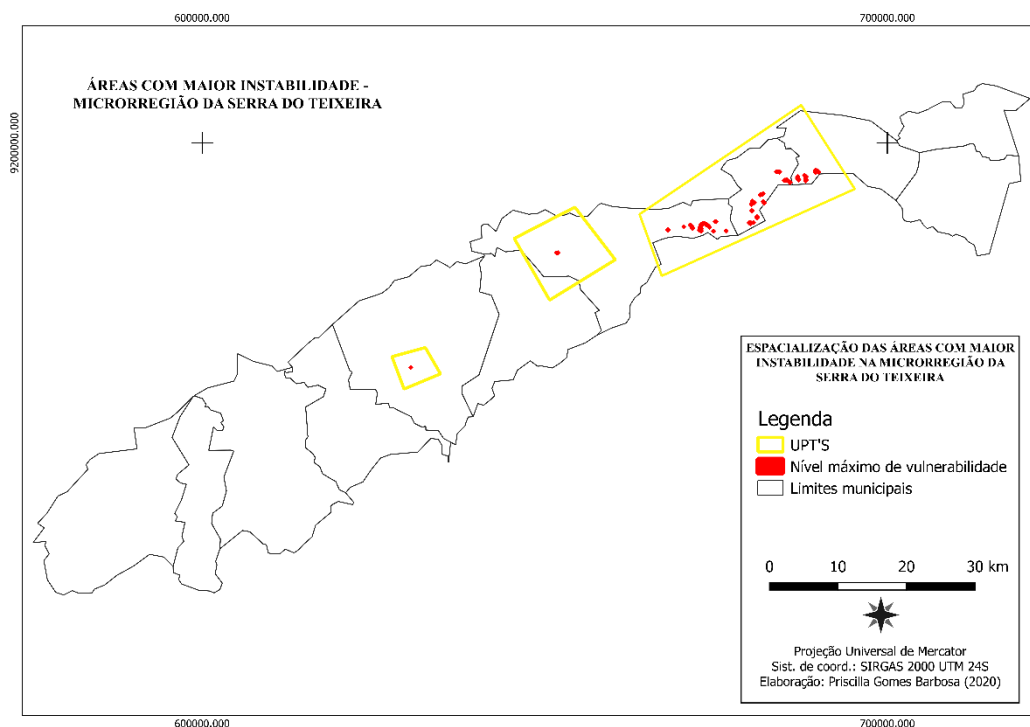
efetivação urgente de mitigação nas áreas mais sensíveis que necessitam de um manejo mais específico para garantir a manutenção dos seus serviços ecossistêmicos.

Vale destacar que, o gerenciamento ambiental de uma região deve levar em conta outros fatores que vão além dos elementos geomorfológicos citados, como: aspectos culturais, educacionais e demais fatores que apresentam relação direta com o ambiente e suas formas de utilização, para que se tenha um conhecimento holístico de todas as variáveis atuantes no meio, facilitando a atuação das entidades voltadas para processos de mitigação e preservação da dinâmica local.

5.9 Aplicação de VANT's no processo de análise territorial

O levantamento das informações geradas via dados secundários e operações matemáticas no *software* Qgis 2.18 permitiram a identificação das áreas mais vulneráveis do território (Figura 19), ou seja, aquelas que em razão da sua composição natural e elementos de uso e ocupação do solo tem a tendência de gerar maiores impactos sobre o meio. As áreas analisadas foram denominadas de UPT (Unidade de Planejamento Territorial) a fim de direcionar melhor o processo discursivo, para fins metodológicos escolheu-se as UPT's com o maior quantitativo territorial (hectares) a fim de gerar análises mais consistentes sobre a instabilidade identificada.

FIGURA 19. Áreas mais vulneráveis da microrregião da Serra do Teixeira



Fonte: Autoria própria, 2020.

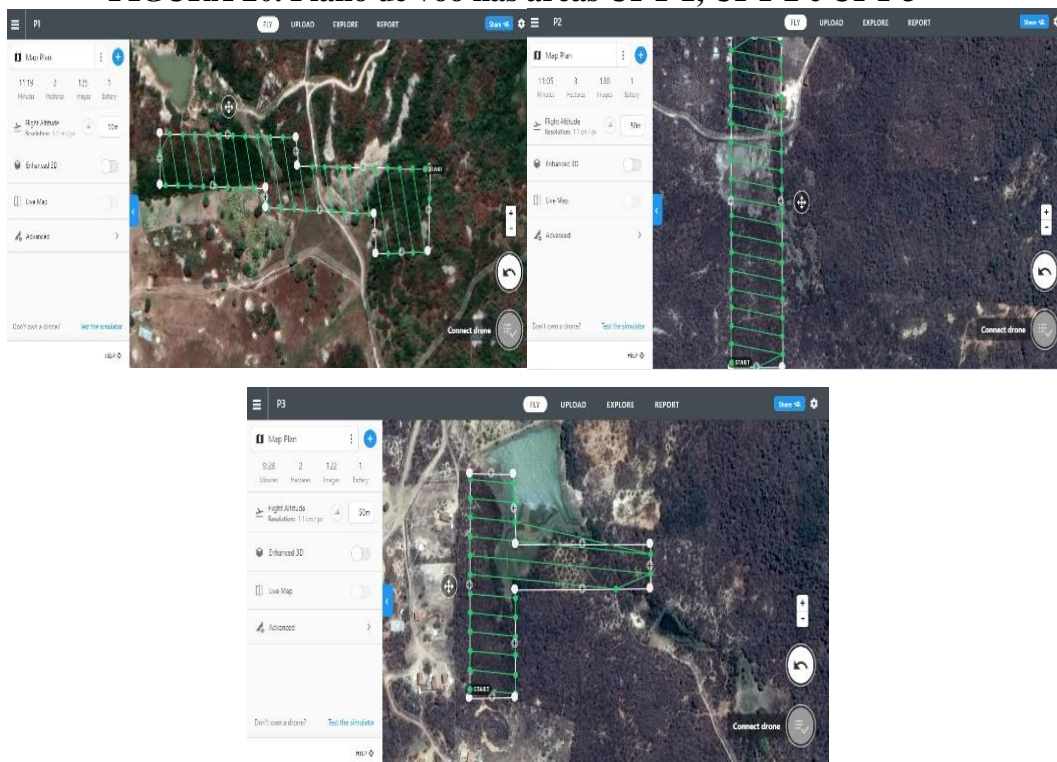
A utilização do VANT como metodologia complementar serve como ferramenta de verificação e validação dessas informações de modo a gerar um banco de dados o mais próximo possível da realidade, com escalas pequenas e consequentemente grande riqueza de detalhes, auxiliando na tomada de decisões e na mitigação dos impactos e atividades degradantes que atuam sobre o meio.

O tipo de equipamento utilizado em estudos dessa natureza, é fator determinante na qualidade das informações que se deseja obter, uma vez que, tecnicamente o direcionamento metodológico depende também das características do VANT que deve se adaptar a área de estudo e as condições que prevalecem no meio, sobretudo relacionada a velocidade do vento que influencia inúmeros itens do voo.

A utilização de VANT's na coleta de dados requer alguns cuidados, uma vez que se trata de um equipamento que oferece inúmeros riscos sendo regulamentado por legislação específica, ou seja, deve-se atender todas as normas para um voo seguro. Neste sentido, é proposta deste trabalho fornecer um protocolo metodológico que auxilie na execução de voos com VANT em regiões serranas de modo a diminuir os risco de operação do equipamento. O Fluxograma 1 demonstra a metodologia adotada para a coleta de dados nas UPT's e as decisões que deveriam ser tomadas no decorrer da operação.

por voo, altura de voo e consequentemente quantidade de imagens a serem capturadas em cada área pré selecionada (Figura 20).

FIGURA 20. Plano de voo nas áreas UPT 1, UPT 2 e UPT 3



Fonte: Autoria própria, 2020.

A parte de execução do voo inicia-se com o ajuste dos equipamentos e suas funções para uma decolagem e coleta de dados perfeitas, em casos de erros na calibração do equipamento recomenda-se uma nova calibração para a correção dos pontos defeituosos para que se obtenha dados consistentes/precisos e não comprometa a análise final das informações. Neste estudo em específico, o equipamento sofreu algumas interferências de ordem externa principalmente em pontos do território próximos a antenas de transmissão de sinais de rádio e tv, identificou-se em algumas regiões a perda de sinal entre o VANT e o controle, bem como erros de mapeamento em alguns pontos específicos impedindo a coleta de dados, este problema foi resolvido com um ajuste na frequência do VANT. Por fim, a etapa de avaliação dos dados coletados consiste em verificar por meio de uma análise previa das imagens possíveis erros que colocam em risco o objetivo do trabalho, em caso de ausência de erros se dá prosseguimento para a etapa de processamento e geração de resultados específicos, em caso de identificação de erros, recomenda-se uma nova coleta de dados com ajustes pontuais nas etapas de planejamento

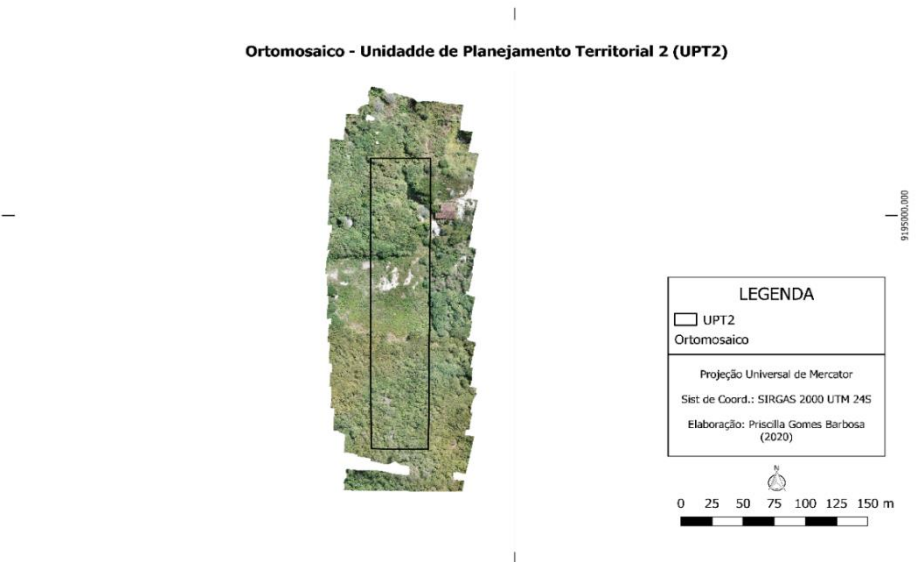
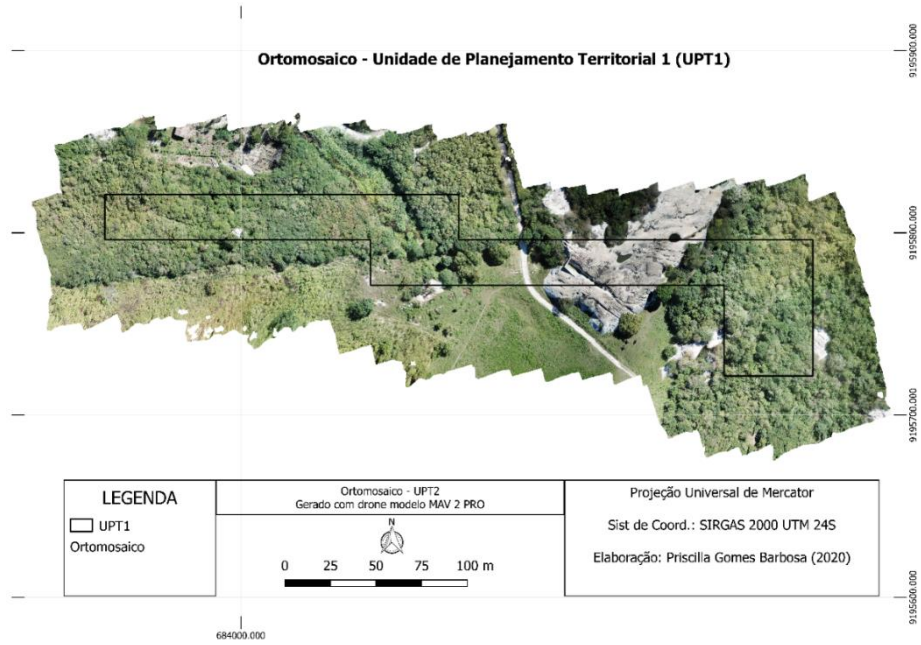
e execução de voo para que se possa minimizar o risco de novos erros na etapa de processamento dos dados.

Vale destacar que, os objetivos do estudo são fundamentais para determinação das fases da coleta de dados, para o trabalho em discussão o objetivo principal foi gerar dados das áreas identificadas com instáveis para que pudessemos validar e melhorar a resolução espacial das informações utilizadas na primeira etapa desta pesquisa, então, enfatizou-se principalmente no quesito tamanho do pixel que está diretamente ligado com a altura do voo e a qualidade do imageamento final. Alguns atributos do voo são determinados por fatores externos e devem ser observados sempre antes de cada decolagem, como: direção e velocidade do vento, luminosidade, experiência do piloto, equipamento utilizado, objetos que emitem sinais de frequência próximo ao que o VANT opera, precipitação pluviométrica, *softwares* utilizados no planejamento e execução do voo automático entre outros, que devem ser levados em consideração antes de cada decolagem.

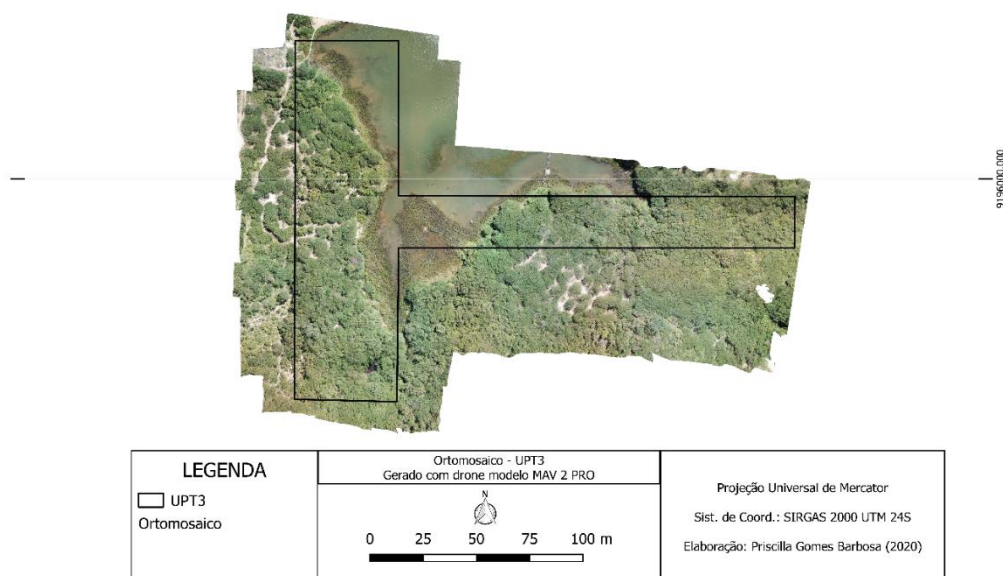
A altura de voo definida para este trabalho foi de 50m ou 166,66ft sendo portanto, um diferencial significativo uma vez que permitiu uma melhor definição da resolução do pixel do imageamento, servindo como elemento comparativo entre as imagens de satélite utilizadas na primeira fase deste estudo para identificação dos elementos do meio. Enquanto a imagem de satélite possuem uma imagem de pixel de 30x30m a resolução da imagem do VANT permite uma imageamento da ordem de 1,1x1,1cm que entre outras vantagens abrangem a capacidade de leitura dos elementos da imagem, bem como o mapeamento de ocorrências vegetais de difícil leitura espectral como por exemplo, vegetação arbustiva, bastante presente na área de estudo.

A UPT 1, UPT 2 e UPT 3 (Figura 21) referem-se as áreas com maior percentual territorial instável, a análise e processamento do conjunto de imagens coletadas em campo via VANT foram modeladas através do *software Agisoft Student Version*, que permitiu entre outros produtos a geração do ortomosaico de cada UPT, ou seja, realizou-se neste procedimento uma projeção ortogonal da superfície do terreno, com uma sobreposição de 80 e 60% (Longitudinal e Lateral) segundo recomenda-se a literatura do *software* (PHOTOSCAN, 2014). Para cada ortomosaico gerado foram observadas condições de voo diferentes, além de características de terreno distintas o que refletem na informações relativas a tempo de voo e quantidade de imagens coletadas para a formação da cena final.

FIGURA 21. Ortomosaico das Unidades de Planejamento Territorial 1, 2 e 3



Ortomosaico - Unidade de Planejamento Territorial 3 (UPT3)



Fonte: Autoria própria, 2020.

TABELA 9. Informações dos voos nas UPT's 1, 2 e 3

ATRIBUTOS	UPT 1	UPT 2	UPT 3
Tempo (minutos)	11:19	11:05	9:28
Área (Hectares)	2	3	2
Imagens	152	130	122

Fonte: Autoria própria, 2020.

Com o ortomosaico é possível melhorar a qualidade visual dos elementos da imagem uma vez que a metodologia de geração dessa modelagem permite minimizar as distorções geradas pelo equipamento. A geração do ortomosaico neste estudo envolveu 6 (seis) etapas:

- I) Inserção das imagens coletadas pelo VANT;
- II) Identificação dos pontos homólogos entre os pixels da imagem, permitindo a integração da rede de informações, facilitando inclusive o processo de operação das imagens no ambiente do *software*;
- III) Alinhamento de imagens com precisão média;
- IV) Construção da nuvem de pontos com qualidade média. Nas opções avançadas optou-se por utilizar um *Depth Filtering Aggressive* para a construção de um modelo mais denso, que permite uma melhor análise do elemento vegetação;
- V) Construir o MED conforme recomendado tecnicamente;
- VI) Build Orthomosaic.

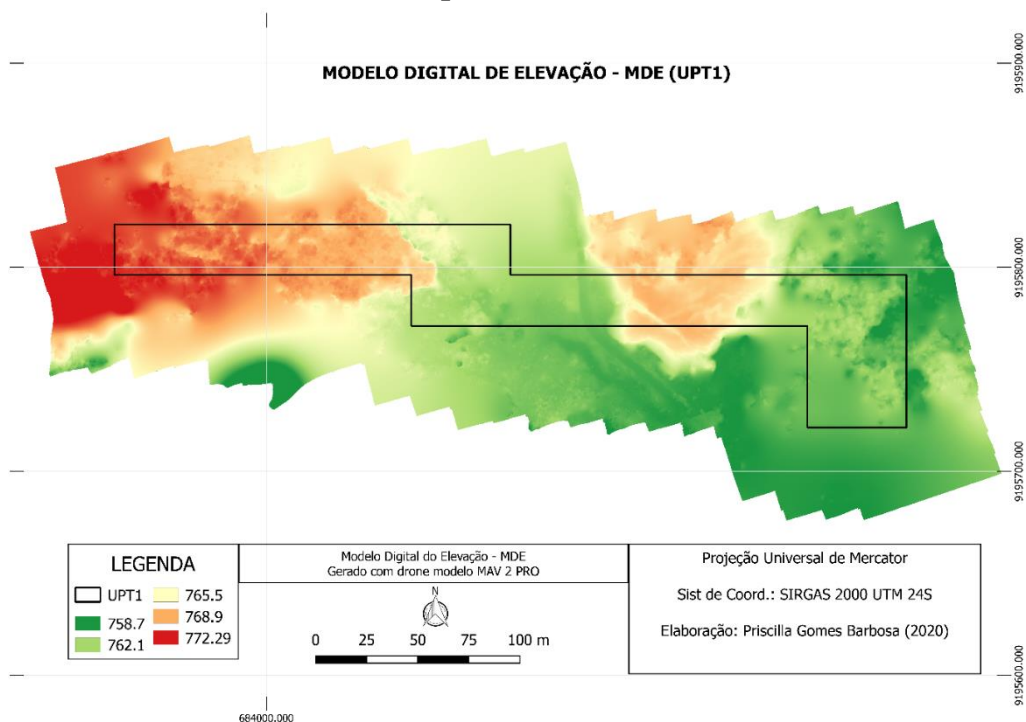
As etapas descritas no processo de criação do ortomosaico auxiliam no processo de identificação dos elementos da cena e sua posterior leitura a partir de dados com alta qualidade espacial de acordo com os pontos fundamentados em cada projeto específico, servindo inclusive no processo de validação de informações geradas anteriormente em ambiente SIG. A utilização das bordas que se estendem além dos limites das amostras vetorizadas servem como pontos de suporte na cobertura total da área de interesse, ajudando no entendimento da continuidade dos elementos que compõe a dinâmica da paisagem, uma vez que se trata de amostras isoladas em um território extenso, além de diminuir as distorções que as imagens devido a porcentagem de sobreposição adotada. Essa questão pode ser levada em consideração a depender da extensão territorial de análise, conhecimento do operador em relação ao território e outras questões de ordem técnica.

Além do ortomosaico foram geradas informações relativas a declividade e cotação do terreno das UPT's, devido a capacidade desses fatores de influenciarem diretamente processos erosivos como destaca a metodologia de Crepani et al., (2001) e outras questões de ordem ambiental que alteram a dinâmica do meio. Neste estudo gerou-se para fins de análise do terreno informações relativas ao: Modelo Digital de Elevação (MDE), Modelo Digital de Superfície (MDS) e Modelo Digital do Terreno (MDT). Bibliograficamente, MDE é uma representação numérica de elementos do relevo desconsiderando atributos acima da superfície como: vegetação, edificações e outros objetos. O MDS é um produto semelhante ao MDE, no entanto, contém informações relativas a todos os elementos presentes sobre a superfície do terreno (CHAPLOT, 2006; CORREIA, 2008). MDT é um resultado semelhante ao MDE no entanto traz informações de natureza vetorial, ou seja, ocorre a junção de dois tipos de dados: matriciais e vetoriais.

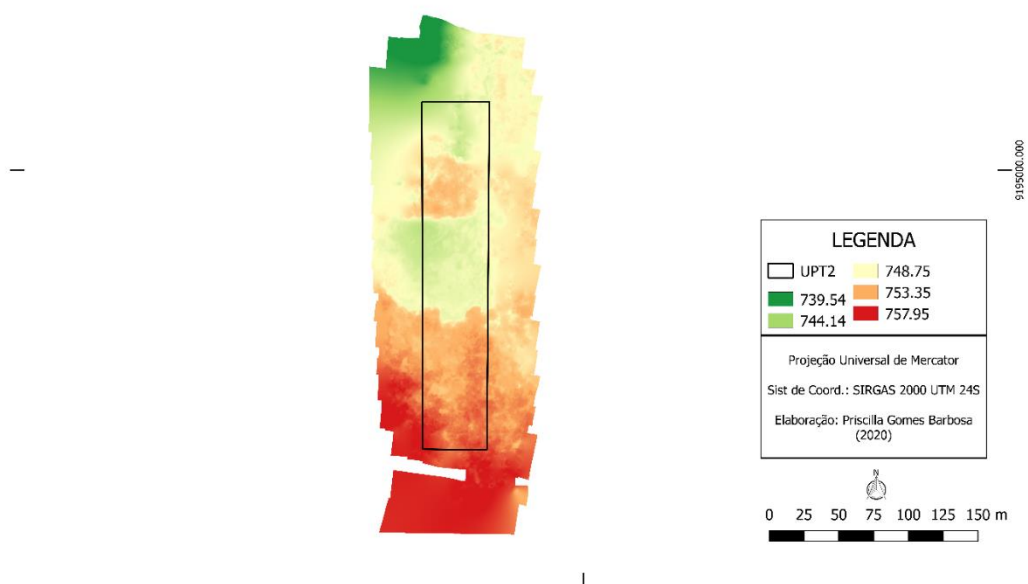
O Modelo Digital de Elevação (MDE) das UPT's apresentaram uma cotação mínima de 731.46m e cotação máxima de 772.29m (Figura 22), esses valores de acordo com a metodologia adotada para determinação da vulnerabilidade ambiental indicam um ambiente instável no quesito altimetria, podendo sofrer influencias antrópicas e/ou naturais que tendencie a ocorrência de processos erosivos por parte de fatores pluviométricos, eólicos, biológicos e antrópicos que envolve o processo de arraste de partículas que geram a desestabilidade de encostas e conseqüentemente eventos desastrosos que podem vir a gerar prejuízos de ordem econômica e social . A elaboração do MDE evoluiu a retirada de elementos identificados sobre a superfície da região

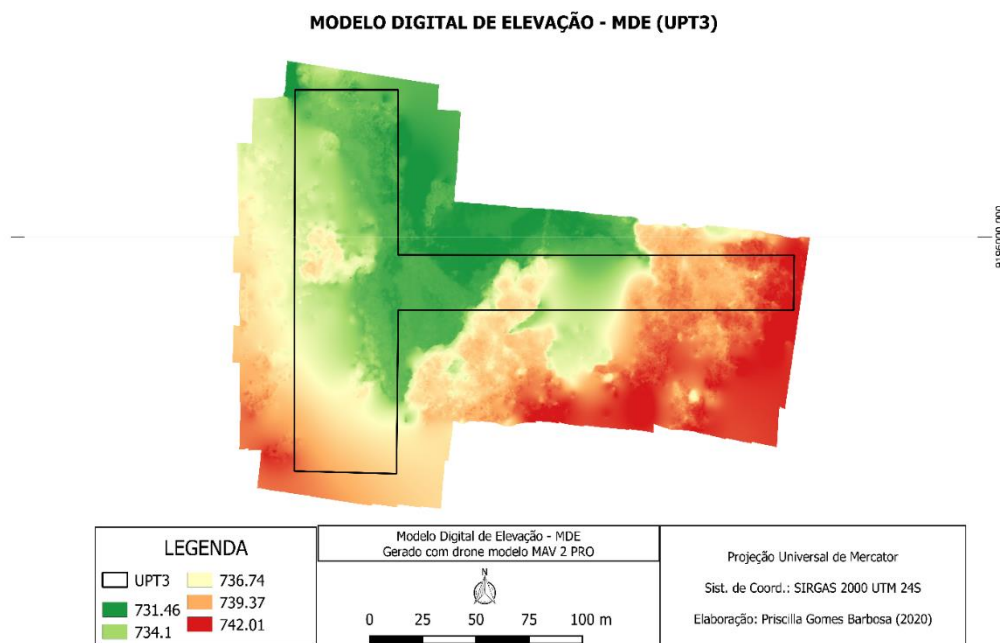
delimitada, sobre tudo vegetação, que embora seja predominantemente arbustiva influência nos valores finais das cotas.

FIGURA 22. MDE das Unidades de Planejamento Territorial 1, 2 e 3 respectivamente



MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO - MDE (UPT2)



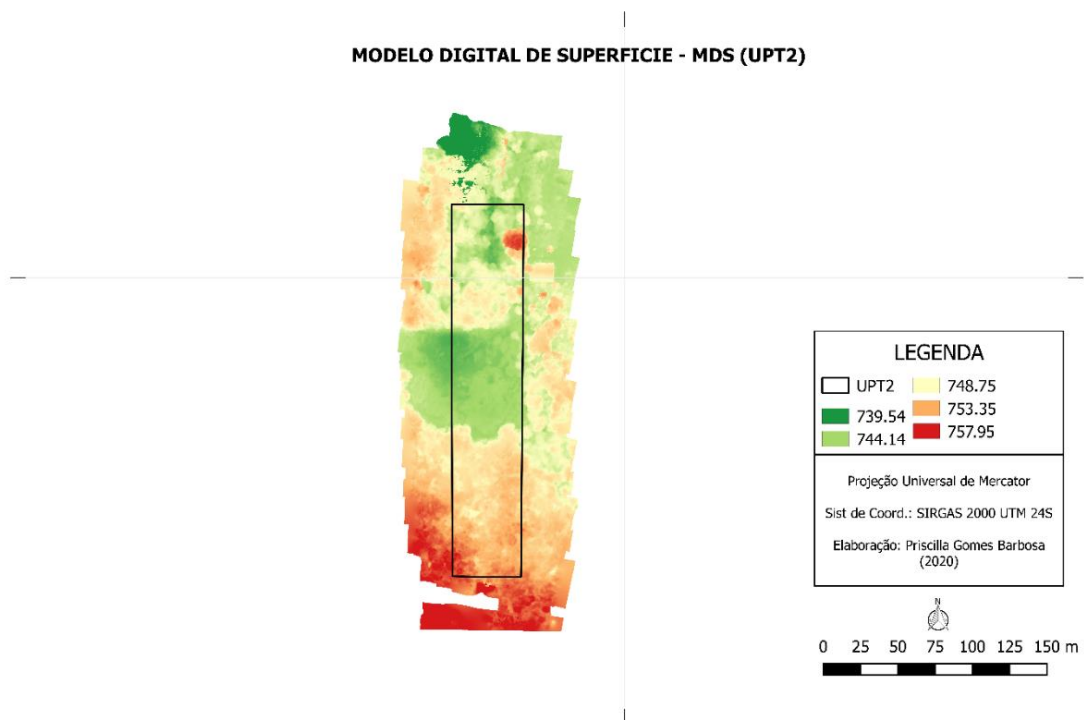
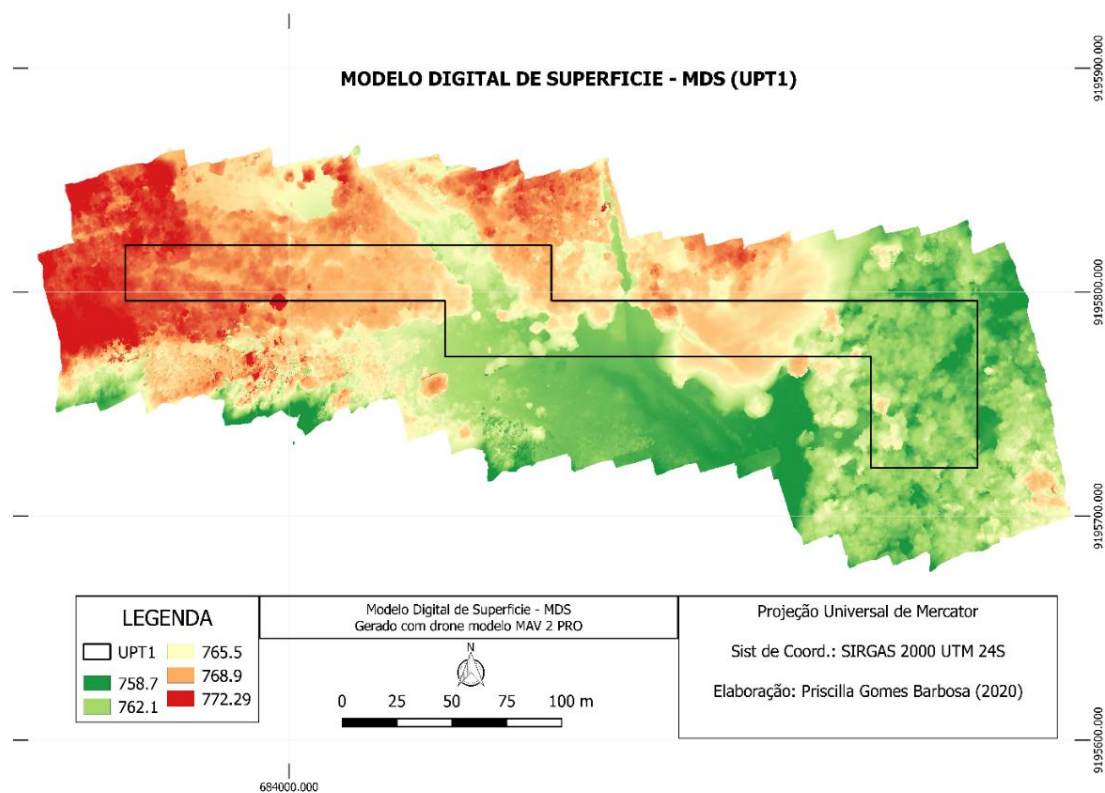


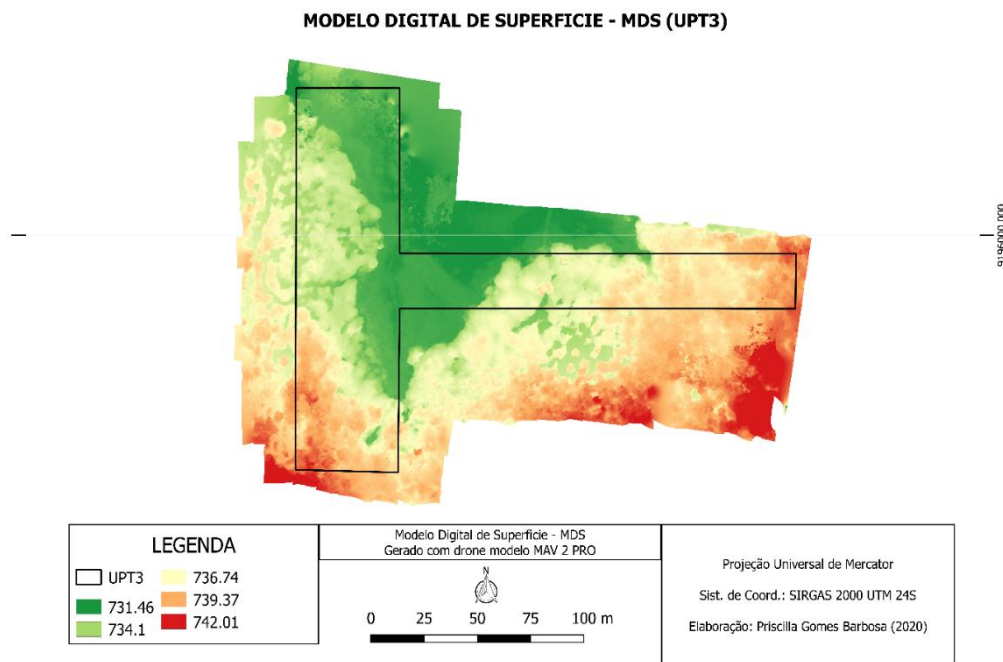
Fonte: Autoria própria, 2020.

O Modelo Digital de Superfície (MDS) apresentou a mesma variação de cota do MDE, 731.46m para a cota mínima e 772.29m para a cota máxima (Figura 23), isto pode se explicar pelas características florísticas da região, que apresenta vegetação de pequeno porte e com densidade foliar baixa, além de outros fatores como baixa densidade demográfica das amostras, com edificações simples com apenas um pavimento e em números isolados (identificou-se apenas 3 edificações nas UPT's escolhidas para análise).

Os fatores que compõe a superfície exercem influência sobre a cotação do MDS quando ocupam percentual territorial considerável e quando apresentam dimensão e altura que alterem a dinâmica natural da paisagem como por exemplo: edificações com mais de um pavimento, viadutos, pontes e outros elementos presentes em áreas urbanas e que no caso específico do MDS existe a necessidade de retirada para realização de um estudo planialtimétrico mais próximo da realidade, uma vez que, o adensamento de edifícios e plantas de grande porte exercem sobre influência sobre o solo e suas características altimétricas. De um modo geral, o MDS serve como instrumento de análise da influência do uso e ocupação do solo de uma população sobre o terreno devido a incorporação dos elementos inseridos sobre a superfície territorial, podendo ser uma ferramenta primordial em análises específicas como: influencia antrópica sobre cotas altimétricas, ocupação de canais de drenagem, ocupação de áreas de risco entre outros.

FIGURA 23. MDS das Unidades de Planejamento Territorial 1, 2 e 3 respectivamente





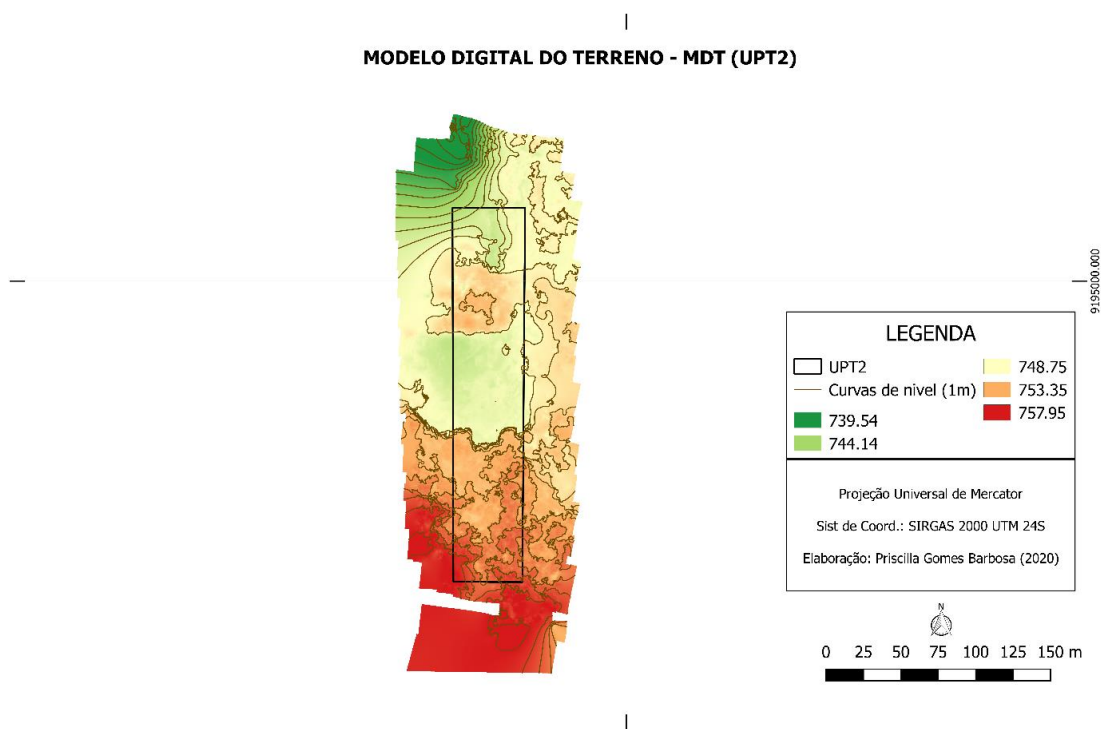
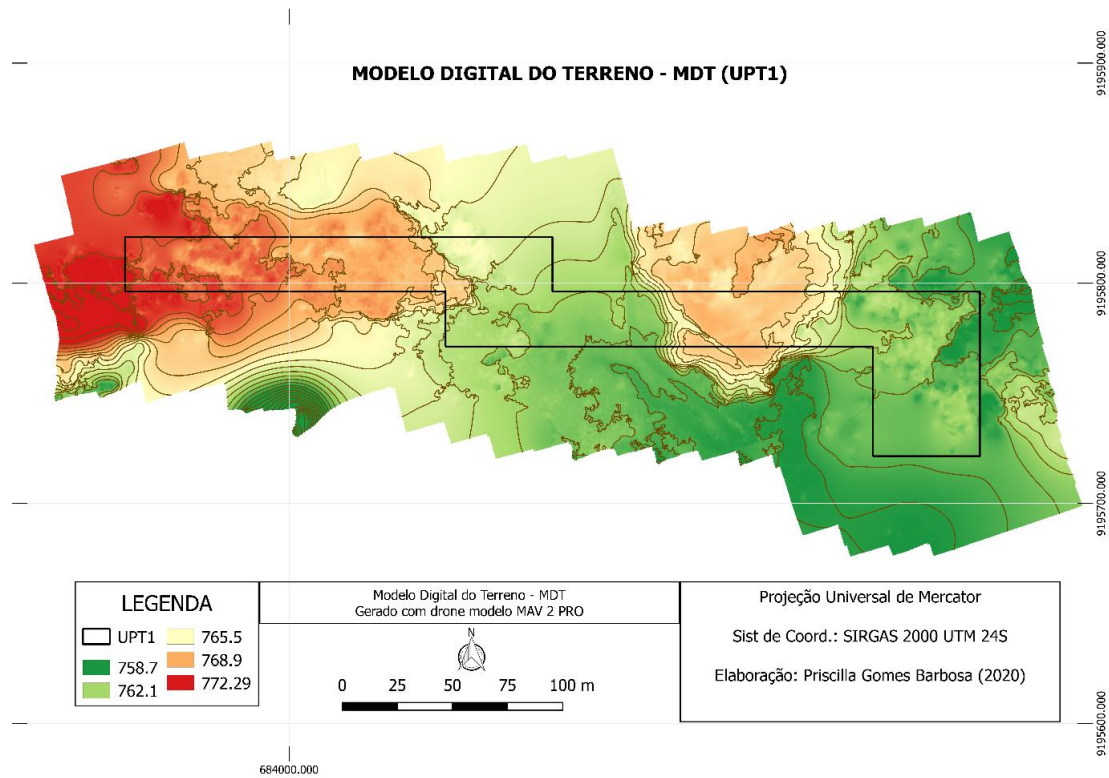
Fonte: Autoria própria, 2020.

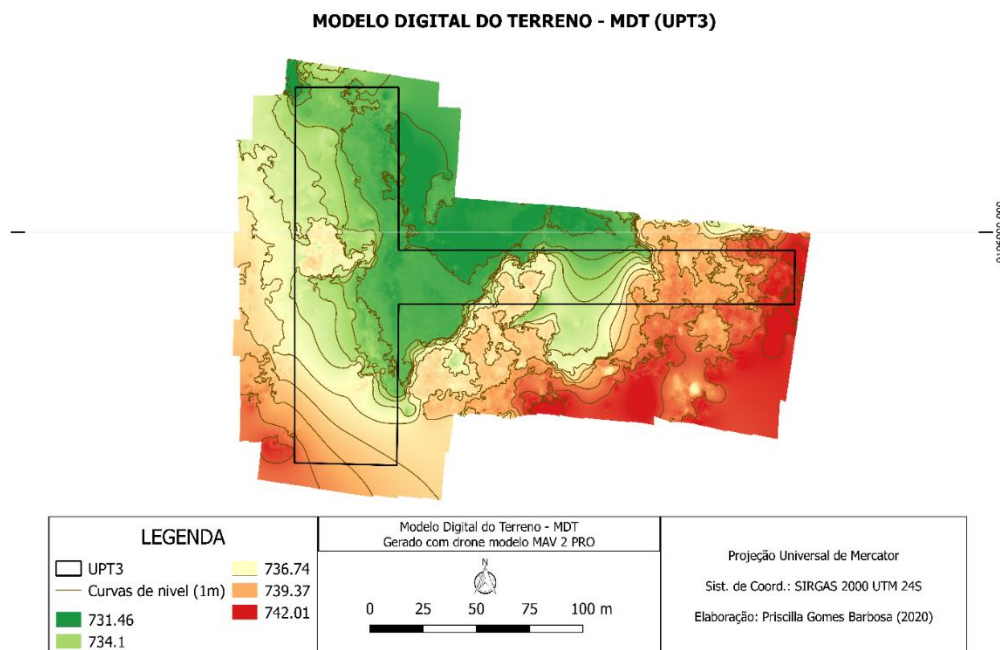
O Modelo Digital do Terreno (MDT) é uma nomenclatura comumente confundida com o MDE, no entanto, parte da comunidade científica e órgãos provedores de dados geoespaciais utilizam essa terminologia para descrever a associação entre informações matriciais e vetoriais, ou seja, a combinação de dados que envolve pixels e figuras geométricas de representação do terreno.

Dessa maneira, o MDT engloba informações que traduzem a óptica territorial a partir de resultados distintos mas complementares, uma vez que, a distribuição da elevação dada em valor de pixel está diretamente relacionada com as cotas representadas pelas curvas de nível, ou seja, muda-se a penas a forma de representar graficamente a informação. O complemento técnico entre os dois tipos de dados (vetoriais e matriciais) permite ao operador tomar decisões mais acertadas a partir de um embasamento técnico consistente, uma vez que, elementos ausentes em um determinado resultado podem ser observados a partir de um complemento metodológico.

Neste trabalho, foi adotado um espaçamento de 1:1 entre as curvas de nível e uma resolução de pixel para a representação do relevo de 2,6 cm, a dimensão das UPT's que possibilitou a geração de dados com uma maior riqueza de detalhes o que garante em estudos dessa natureza uma confiabilidade intensa nas informações geradas (Figura 24).

FIGURA 24. MDT das Unidades de Planejamento Territorial 1, 2 e 3 respectivamente





Fonte: Autoria própria, 2020.

Como visto nos resultados as informações relativas a MDE, MDS e MDT são complementares, uma vez que envolve o mesmo atributo de análise, no entanto apresentam leituras geoespaciais diferentes que podem auxiliar no desenvolvimento de várias linhas de pesquisas. Do ponto de vista florístico por exemplo é possível verificar a altura da vegetação subtraindo o MDE do MDS, visto que o resultado é justamente a diferença entre os valores altimétricos com vegetação e os valores altimétricos sem vegetação (HUNG et al., 2018). O tamanho e as características das áreas de análise são determinantes na identificação das condições de vulnerabilidade quando se trata de dados espaciais, uma vez que, a dinâmica espacial depende da interação de um conjunto de elementos, as UPT's 1, 2 e 3 assim como as demais áreas identificadas como instáveis segundo a metodologia de Crepani et al., 2001 se caracterizam por sua composição natural e antrópica vulnerável visto o uso e manejo inadequado dos recursos do meio ao longo dos anos e o detalhamento dessas informações é um fator importante no desenvolvimento de ações de mitigação e planejamento capazes reduzir os impactos negativos sobre a dinâmica do meio.

A utilização de VANT's na geração desse tipo de dado é uma importante ferramenta visto a carência de estudos que avalie com qualidade posicional e como também a ausência de atualizações em grandes escalas de representação desses fatores. De uma

forma geral, este tipo de avaliação proporciona o conhecimento territorial sobretudo em termos de validação das informações e a construção de modelos com alto grau de detalhamento. De acordo com França et al (2019) o sensoriamento remoto e seus avanços tecnológicos estão cada vez mais dinâmicos possibilitando ao homem uma ferramenta de análise, planejamento e gestão cada vez mais eficientes.

6. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, verificou-se a eficiência da análise da vulnerabilidade ambientais da microrregião da Serra do Teixeira a partir de indicadores SIVARS, comportando-se como instrumentos uteis para a minimização dos riscos de uma ocupação inadequada da região, podendo ser integrado inclusive a um banco de dados e servindo como subsídio para apoio na elaboração de políticas públicas, gestão integrada e planejamento territorial.

A utilização do VANT como ferramenta complementar na validação e melhoramento de dados se mostrou promissora para o objetivo proposto, no entanto, verifica-se a necessidade da utilização de equipamentos com uma melhor aerodinâmica que atue melhor em regiões serranas, bem como com uma localização geográfica melhor para fins de precisão métrica. Recomenda-se em trabalhos futuros a utilização de pontos de controle independentemente da dimensão das áreas de estudo, com o objetivo de melhorar a resolução espacial das informações geradas.

Partindo da holística do que foi apresentado, a utilização de elementos georreferenciados associados a linguagem matemática, técnicas de geoprocessamento, sensoriamento remoto e VANT's tem uma enorme contribuição para o setor ambiental e para a ciência de uma forma geral, visto a necessidade de acompanhar, prever e mitigar situações de risco que podem ocorrer em regiões serranas e dar condições de produtividade e permanência para as comunidades inseridas em contextos socioambientais adverso com o intuito de preservar a dinâmica local da região permitindo seu desenvolvimento vigoroso e contínuo. A geração de dados com qualidade geoespacial é a chave para todas essas questões que envolvem inúmeros elementos com complexidades diversas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADGER, W. N. **Vulnerability**. *Global Environmental Change*, v. 16, n.3, p. 268-281. 2006.

AFONSO, J. P. S. D. **Avaliação da degradação ambiental no Parque Estadual do Jabre sob a ótica ambiental**. Programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais. Pombal, 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **ANAC apresenta proposta de regulação sobre RPAS**. Portal de Notícias, Assessoria de Comunicação, 24/02/2014. Disponível em: <http://www.anac.gov.br/Noticia.aspx?ttCD_CHAVE=1315>. Acesso em: 10 de junho 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Instrução Suplementar - IS nº 21-002. Emissão de Certificado de Autorização de Voo Experimental para Veículos Aéreos Não Tripulados**, 4 de outubro de 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL – ANAC. Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial. **Requisitos gerais para aeronaves não tripuladas de uso civil (RBAC-E nº 94/2017)**. p.1-26. 3 de maio de 2017.

AQUINO, A. R.; PALETTA, F. C.; ALMEIDA, J. R. **Vulnerabilidade ambiental**. São Paulo: Blucher, p.112. 2017.

ALVES JÚNIOR, L. R. **Análise de produtos cartográficos obtidos com câmera digital não métrica acoplada a um veículo aéreo não tripulado em áreas urbanas e rurais no estado de Goiás**. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Geografia, do Instituto de Estudos Socioambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

AMARANTE, L. M.; POTON, D. M.; CUNHA, M. Z.; FERREIRA, J. S.; CALANZANI, M. P. Geoprocessamento como Ferramenta para Análise de Qualidade Ambiental em Lagoa Urbana. **Brazilian Journal of Development**, v.5, n.7, p.8464-8474, 2019.

ANGELOV, P. **Sense and Avoid in UAS: Research and Applications**. John Wiley & Sons, p. 345, 2012

ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistema de Informações Geográficas: aplicações na agricultura**. 2ªed. Brasília: Embrapa-SPI, 1998.

ASSIS, J. M.; SOUZA, W.; SOBRAL, M. C. M. Climate analysis of the rainfall in the lower-middle stretch of the São Francisco river basin based on the rain anomaly index. **Revista Brasileira de Ciências**, v.2, n.1, p.188-2020, 2015.

ATAÍDE, D. H. S. **Aplicações de VANT no mapeamento do uso e cobertura do solo e na geração de modelos 3D da paisagem**. 3-4-28 f. Trabalho de Graduação (Bacharel em Engenharia Florestal) - Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2016.

AYDDA, A.; ALGOUTI, A. Assessment of sand dunes movements rate in Atlantic Sahara desert using multitemporal landsat imagery and GIS technique. *Multidimensão e Territórios de Risco*. ed. **Imprensa da Universidade de Coimbra**. 2014.

BARROS, H. S.; REIS, M. F. dos, SANTOS, M. dos; SILVA, K. de O.D. da; BRITO, V. da S. **Auxiliando o Processo Decisório na Agricultura 4.0: Revisando os Métodos Ordiniais na Seleção de Drones**. Anais do XIX SIPÓSIO DE PESQUISA OPERACIONAL E LOGÍSTICA DA MARINHA. Rio de Janeiro: Centro de Análises de Sistemas Navais, 2019.

BUFFON, E.; SAMPAIO, T.; PAZ, O. Veículo aéreo não tripulado (VANT) - aplicação na análise de inundações em áreas urbanas. **Revista de Geografia e Ordenamento do Território (GOT)**. Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território. n. 13, p. 85-108. 2018. [dx.doi.org/10.17127/got/2018.13.004](https://doi.org/10.17127/got/2018.13.004).

BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R. A. **Principles of Geographical Information Systems**. Oxford: Oxford University Press, 1998.

BÜNEMANN, E. K.; BONGIORNO, G.; BAI, Z. G.; CREAMER, R.; DEYN, G. B.; GOEDE, R. G. M.; FLESKENS, L.; GEISSEN, V.; KUIJPER, T. W.M.; MADER, P.; PULLEMAN, M. M.; SUKKEL, W.; VAN GROENIGEN, J. W.; BRUSSAARD, L. Soil quality – A critical review. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 120, p. 105–125, 2018.

BRASIL. **Glossário de proteção e defesa civil**. Ministério da Integração Nacional, Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, Departamento de Prevenção e Preparação: Brasília, 2017. Disponível em: http://interaguas.ana.gov.br/Lists/Licitacoes_Docs/Attachments/266/-%20Produto%207.2_Gloss%C3%A1rio_27.11.pdf

BRASIL. **Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA Nº 001 de 23 de janeiro de 1986**: Estabelece as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. Diário Oficial da União: Brasília, 23 de Jan. 1986. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res0186.html>.

BRASIL, Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios**. Celso Santos Carvalho, Eduardo Soares de Macedo e Agostinho Tadashi Ogura, organizadores – Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007.

CAMPBELL, H. E.; KIM, Y.; ECKERD, A. Local zoning and environmental justice: na agente-based model analysis. **Urban Affairs Review**, v. 50, n.4, p. 521-552, 2014.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. Introdução. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C. e MONTEIRO, A. M. V. (Ed.). **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2003. p.1-5.

CARRILHO, A. N.; CANDIDO, H. G.; SOUZA, A. D. Geoprocessamento Aplicado na Seleção de Áreas para Implantação de Aterro Sanitário no Município de Conceição Alagoas (MG). **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.23, n.1, 2018.

CASTRO, A. L. C. **Manual de desastres: desastres naturais**. Ministério da Integração Nacional, Brasília - DF, p.182. 2003.

CASTANHEIRA, E. G.; PECORA, V.; GRISOLI, R. P. S.; FREIRE, F.; COELHO, S. T. Environmental sustainability of biodiesel in Brasil. **Energy Policy**, v. 65, p.680-691, 2014.

CENSO DEMOGRÁFICO. Rio de Janeiro. **IBGE**, 2011. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default_territ_area_shtm. Acesso em: 16 de novembro de 2019.

CEPED-RS/UFRGS. **Capacitação em Gestão de Riscos**. 2 ed. Porto Alegre: UFRGS. 2016.

CHAPLOT, V.; DARBOUX, F.; BOURENNANE, H.; LEGUÉDOIS, S.; SILVERA, N.; PHACHOMPHON, K. Accuracy of interpolation techniques for the derivation of digital elevation models in relation to landform types and data density. **Geomorphology**, v. 77, n. 1, p. 126-141, 2006.

CHOUDHARY, K.; SINGH, M.; KUPRIYANOV, A. Spatial modelling for natural and environmental vulnerability through remote sensing and GIS in Astrakhan , Russia. **The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences**, v. 21, n. 2, p. 139–147, 2018.

COELHO, C.; SILVA, R.; TAVEIRA-PINTO, F.; Metodologia de Análise de Vulnerabilidade para Aplicação à Costa Oeste Portuguesa. In: Almeida, A. B. de; **Gestão da água: incertezas e riscos, conceptualização operacional**. Editora Esfera do Caos Editores. 1ª Edição. Lisboa. Portugal. 2011.

COUTO, O. F. V. **Geração De Um Índice De Sustentabilidade Ambiental Para Bacias Hidrográficas Em Áreas Urbanas Através Do Emprego De Técnicas Integradas De Geoprocessamento**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências Programa de Pós-Graduação em Geografia. v. 34, n. 1, p. 268–269, 2016.

COPPOLA, G. A Política Nacional de Resíduos Sólidos: Lei federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010: os aterros sanitários de rejeitos e os municípios. **Fórum de Direito Urbano e Ambiental**, Belo Horizonte, v. 10, n. 58, 2015.

CORRÊA, A. C. de B.. Antropogênese e morfogênese sob a ação de eventos climáticos de alta magnitude no Semiárido Pernambucano: o caso da Bacia do Riacho Salgado. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 12, 2011.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; HERNANDES FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: MCT/INPE, 2001.

CRUZ, J. C.; NUMMER, A. V.; ELTZ, F. L. F.; SILVA, J. L. S. da; ARAUJO, T. A. Avaliação ambiental integrada: construção metodológica de modelo para bloco do meio físico. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 18, n.1, p.223-233. 2013.

CORREA, A.C.B; TAVRES, B.A.C; MONTEIRO, K.A; CAVALCANTI, L.C.S; LIRA, D.R. Megageomorfologia e Morfoestrutura do Planalto da Borborema. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, 2010.

CORREIA, J. D. **Mapeamento de feições deposicionais quaternárias por imagens orbitais de alta resolução espacial - médio vale do rio Paraíba do Sul**. Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências - Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, p.662, 2008.

COSTA, G. J. A.; VIEIRA, C. I. de P. Geotecnologias para Análise da Vulnerabilidade Ambiental do Núcleo de Desertificação do Piauí. **Caderno Prudentino de Geografia**, v.2, n.40, p.59-76, 2018.

CUIABANO, M. N.; NEVES, S. M. A. S.; NUNES, M. C. M.; SERAFIM, M. E.; NEVES, R. J. Vulnerabilidade ambiental à erosão hídrica na sub-bacia do córrego do Guanabara/reserva do Cabaçal/MT Brasil. **Geociências**, v.36, n.1, p.138-153, 2017.

CUNHA, R. C. da.; DUPAS, F. A.; PONS, N. A. D.; TUNDISI, J. G. Análise da influência das variáveis ambientais utilizando inferência fuzzy e zoneamento das vulnerabilidades. Estudo do caso da bacia hidrográfica do Ribeirão do Feijão, São Carlos - SP. **Geociências**, São Paulo, v. 30, n. 3, p.399-414, nov. 2015.

DEGARMO, M. T. **Issues Concerning Integration of Unmanned Aerial Vehicles in Civil Airspace**. Virgínia: MITRE. 2004.

DEMEK, J.; KIRCHNER, K.; MACKOVÈIN, P. SLAVÌK, P. The map of morphostructures of the Czech Republic. **Geomorphologia Slovaca et Bohemica**. v.7, p.5-14, 2007.

DALAMAGKIDIS, K.; VALAVANIS, K.P.; PIELG, L.A. **Aviation history and unmanned flight**. In: DALAMAGKIDIS, K.; VALAVANIS, K.P.; PIELG, L.A. On integrating unmanned aircraft systems into the national airspace system. Springer, 2012.

DAS, I. C. **Spatial Statistical Modelling for Assessing Landslide Hazard and Vulnerability**. Dissertation of Master number 192. University of Twente. ITC. Netherlands. 2011.

DEPARTMENT OF DEFENSE (DOD). **Department of Defense Dictionary of Military and Associated Terms: as amended through April 2010**. Washington, 2011. Disponível em: Acesso em: 02 ago. 2020.

DIAS, V. S. B. **Análise Hierárquica Processual (AHP) na Modelagem da Vulnerabilidade Ambiental do Microcorredor Ecológico Serra das Onças (BA)**. 2012. 76 f. Dissertação (Mestrado em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2012.

DOS SANTOS, C. L.; DA SILVA, J. P. Uso de Técnicas de Geoprocessamento para Análise dos Processos Erosivos na Micro Bacia do Rio Ribeira, Santa Rita (PB): Uma Análise A partir da Ocupação do Relevo. **Revista de Geociências do Nordeste**, v.4, n.1, p.90-104, 2018.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Neossolos Litólicos**. 2019. Disponível em:<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn230xho02wx5ok0liq1mqxhk6vk7.html>. Acesso em: 18 nov. 2019.

FADILAH, M. S. B. M.; BALACHANDRAN, V.; LOH, P.; CHUA, M. 2020. **DRAT: A Drone Attack Tool for Vulnerability Assessment**. In Proceedings of the Tenth ACM Conference on Data and Application Security and Privacy (CODASPY '20). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 153–155. DOI:<https://doi.org/10.1145/3374664.3379529>.

FERREIRA, A. M. R.; ROIG, H. L.; MAROTTA, G. S.; MENEZES, P. H. B. J. **Utilização de aeronaves remotamente pilotadas para extração de mosaico georreferenciado multiespectral e modelo digital de elevação de altíssima resolução espacial**. Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR.Foz do Iguaçu: INPE, 2013.

FERREIRA, P. dos S.; GOMES, V. P.; GALVÍNCIO, J. D.; SANTOS, A. M. dos; SOUZA, W. M. de. **Revista Brasileira de Climatologia**. v.21, p.113-134, 2017.

FENSTERSEIFER, S. L. B.; SILVA, L. R. E. Análise multitemporal do Uso e Ocupação do Solo Através do Geoprocessamento. **Revista Liberato**, v.20, n.33, p.1-112, 2019.

FEYISA, G. L.; MEILBY, H.; FENSHOLT, R. Automated Water Extraction Index: A new technique for surface water mapping using Landsat imagery. **Remote Sensing of Environment**. v.140, p. 23-35. 2013.

FIGUEIRÊDO, M. C. B. de; VIEIRA, V. de P. P. B; MOTA, S.; ROSA, M. de F.; MIRANDA, S. **Análise da Vulnerabilidade Ambiental**. p.47. Fortaleza: Embrapa, 2010.

FLAUZINO, F. S.; SILVA, M. K. A.; NISHIYAMA, L.; ROSA, R. Geotecnologias aplicadas à gestão dos recursos naturais da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba no Cerrado Mineiro. **Revista Sociedade & Natureza**, n. 22, p. 75-91. abr. 2010.

FLORENZANO, T.G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficinas de Textos, 2002.

FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo. Oficina de Textos. 2011.

FRANÇA, A. C. de; SILVA, C. E. B. da; MATSUBARA, H.; ZANIN, R. A.; MESSIAS, F. F. **(VANT's Veículos Aéreos Não Tripulados em Projetos**

Ambientais: Aplicações e Técnicas na Perspectiva do Planejamento Local. III Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação. Naviraí, 2019.

GOMES, J. C. **Fotointerpretação I.** Guaratinguetá: Centro de Instrução e Adaptação da Aeronáutica, 2001.

GOVINT. Fórum para Governança Integrada. Workshop II – **Territórios vulneráveis.** 2014. Disponível em: <http://www.forumgovernacaointegrada.pt/index.php/conferencia/88-problemas-sociais-complexos/workshops/132-ws-ii-territorios-vulneraveis>. Acesso em: 12 de abril de 2019.

GRECO, M. G. **Análisis socioambiental de espacios vulnerables sometidos a desastres, algunos estudios de caso em el norte de la republica Argentina.** In: XV ENCUESTRO DE GEÓGRAFOS DE AMÉRICA LATINA. Anais. Havana, Cuba. P. 183-195. 2015.

GUERRA, A. J. T.; BOTELHO, R. G. M. Características e propriedades dos solos relevantes para os estudos pedológicos e análise dos processos erosivos. **Anuário do Instituto de Geociências**, v.19, 1996.

GUERRA, A. J. T. **Novo Dicionário geológico-geomorfológico.** 5. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

GUERRA, A. J.; ARAÚJO, G. H.; ALMEIDA, J. R. **Gestão ambiental de áreas degradadas.** Rio de Janeiro-RJ: Bertrand Brasil. 2010.

GUIDICINI, G. E NIEBLE, C. M. **Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação.** São Paulo: 2ª ed. Edgard Blücher. 1984.

HAUGHTON, G. **Environmental planning.** In: The International Encyclopedia of Geography. Orgs. D. Richardson, N. Castree, M. F. Goodchild, A. Kobayashi, W. Liu, e R. A. Marston. John Wiley & Sons, Chichester, Inglaterra, p. 1-7. 2017.

HUNG, M.N.W.B.; SAMPAIO, T.V.M.; SCHULTZ, G.B.; SIE FERT, C.A.C.; LANGE, D.R.; MARANGON, F.H.S.; SANTOS, I. Levantamento Com Veículo Aéreo Não Tripulado Para Geração De Modelo Digital Do Terreno Em Bacia Experimental Com Vegetação Florestal Esparça. **Revista Ra'eGa**, v. 43, p.219-231. 2018.

IBGE. Instituto de Geografia e Estatística. **Manual técnico de pedologia.** Manuais técnicos de Geociências. Número 4. 2ª Edição. Rio de Janeiro-RJ. 2007.

IBGE. Instituto de Geografia e Estática. **Síntese de Indicadores Sociais: Uma análise das condições de vida da população brasileira 2012.** Rio de Janeiro-RJ. 2012.

JAKOB, A. A. A Krigagem como método de análise de dados demográficos. In: XIII ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS POPULACIONAIS. **Anais....** Ouro Preto, 2002.

KAMPEL, M., FREITAS, L.B. Caracterização espaço-temporal de campos superficiais estimados por satélite na Bacia de Campos. In: Falcão, A.P.F., Moreira, D.L., editores.

Ambiente pelágico: caracterização ambiental regional da Bacia de Campos, Atlântico Sudoeste. Rio de Janeiro: **Elsevier. Habitats**, v. 5. p. 43-68. 2017.

KEANE, J.F.; CARR, S.S. **A brief history of early unmanned aircraft. Johns Hopkins APL Technical Digest**, v. 32, 2013. Disponível em: Acesso em: 12 ago. 2020.

KOBIYAMA, M. et al. **Prevenção de Desastres Naturais: conceitos básicos**. Curitiba: Organic Trading, 2006.

KURKUTE, S. R.; DEORE, B. D.; KASAR, P.; BHAMARE, M.; SAHANE, M. Drones for smart agriculture: A technical report. **Internacional Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)**. v.6, p. 341-346. 2018.

LEOPOLDINO OLIVEIRA, K.M., BEDLE, H., CASTELO BRANCO, R.M.G., de SOUZA, A.C.B., NEPOMUCENO FILHO, F., NOMANDO, M N., de ALMEIDA, N.M., da SILVA BARBOSA, T.H., Seismic stratigraphic patterns and characterization of deepwater reservoirs of the Mundaú sub-basin, Brazilian Equatorial Margin, **Marine and Petroleum Geology**.2020. doi: <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2020.104310>.

LI, X.; CHEN, Z.; ZHANG, L.; JIA, D. Construction and Accuracy Test of a 3D Modelo f Non-Metric Camera Images Using Agisoft Photoscan. **Procedia Environmental Sciences**. v.36, p.184-190. 2016.

LINS, F. A. C.; ARAÚJO, D. C. dos S.; SILVA, J. L. B. da; LOPES, P. M. O.; OLIVEIRA, J. D. A.; SILVA, A. T. C. S. G. da biophysical parameters estimate and actual evapotranspiration in the semiarid region of the state of pernambuco, Brazil, using remote sensing. **IRRIGA & INOVAGRI**, p. 64-75. Edição Especial. 2017.

LINHARES, M. M. A. **Uso de veículo aéreo não tripulado na determinação de índice de vegetação em área de pastagem em Nova Mutum-MT**. 2016. 121 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Instituto de Estudos Socioambientais, Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2016.

LOCH, C. H.; TERWIESCH, C. Accelerating the Process of Engineering Change Orders: Capacity and Congestion Effects. **Journal Of Product Innovation Management**. v. 16, n. 2, p.145-159, 1999. <http://dx.doi.org/10.1111/1540-5885.1620145>.

LOPES, E. R. N.; LOURENÇO, R. W. REUSSSTRENZEL, G. M. Análise multicriterial aplicada a elaboração de zoneamento de unidade de conservação na zona costeira da Bahia, Brasil. **RA'EGA - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 37, p. 65-90, 2016.

MAKAYA, N.; DUBE, T.; SEUTLOALI, K.; SHOKO, C.; MUTANGA, O.; MASOCHA, M. Geospatial assessment of soil erosion vulnerability in the upper uMgeni catchment in KwaZulu Natal, South Africa. **Physics And Chemistry Of The Earth, Parts A/b/c**. p.0-1, fev. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pce.2019.02.012>.

MARINHO, R. R.; FILIZOLA JUNIOR, N. P.; CARDENAS, E. N. A. **Variabilidade hidrológica no arquipélago de Anavilhanas observada por sensoriamento remoto orbital**. Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto -SBSR. Santos: INPE, 2017.

MAVIC 2. **DJI**, 2020. Disponível em: <https://www.dji.com/br/mavic-2>. Acesso em: 14 out. 2020.

MEDEIROS, F. A. **Desenvolvimento de um Veículo Aéreo Não Tripulado para Aplicação em Agricultura de Precisão**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 148 p., 2007.

MEHRA, M.; SINGH, C. K. Spatial analysis of soil resources in the Mewar district in the semiarid regions of Haryana, India. **Environmental Dev Sustain**. v.20, n.2, p.661-680, 2018.

MIRHOSSEINI, M.; FARSHCHI, P.; NOROOZI, A. A.; SHARIAT, M.; AALESHEIKH, A. A. Changing land use a threat to surface water quality: a vulnerability assessment approach in Zanzanroud Watershed, Central Iran 1. **Water Resources**, v. 45, n.2, p.268-279, 2018.

MENGATTO JUNIOR, E. A.; SILVA, J. dos S. V. da; OLIVEIRA, R. C. de. **Geotecnologias no planejamento e ordenamento territorial**. Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. Santos, p. 4835-4842. 2017.

MORAIN, S. A. A Brief History of Remote Sensing Applications, with Emphasis on Landsat. in: People and Pixels: Linking Remote Sensing and Social Science. **Nacional Academy Press**, Washington, D.C. pp 70-93. 1998.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 2ed. Viçosa: UFV, 2003.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2001.

NAKATI, R de M.; MARTINS, I. P.; DARZI, L. B. G.; ECINA, C. C. C.; PARANHOS FILHO, A. C. Geoprocessamento como Ferramenta de Análise de Possíveis grandes geradores de resíduos sólidos. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v.41, n.3, p.64-70, 2018

NOGUEIRA, S. H. M.; PARENTE, L. L.; FERREIRA, L. G. **Temporal visual inspection: uma ferramenta destinada à inspeção visual de pontos em séries históricas de imagens de sensoriamento remoto**. Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia e XXVI Expositiva. Rio de Janeiro, p.624-628, 2017.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Blucher, 2010.

OECD. Organization for Economic Cooperation and Development. **Core set of indicators for environmental performance reviews**. Paris: OECD, 1993.

<http://lead.virtualcentre.org/pt/dec/toolbox/refer/gd93179.pdf>. Acesso em 28 de abril de 2019.

OLIVEIRA, C. P. **Análise dos modelos para cálculo de níveis de segurança relacionados à operação de Veículos Aéreos não Tripulado**. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

OLIVEIRA, E. M.; SANTOS, M. J. Dos; ARAÚJO, L. E. De; BARBOSA, M. P. Desertificação in: Lira, W. S. (Org.). **Sustentabilidade: um enfoque sistêmico**, 1ª edição. EDUEP. Campina Grande – PB. pp. 23-25. 2007.

OMS. Organização Mundial da Saúde. **Health in sustainable development planning: the role of indicators**. Yasmin von Schirnding. Geneva. 2002.

ONU. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD. **Sustentar o progresso humano: reduzir as vulnerabilidades e reforçar a resiliência**. Relatório de Desenvolvimento Humano. eISBN 978-92-1-056669-8. New York, USA. 2014.

PAPAGEORGIU, M.; GEMENNETZI, G. **Spatial environmental planning in Athens and Thessaloniki**. In: 15th International Conference on Environmental Science and Technology, Rhodes, Grécia. p.1-5. 2017.

PEREIRA, R. A.; DANTAS NETO, J. Efeito das atividades agropastoris sobre os atributos físico-químicos de três classes de solos de uma bacia hidrográfica no semiárido brasileiro. **Boletim Goiano de Geografia**. v. 34, n. 1, p. 169–188, 2014.

PIRES, A. L.; **Análise da vulnerabilidade ambiental de bacias hidrográficas do litoral sul paraibano. Dissertação de mestrado**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental – UFPB. João Pessoa – PB. 2015.

PHOTOSCAN. **Agisoft PhotoScan User Manual Professional Edition, Version 1.0**. Agisoft. 2014. Disponível em: http://www.agisoft.ru/pdf/photoscan_pro_1_0_en.pdf

PURI V.; NAYYAR A.; RAJA L. Agriculture drones: A modern breakthrough in precision agriculture. **Journal of Statistics and Management Systems**. v. 20, n.4, p507-518. 2017. DOI: 10.1080/09720510.2017.1395171

PNUD. **Atlas do desenvolvimento humano**. Brasília:PNUD, IPEA, FJP, 2013. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/download/>. Acesso em:28 dez 2019.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: Ambiente e Planejamento**. 7ª ed. São Paulo: Editora Contexto, 2003.

SAITO, S. M. **Desastres naturais e geotecnologias: vulnerabilidade**. INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Caderno Didático nº 6. São José dos Campos 2011. Disponível em: http://www.inpe.br/crs/crectalc/pdf/silvia_saito.pdf. Acesso em: 12 abr 2019.

SCHARSICH, V.; MTATA, K.; HAUHS, M.; LANGE, H.; BOGNER, C. Analysing land cover and land use change in the Matobo National Park and surroundings in Zimbabwe. **Remote Sensing of Environmental**. v. 194. P.278-286, 2017.

SCHUSSEL, Z; NASCIMENTO NETO, P. Gestão por bacias hidrográficas: do debate teórico à gestão municipal. **Ambiente & Sociedade**. v. 18, n. 3, p.137-152, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422asoc838v1832015>.

SANTOS, E. J. **O complexo granítico Lagoa das Pedras: acreção e colisão na região de Floresta (Pernambuco) Província Borborema**. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. São Paulo, p.219. 1995.

SANTA CATARINA, Defesa Civil. **Gestão de Desastres**. Santa Catarina: Defesa Civil, 2013.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, p.184, 2004.

SANTOS, A. R. D. **ArcGis 9.1 Total**. Vitória-ES: Fundagres, p.226, 2007.

SANTOS, P. T.; MARTINS, A. P. Análise Da Vulnerabilidade Ambiental Da Bacia Hidrográfica Do Rio Claro (GO) Utilizando Geotecnologias. **Revista do Departamento de Geografia**, v.36, p.155-170, 2018.

SILVA, A. D. B. **Sistema de Informações Geo-referenciadas: conceitos e fundamentos**. Campinas: UNICAMP, 2003.

SILVA, H. da. **Utilização de drone em mapeamentos florestais para classificação do uso e ocupação do solo**. Pós-graduação MBA em gestão florestal (EAD). Universidade Federal do Paraná. Curitiba – PR. 2018.

SILVA, C. A. de; DUARTE, C. R.; SOUTO, M. V. S.; SABADIA, J. A. B. **Utilização de VANT para a geração de ortomosaicos e aplicação do Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC)**. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, João Pessoa-PB: INPE, 2015.

SILVA, X.S.; ZAIDAN, R.T. **Geoprocessamento e análise ambiental – aplicações**. 2.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

SILVA, M. V. S. da.; SILVA, B. C. S. da.; LIMA, I. F. Análise Da Vulnerabilidade Ambiental No Municípios De São João Da Ponta, Pará: O Uso Do Geoprocessamento Na Gestão De Unidades De Conservação. **Revista Cerrados**, v.18, n.1, p.159-188, 2020.

SILVA, W.; BEZERRA, J.; RÊGO, A. Identificação De Potenciais Fontes De Poluição Da Micro bacia Hidrográfica Do Rio Do Encanto/RN. **Geoambiente On-line**, n.8, p.38-61, 2020.

SPARAVINGA, A. C. A.Study of moving sand dunes by means of satellite images. **International Journal of Sciences**. v.2, p.32-42. 2013.

STORANI, D. L.; PEREZ FILHO, A. Novas Informações Sobre Geocronologia na Planície de Inundação do Rio Mogi Guaçu, SP, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 16, p. 191-199, 2015.

TEIXEIRA, M. R. **A Utilização Do Geoprocessamento Na Análise Ambiental E Sua Importância Na Tomada De Decisões: Um Estudo Sobre O Uso Do Geoprocessamento Em Pesquisas Sobre Ocupação Desordenada Do Solo**. 2015. 41 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Centro Universitário de Brasília - UniCEUB, Brasília, 2015.

TEMBA P. **Fundamentos de fotogrametria**. Belo Horizonte: UFMG; 2000.

Disponível em:

<http://www.csr.ufmg.br/geoprocessamento/publicacoes/fotogrametria.pdf>.

THEMISTOCLEOUS, K.; AGAPIOU, A.; PAPADAVID, G.; CHISTOFOROU, M.; HADJIMITSIS, D.G. **The use of UAV to document sloping landscapes to produce Digital Elevation Models to examine environmental degradation**. Proc. of SPIE Vol. 9644, 96440N. doi: 10.1117/12.2195623. 2015.

TOBLER, W. R. Cellular geography. In: GALE, S.; OLSSON G. (Ed.). **Philosophy in geography**. Dordrecht: D. Reidel Pub. Co., p.379-386. 1979.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. do (orgs.). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009.

TOMLINSON, R. F. The impact of the transition from analogue to digital cartographic representation. **American Cartographer**, v.15, p.249-262, 1988.

VAN BELLEN, H. M. **Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa**. Rio de Janeiro: Editora FGV. p. 253. 2005.

VERÇOSA, J. P. dos.; TAVARES, A. C. F. Avaliação e Projeção de Impacto Ambiental do Bioma Mata Atlântica com Auxílio de Imagens Aéreas, Visualização 3D e Geoprocessamento. **Revista Craibeiras de Agroecologia**, v.3, n.1, 2018.

VIEGAS, S.; ALMEIDA, R. M.; SOUZA, F. DE S. E. A Identificação Das Áreas De Preservação Permanente No Município De Santarém, Estado Do Pará, Brasil, A Partir De Técnicas De Geoprocessamento. **REVISTA GEONORTE**, v. 9, n. 33, p. 153-169, 2018.

WOLLE, C. M. **Análise dos escorregamentos translacionais numa região da Serra do Mar no contexto de uma classificação de mecanismos de instabilização de encostas**. 394f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da USP, São Paulo. 1988.

WONG, D. Aggregation effects in georeferencial data. In: ARLINGHAUS, S. L. **Practical handbook of Spatial Statistics**. CRC Press, 1995.

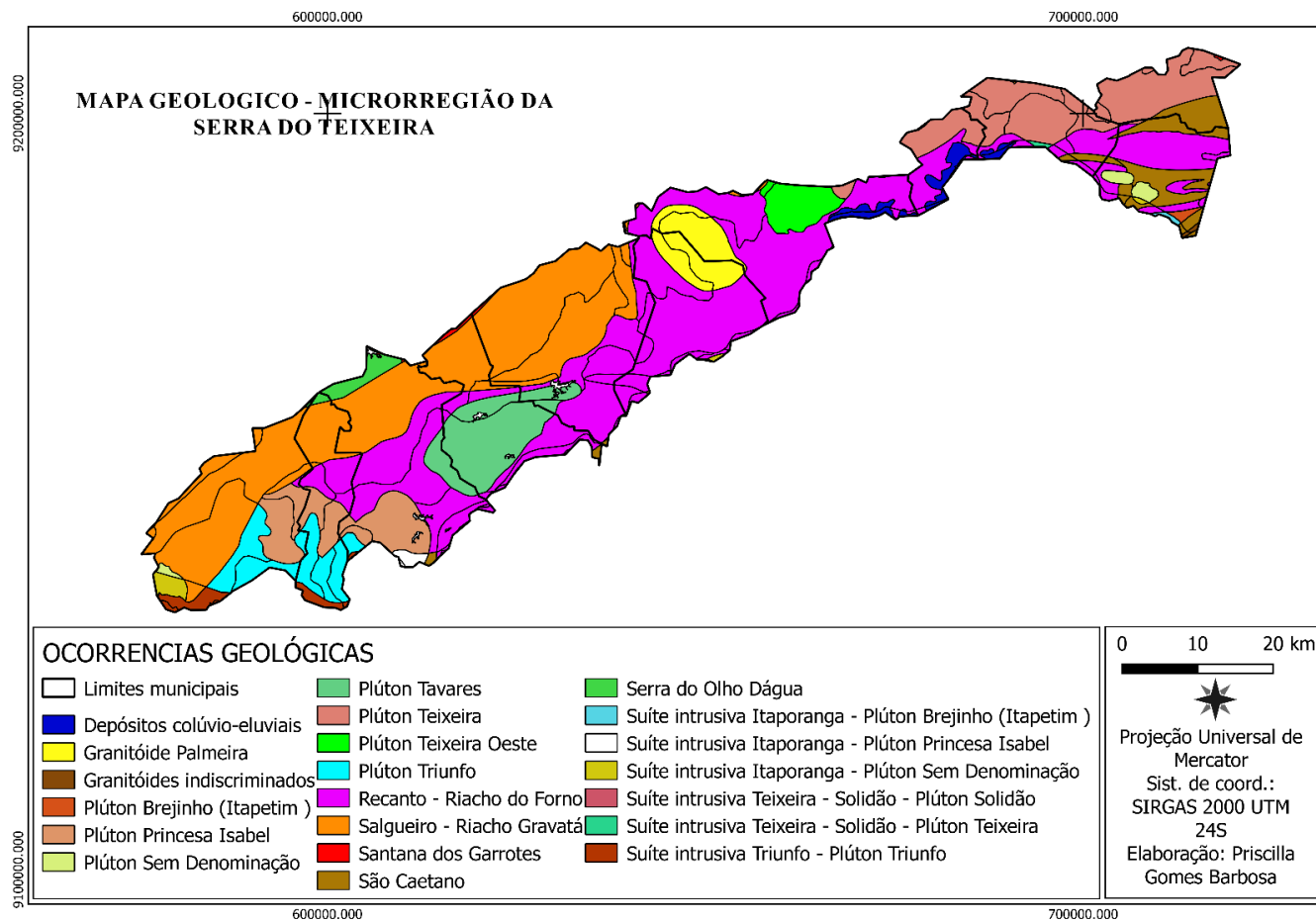
ZAIDAN, R. T. GEOPROCESSAMENTO CONCEITOS E DEFINIÇÕES. **Revista de Geografia**, Juiz de Fora, v. 7, n. 2, p.195-201, ago. 2017.

ZHAO, J.; JI, G.; TIAN, Y.; CHEN, Y.; WANG, Z. Environmental vulnerability assessment for mainland China based on entropy method. **Ecological Indicators**, v. 91, p. 410–422, 2018.

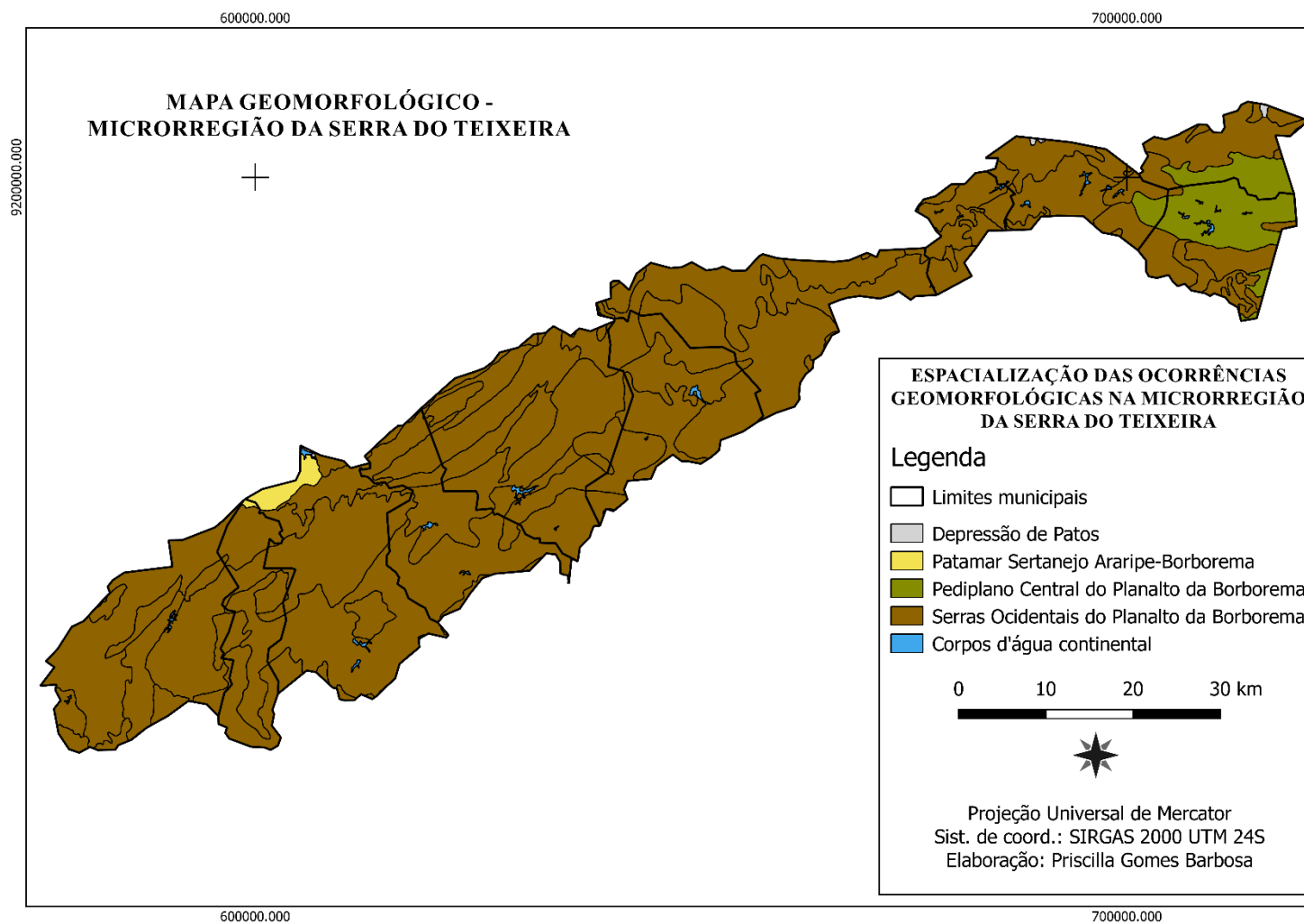
ZHAO, H. Y.; LEE, J. The feasibility of consumer RGB camera drones in evaluating multitemporal vegetation status of a selected area: A technical note. **Papers in Applied Geography**, v.2375, n.494. 2020. DOI: 10.1080/23754931.2020.1782974

ANEXOS

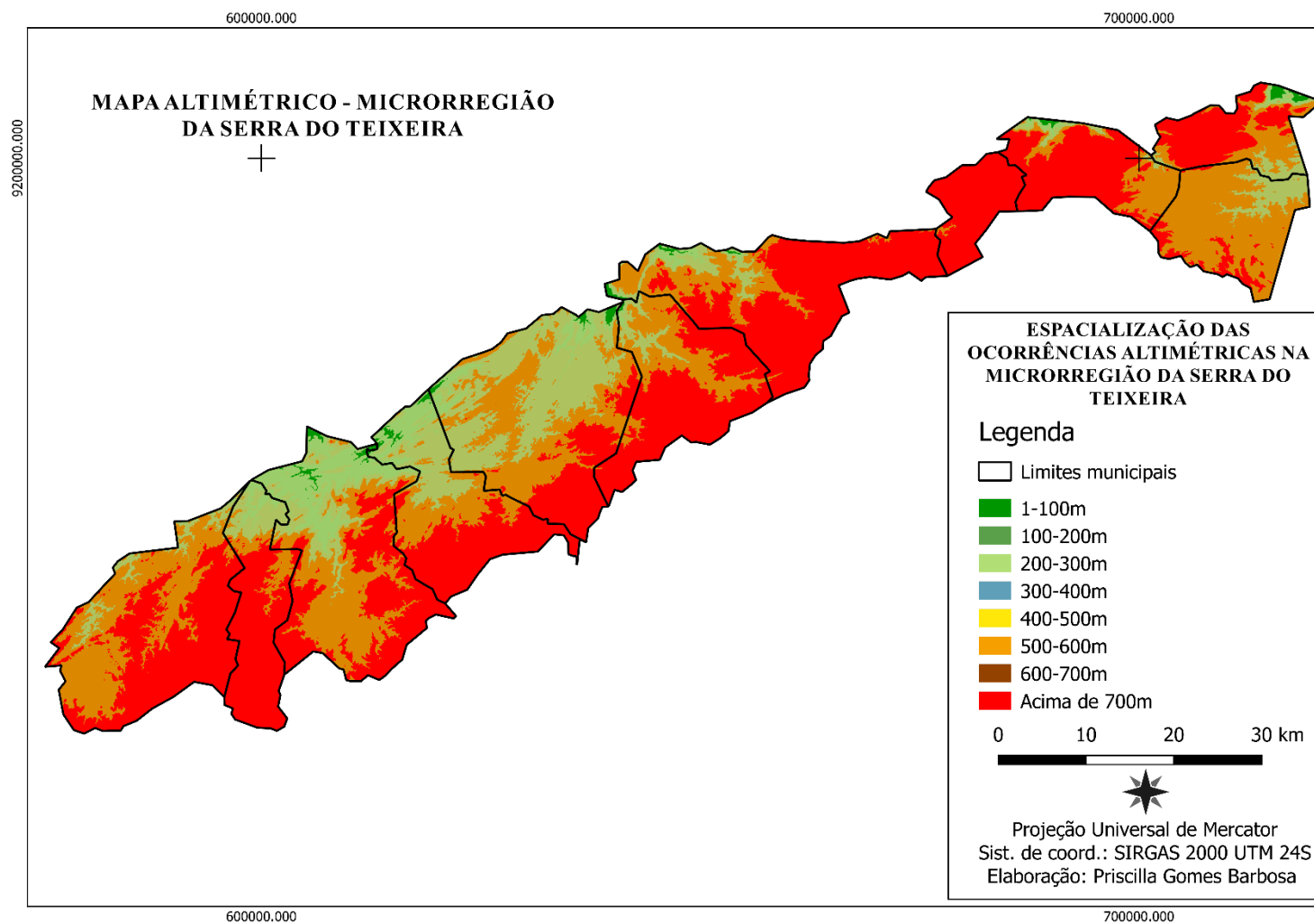
Anexo I- Mapa da composição geológica da microrregião da Serra do Teixeira



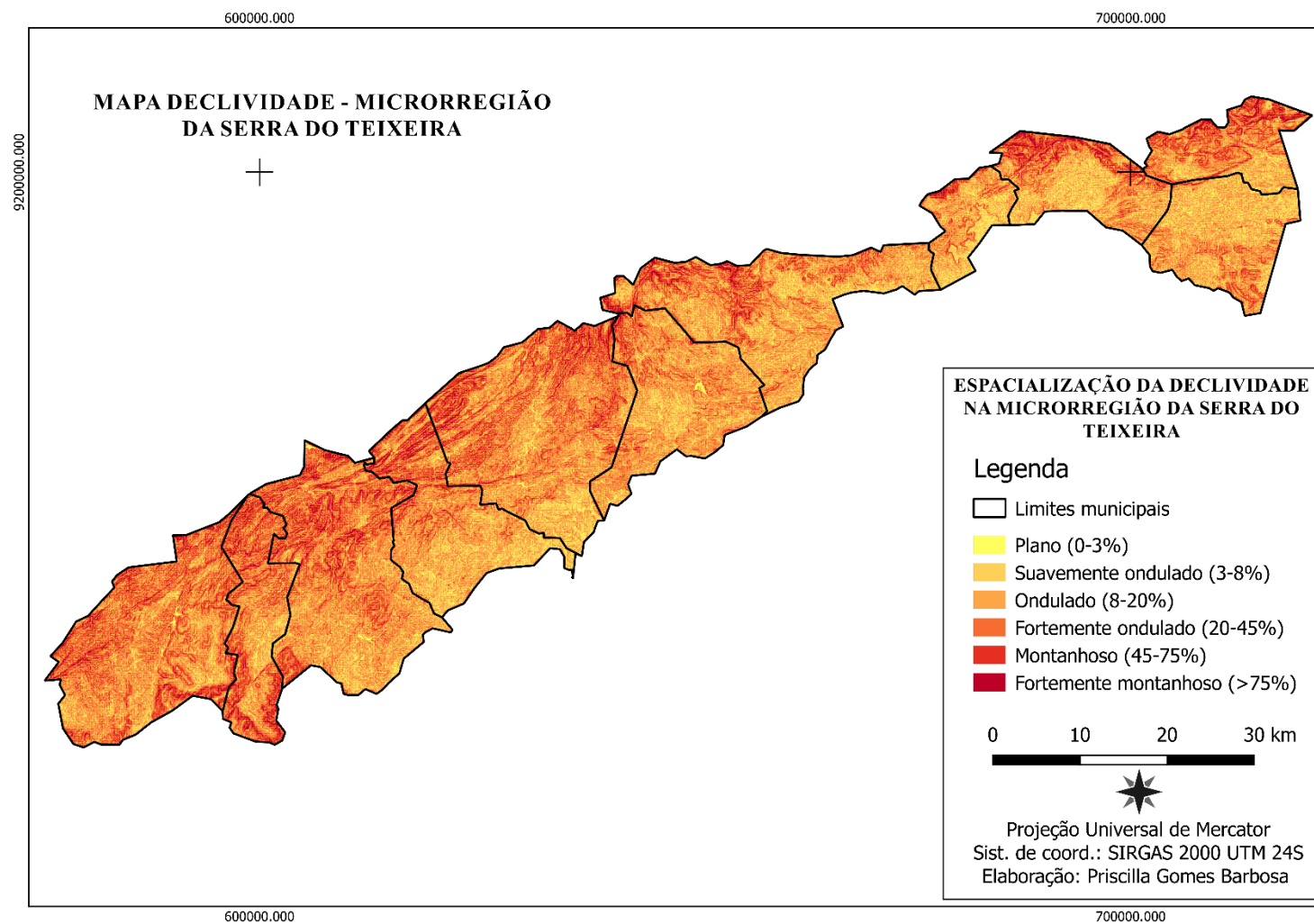
Anexo II– Mapa da composição Geomorfológica da microrregião da Serra do Teixeira



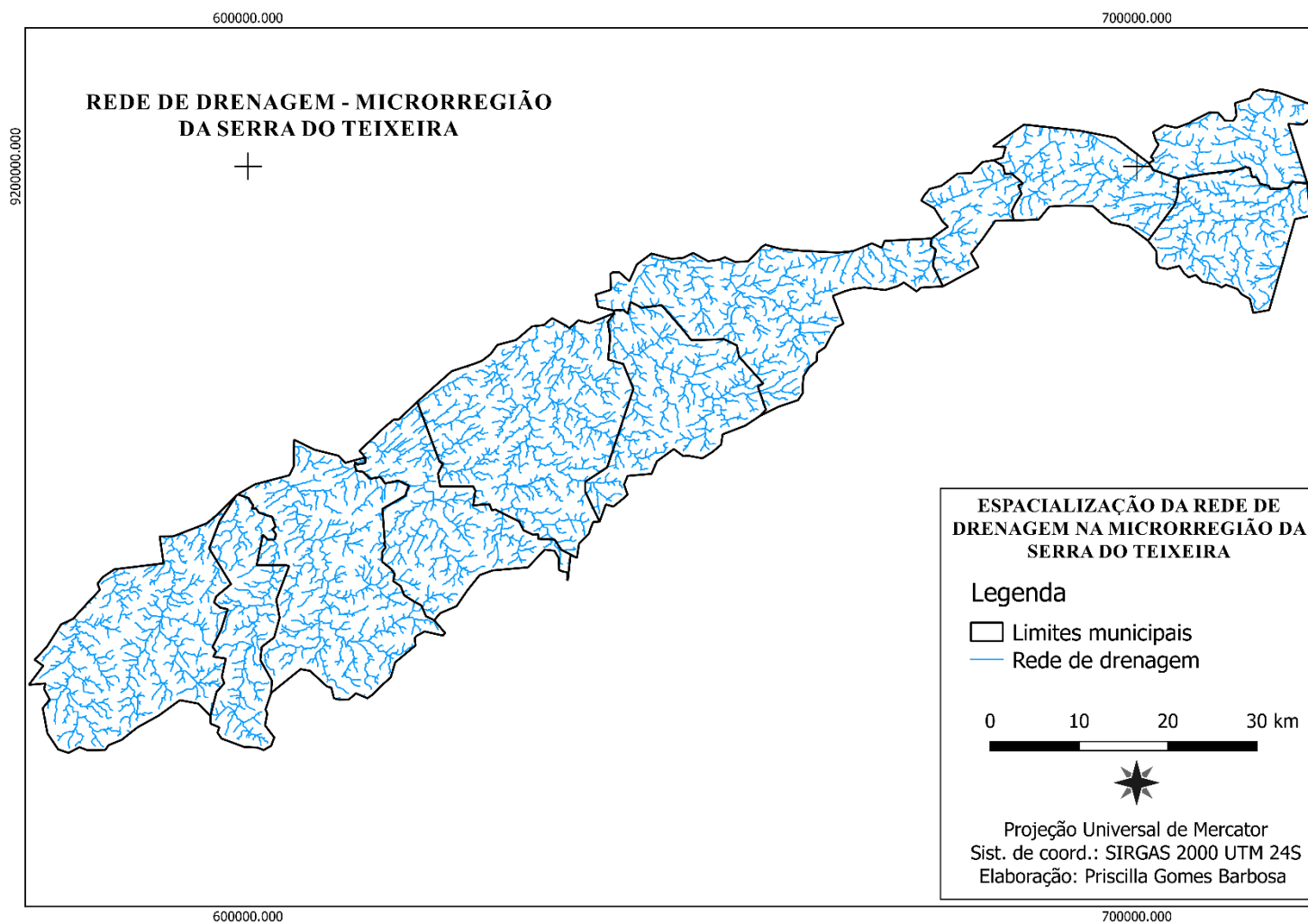
Anexo III- Mapa da composição Altimétrica da microrregião da Serra do Teixeira



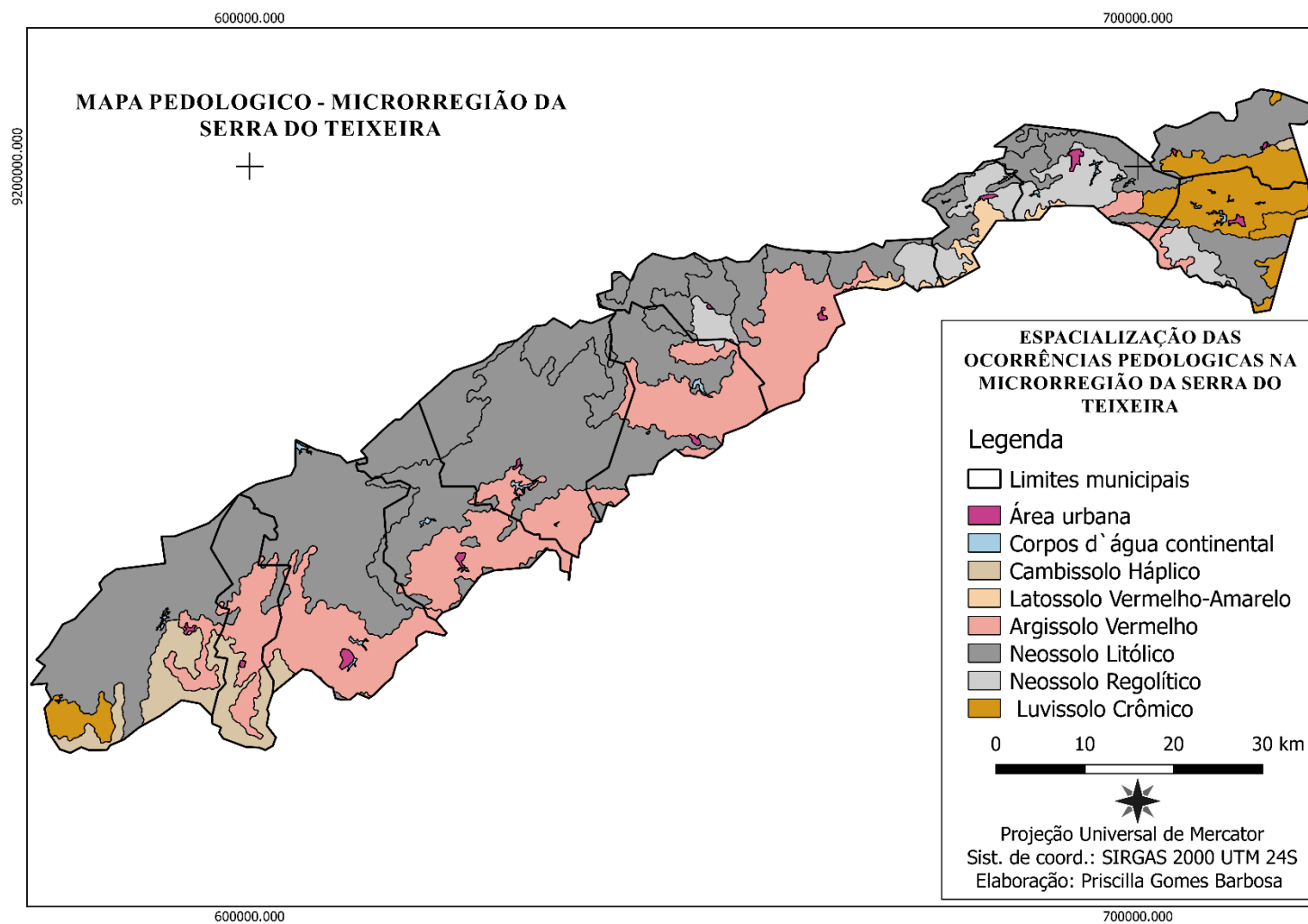
Anexo IV- Mapa da declividade da microrregião da Serra do Teixeira



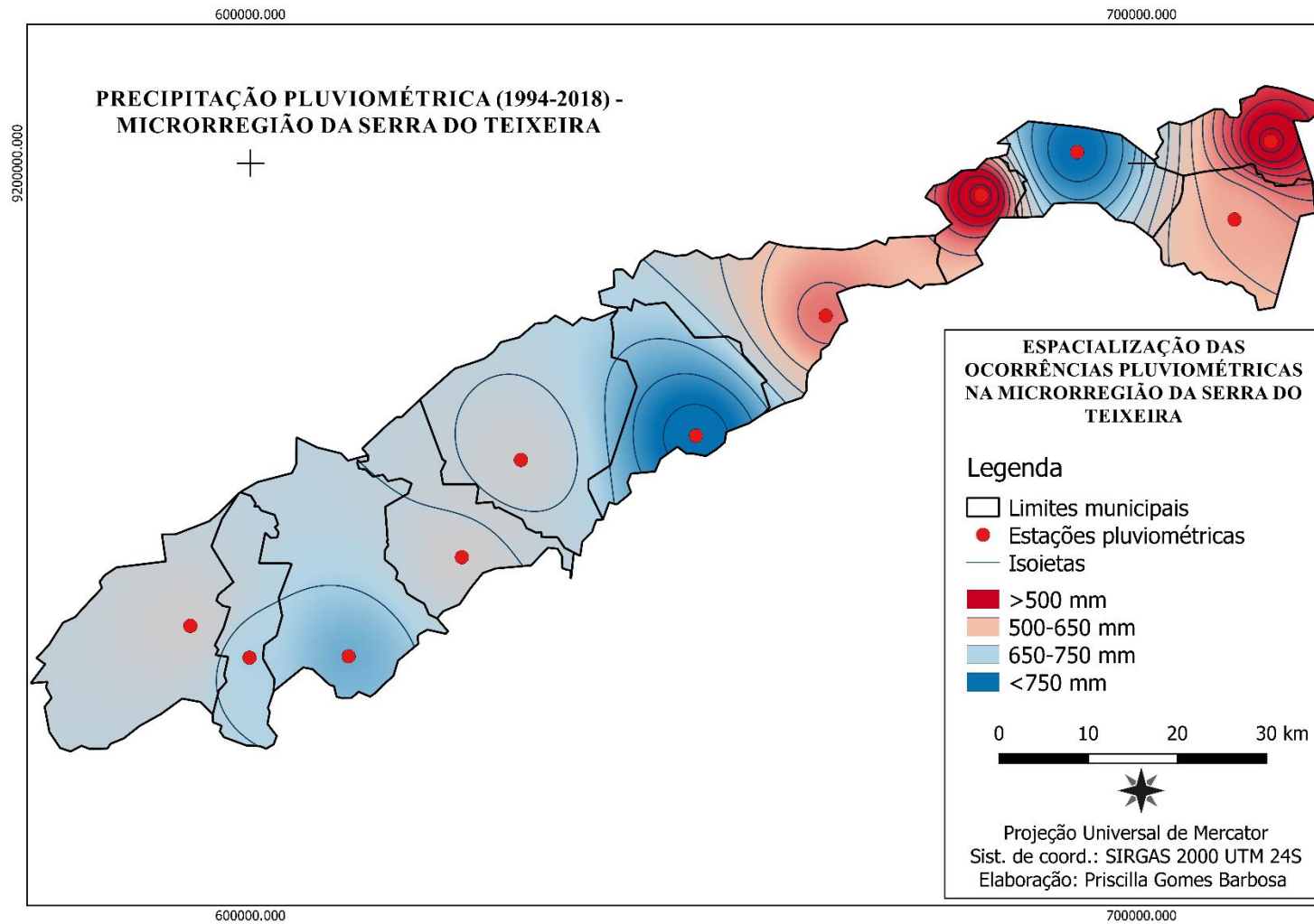
Anexo V- Mapa da rede de drenagem da microrregião da Serra do Teixeira



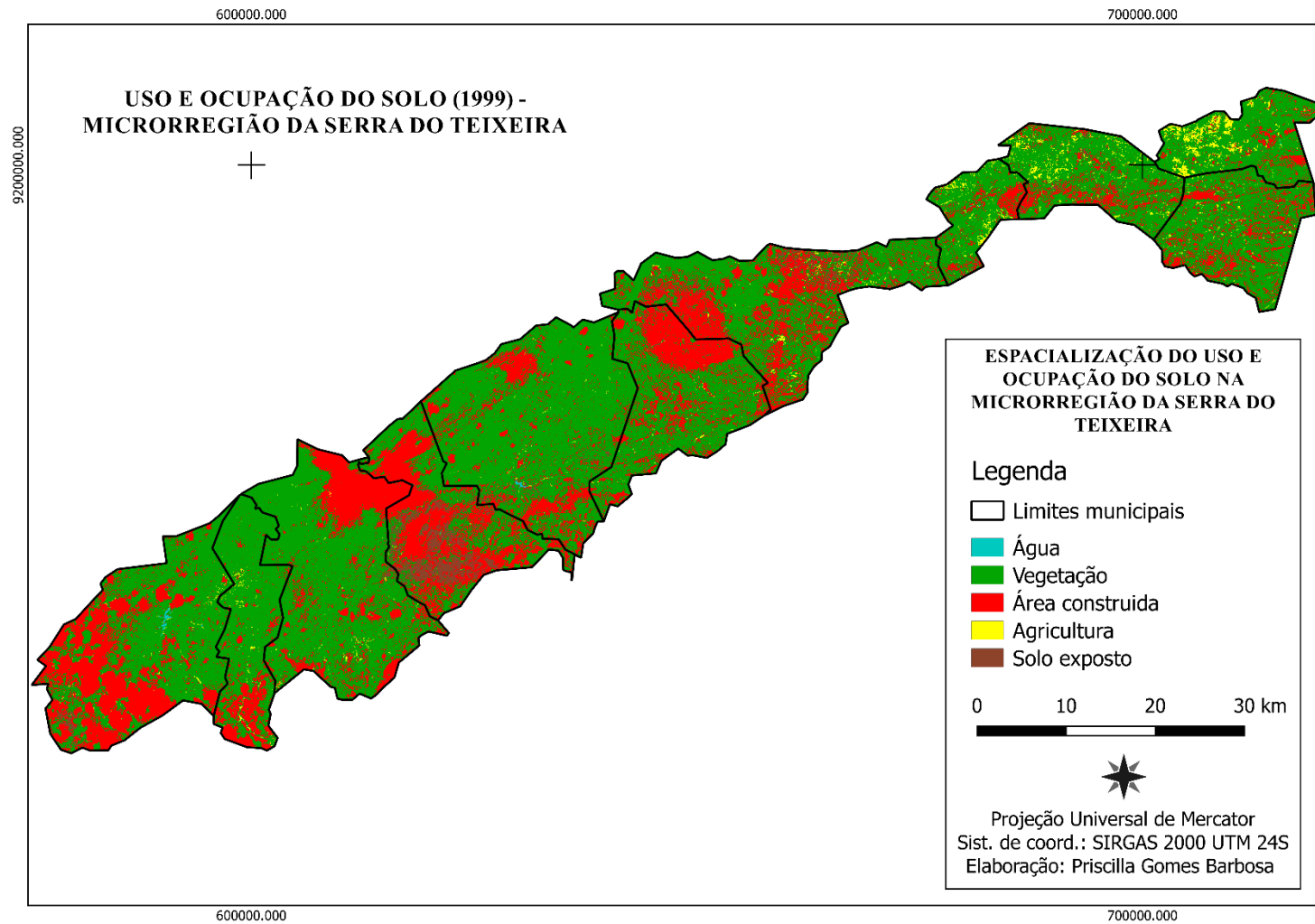
Anexo VI- Mapa da composição pedológica da microrregião da Serra do Teixeira



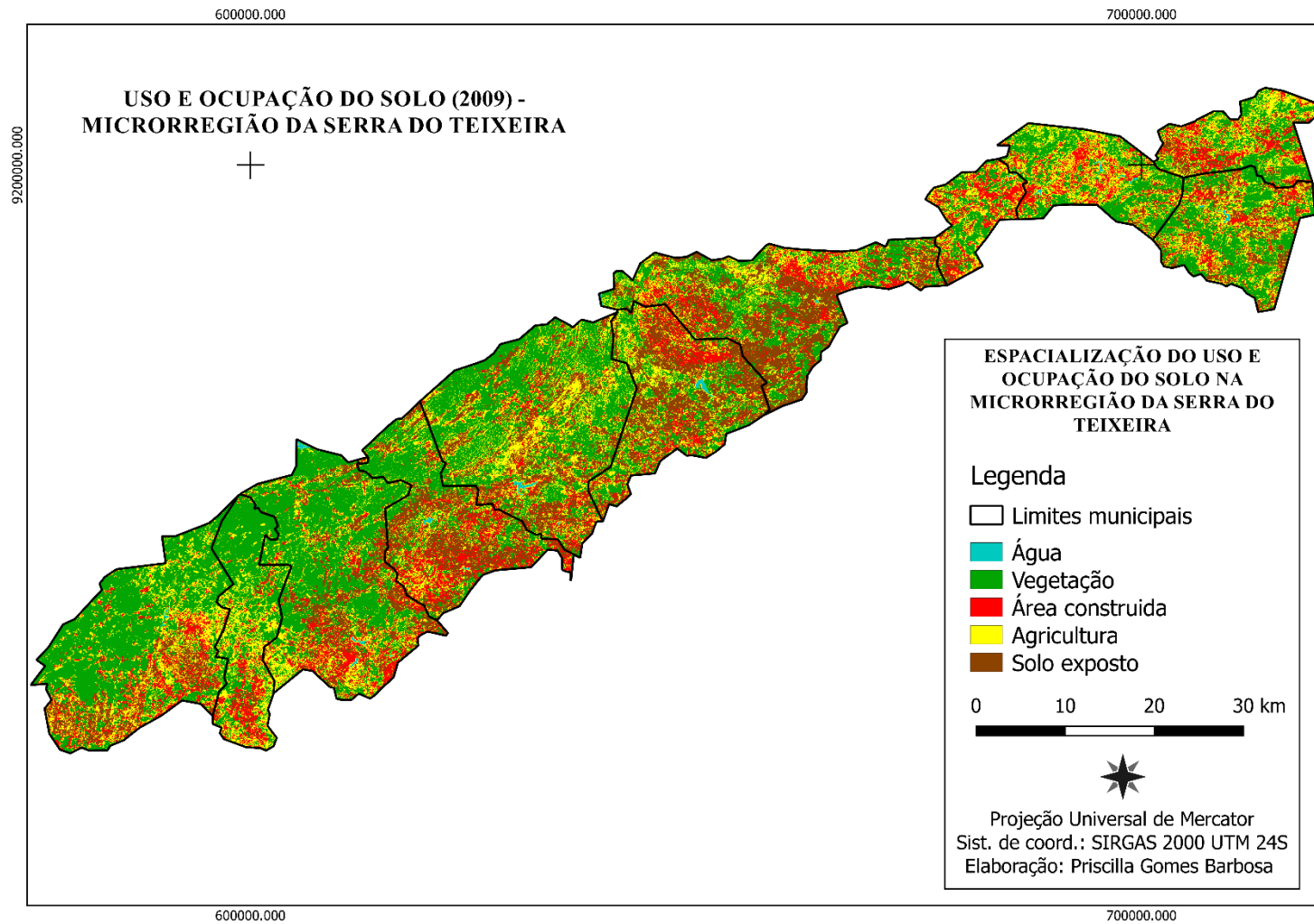
Anexo VII- Mapa da composição pluviométrica da microrregião da Serra do Teixeira



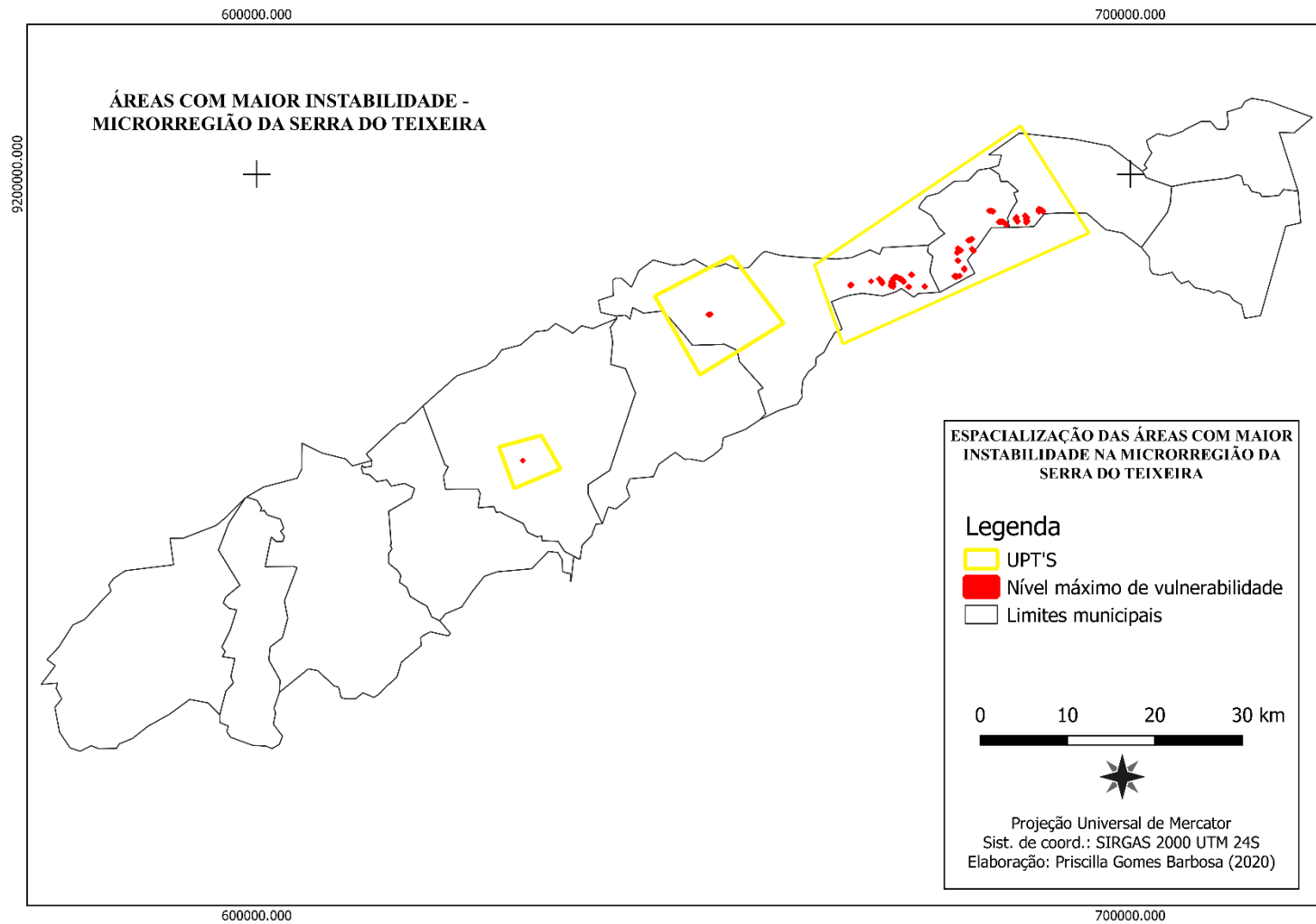
Anexo VIII- Mapa do uso e ocupação do solo em 1999 da microrregião da Serra do Teixeira



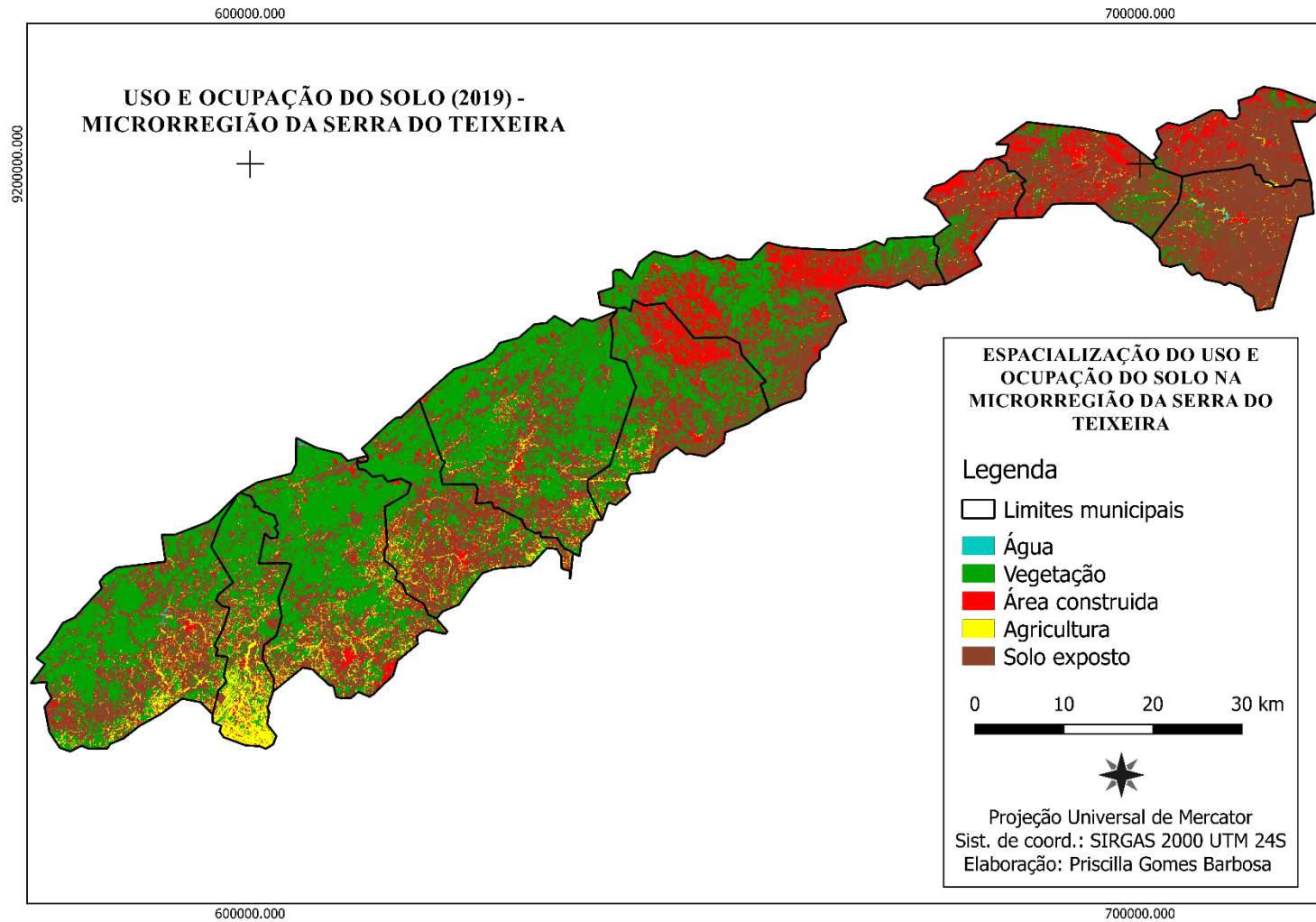
Anexo IX- Mapa de uso e ocupação do solo em 2009 da microrregião da Serra do Teixeira



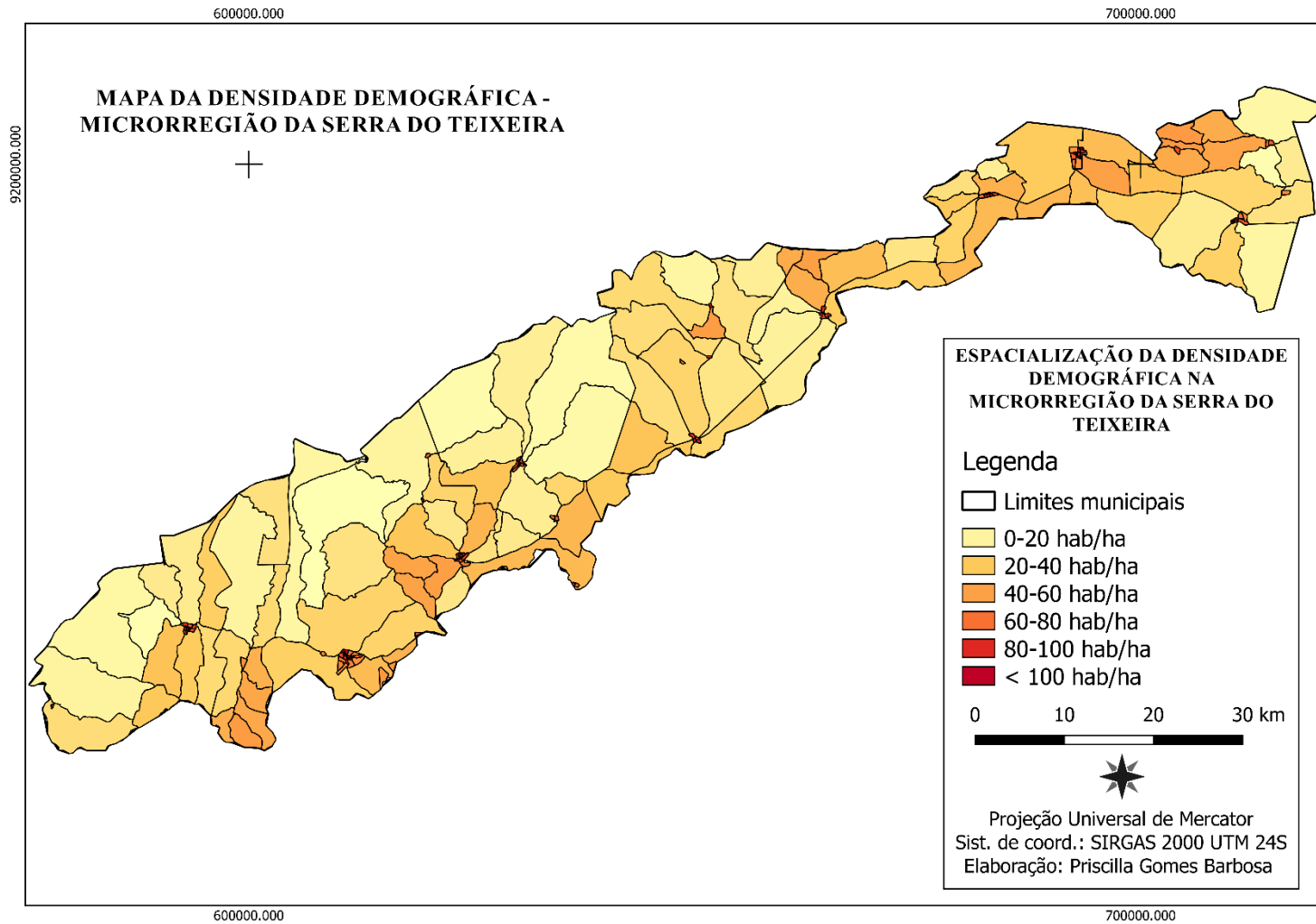
Anexo X- Áreas mais vulneráveis da microrregião da Serra do Teixeira



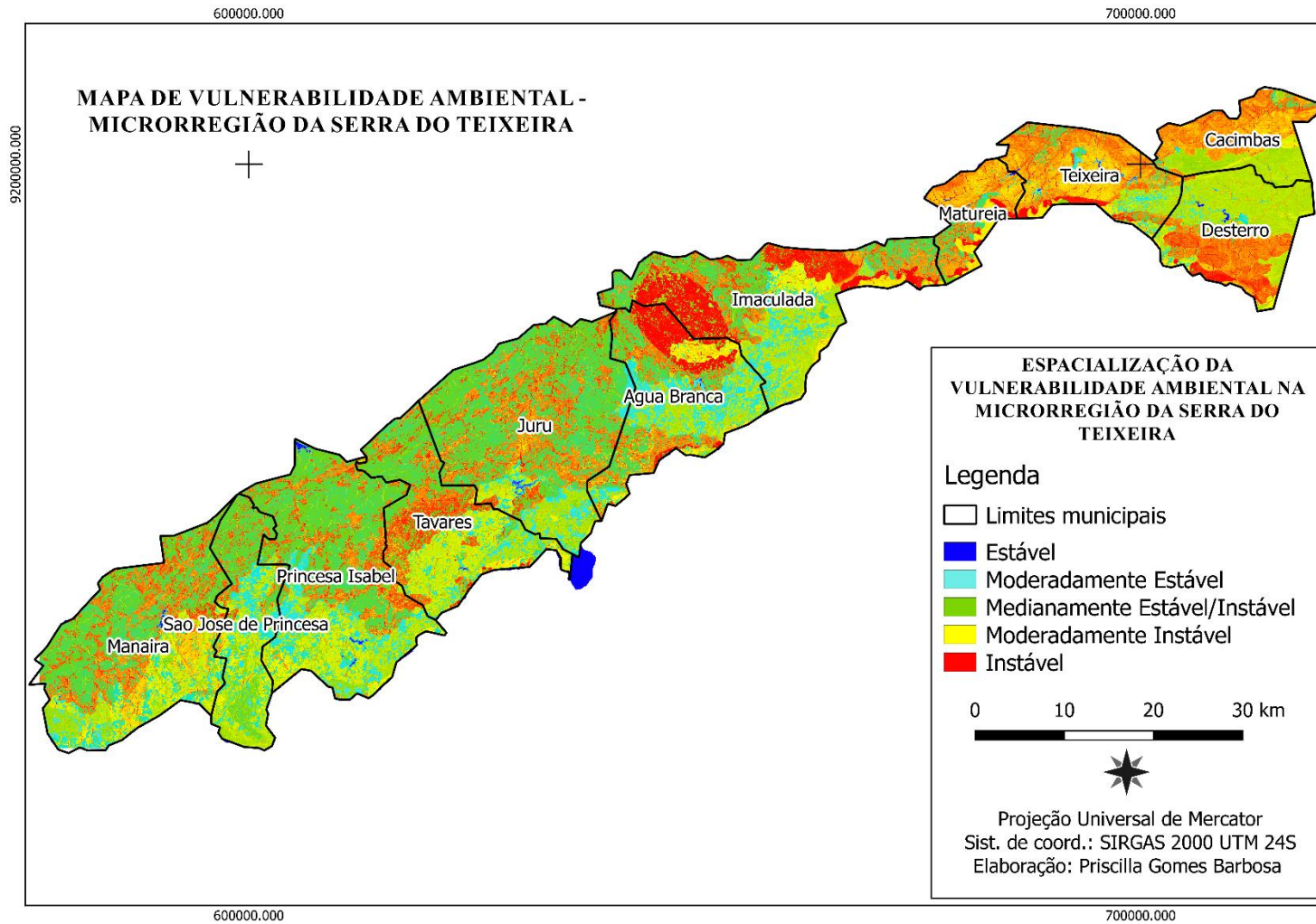
Anexo XI- Mapa de uso e ocupação do solo em 2019 na microrregião da Serra do Teixeira



Anexo XII- Mapa da densidade demográfica da microrregião da Serra do Teixeira



Anexo XIII- Mapa da vulnerabilidade ambiental na microrregião da Serra do Teixeira



ANEXO XIV- Plano de voo UPT 1

The screenshot displays a drone flight planning application interface. At the top, a dark navigation bar contains a menu icon, the identifier 'P1', and four main action buttons: 'FLY', 'UPLOAD', 'EXPLORE', and 'REPORT'. On the right side of this bar are 'Share' and 'Settings' icons.

The left sidebar contains a 'Map Plan' section with a plus icon. Below it, a summary row shows flight statistics: 11:19 (Minutes), 2 (Hectares), 125 (Images), and 1 (Battery). Further down, the 'Flight Altitude' is set to 50m with a resolution of 1.1 cm / px. There are also toggle switches for 'Enhanced 3D' and 'Live Map', and an 'Advanced' section with a right-pointing arrow.

The main area is a satellite map showing a flight path. The path is a grid of green lines connecting green circular waypoints. A 'START' label is placed at the beginning of the path. A compass icon is visible above the path. On the right side of the map, there are zoom in (+) and zoom out (-) buttons, a circular arrow icon for refresh, and a 'Connect drone' button with a checkmark icon.

At the bottom left of the interface, there is a link that says 'Don't own a drone? Test the simulator' and a 'HELP' button with a question mark icon.

ANEXO XV- Plano de voo UPT 2

The screenshot displays a drone flight planning application interface. At the top, a dark navigation bar contains a menu icon, the text 'P2', and buttons for 'FLY', 'UPLOAD', 'EXPLORE', and 'REPORT'. On the right side of this bar are 'Share' and 'Settings' icons.

The main area is a satellite map with a green flight path consisting of a vertical line of points connected by horizontal lines, indicating a grid pattern. A 'START' point is marked at the bottom of the path. A central crosshair icon is visible on the map.

On the left side, there is a white sidebar with several sections:

- Map Plan:** Includes a plus icon and a summary table:

11:05	3	130	1
Minutes	Hectares	Images	Battery
- Flight Altitude:** Shows 'Resolution: 1.1 cm / px' and a '50m' input field with an up arrow.
- Enhanced 3D:** A toggle switch that is currently turned off.
- Live Map:** A toggle switch that is currently turned off.
- Advanced:** A section with a right-pointing arrow.
- Footer:** Contains the text 'Don't own a drone?' with a link 'Test the simulator' and a 'HELP' icon.

On the right side of the map, there are several control icons:

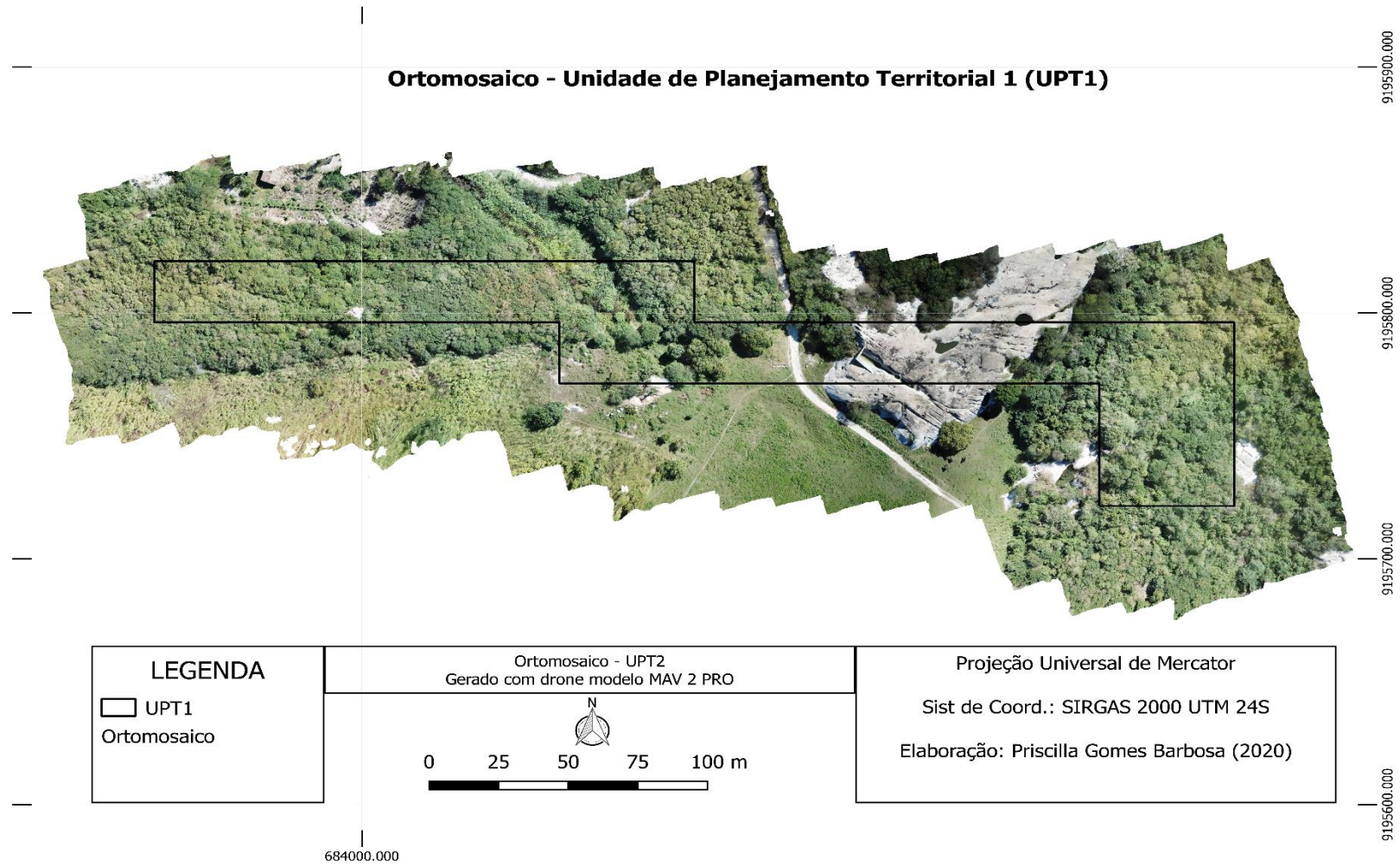
- A vertical zoom control with '+' and '-' buttons.
- A circular arrow icon for rotation.
- A 'Connect drone' button with a checkmark icon.

ANEXO XVI- Plano de voo UPT 3

The image shows a screenshot of a drone flight planning application. The interface is divided into several sections:

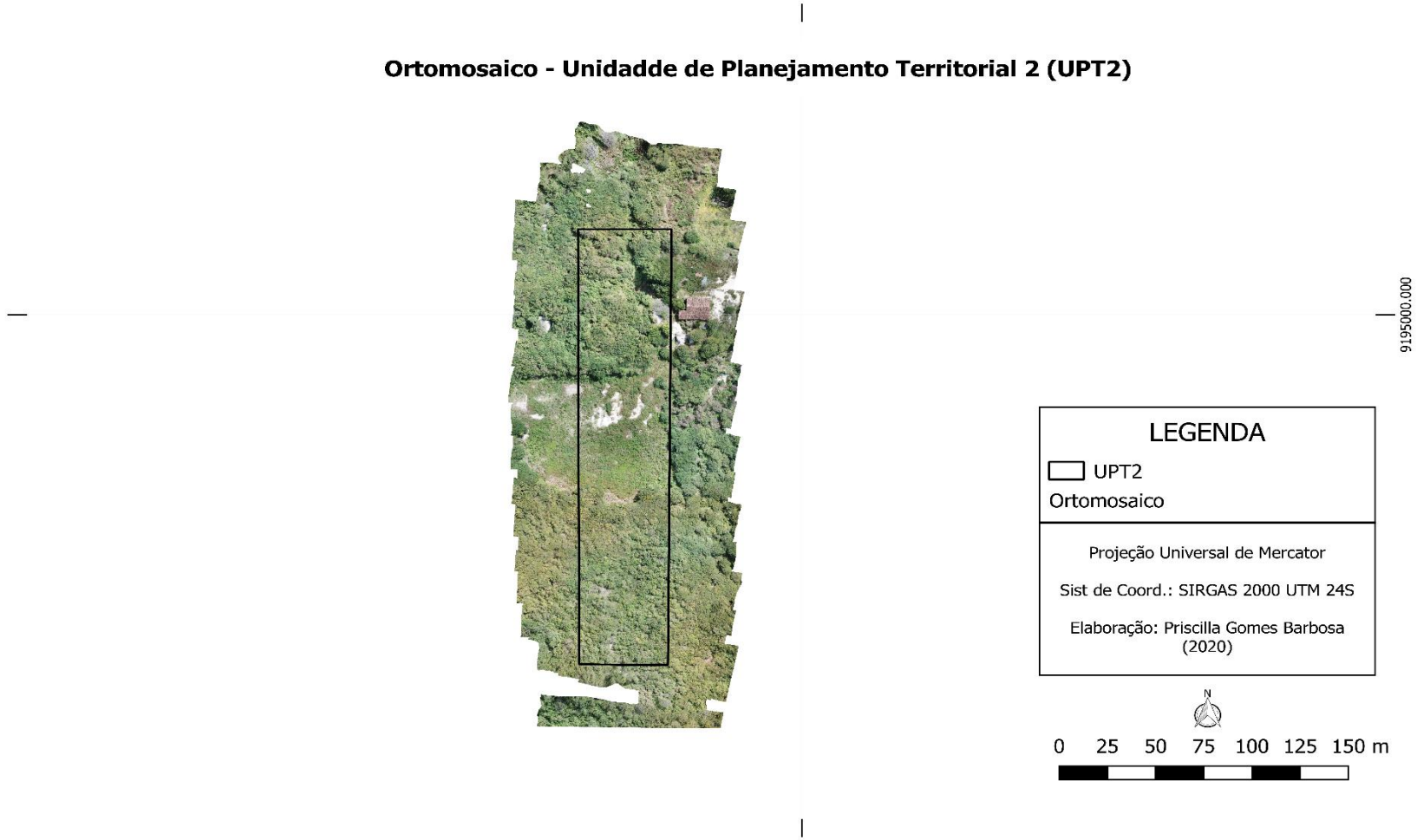
- Top Bar:** Contains a menu icon, the identifier "P3", and navigation buttons for "FLY", "UPLOAD", "EXPLORE", and "REPORT". On the right, there is a "Share" button and a settings gear icon.
- Left Panel (Map Plan):** Displays flight statistics: 9:28 Minutes, 2 Hectares, 122 Images, and 1 Battery. Below this, there are controls for "Flight Altitude" (set to 50m) and "Resolution" (1.1 cm / px). There are also toggle switches for "Enhanced 3D" and "Live Map", and an "Advanced" section with a right-pointing arrow.
- Main Map:** Shows an aerial view of a landscape with a flight path overlaid in green. The path starts at a point labeled "START" and consists of several parallel lines, indicating a grid-based flight pattern. The path is flanked by white lines and includes several adjustment handles (plus signs).
- Right Panel:** Features a vertical zoom control with "+" and "-" buttons, a circular "Return" button, and a "Connect drone" button with a checkmark icon.
- Bottom Left:** Includes a link "Don't own a drone? Test the simulator" and a "HELP" button with a globe icon.

ANEXO XVII- Ortomosaico UPT 1



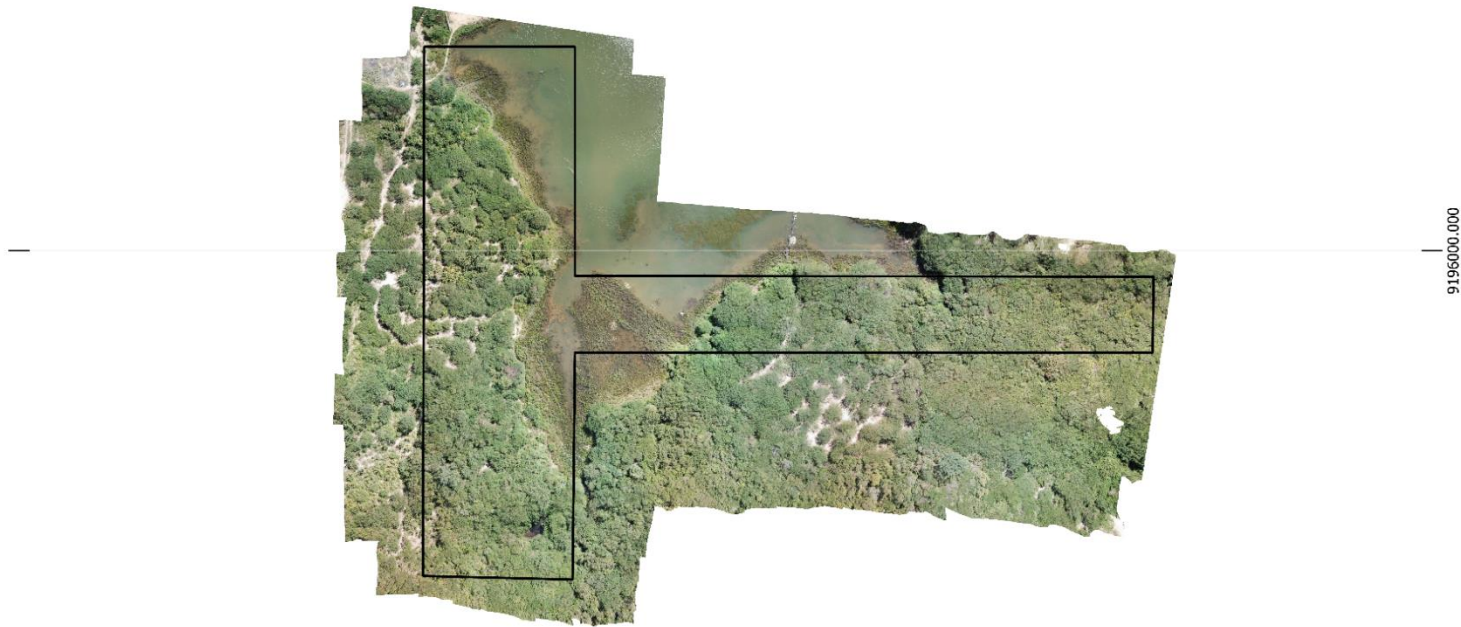
ANEXO XVIII- Ortomosaico UPT 2



Ortomosaico - Unidade de Planejamento Territorial 2 (UPT2)



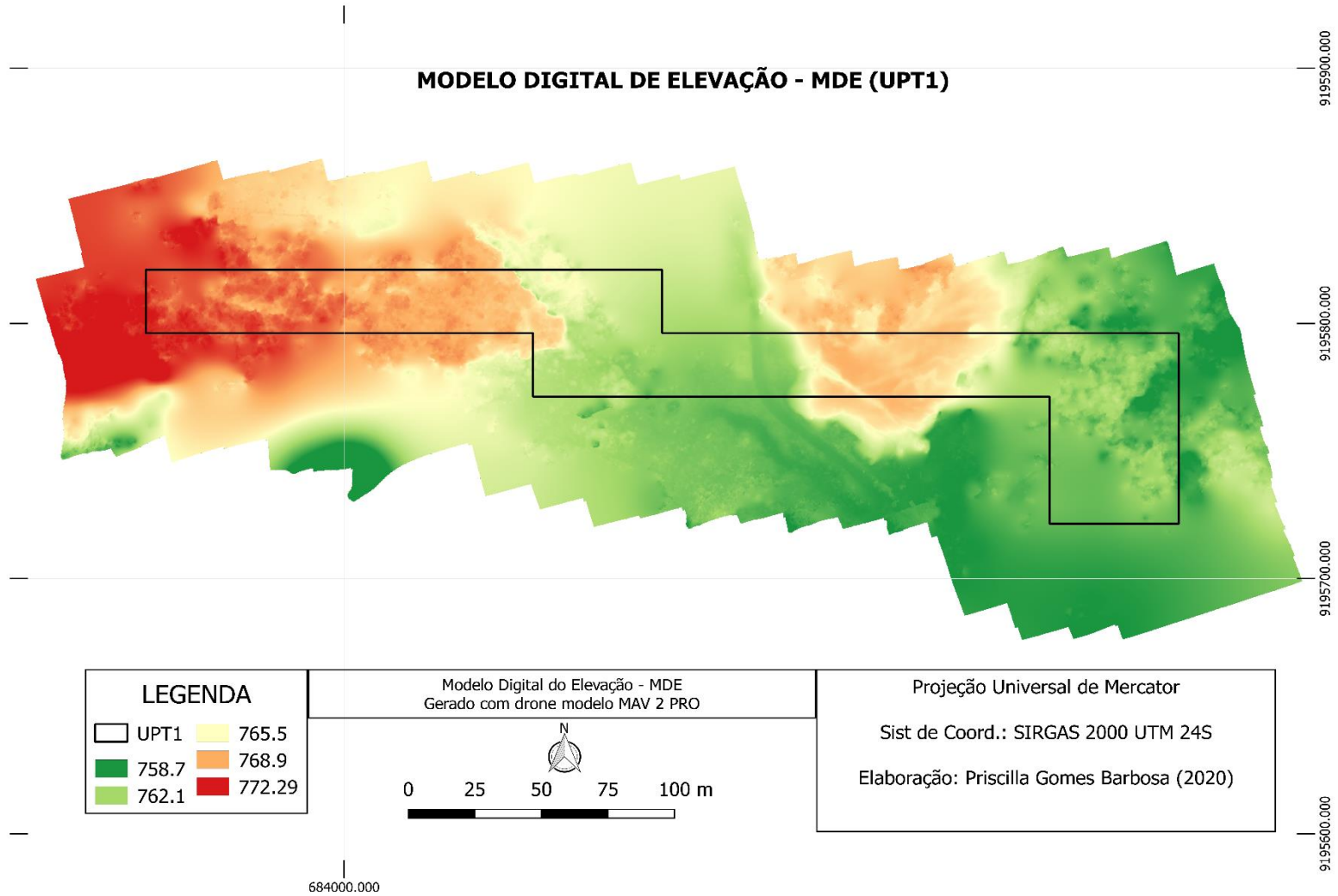
ANEXO XIX- Ortomosaico UPT 3

Ortomosaico - Unidade de Planejamento Territorial 3 (UPT3)



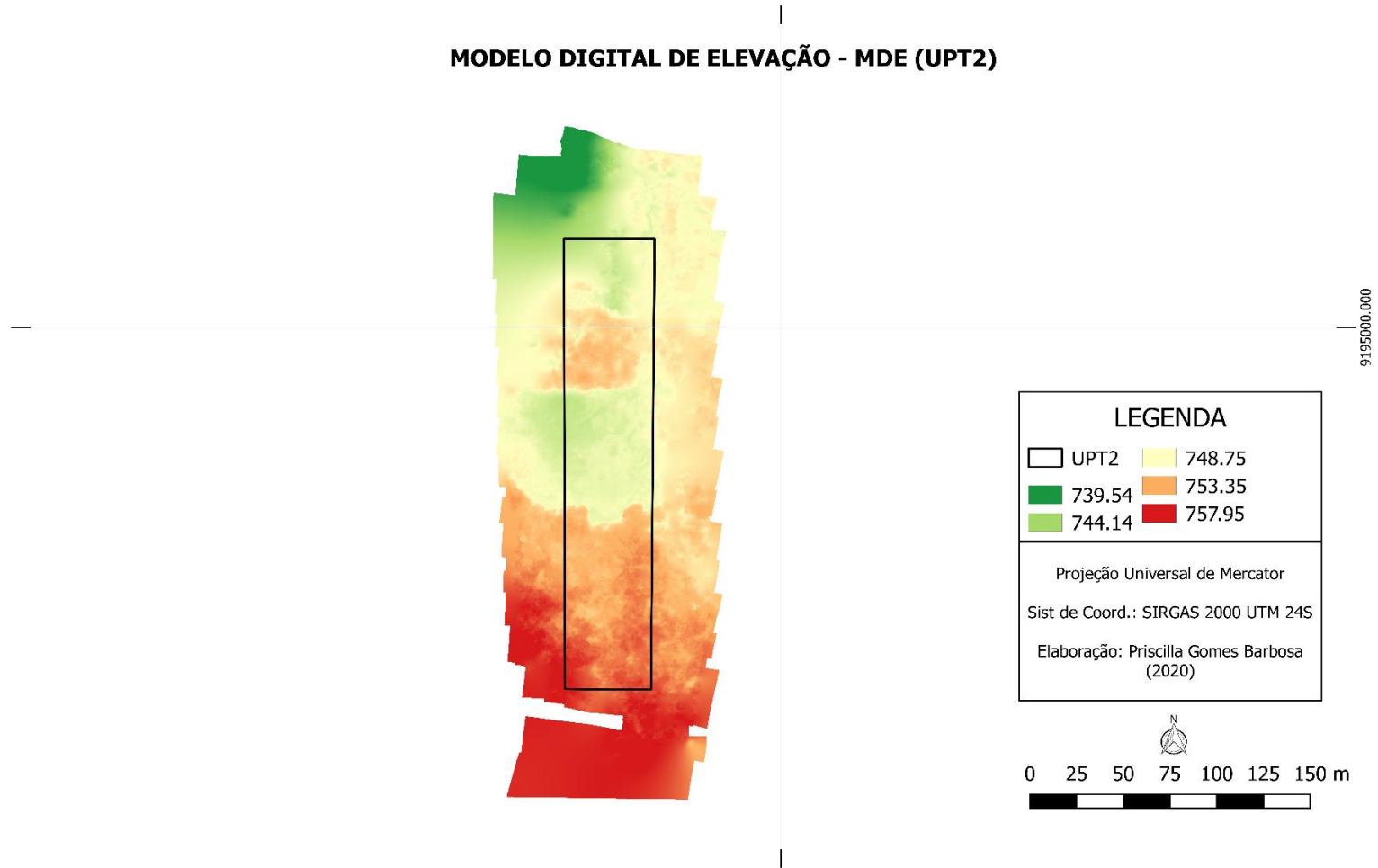
LEGENDA □ UPT3 Ortomosaico	Ortomosaico - UPT3 Gerado com drone modelo MAV 2 PRO	Projeção Universal de Mercator Sist. de Coord.: SIRGAS 2000 UTM 24S Elaboração: Priscilla Gomes Barbosa (2020)
	 0 25 50 75 100 m 	

ANEXO XX- MDE UPT 1



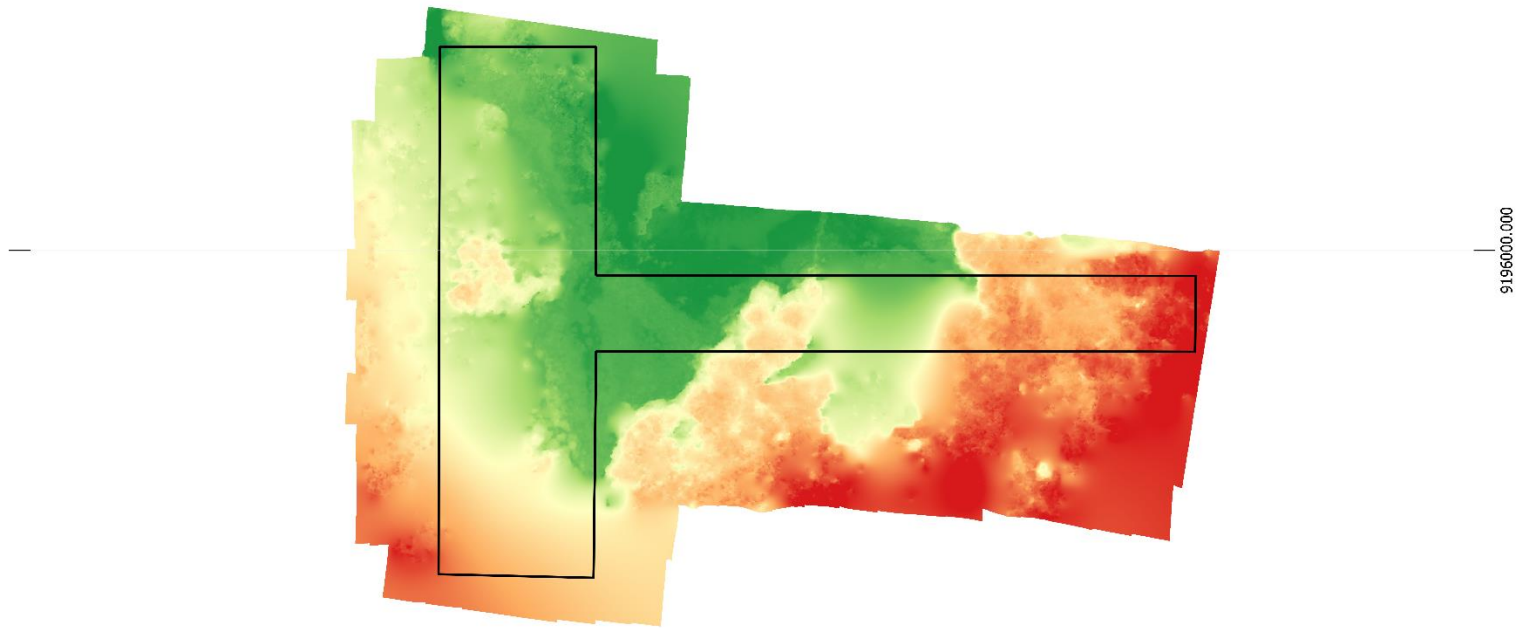
ANEXO XXI- MDE UPT 2


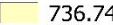
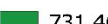
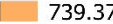
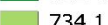
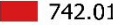


MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO - MDE (UPT2)



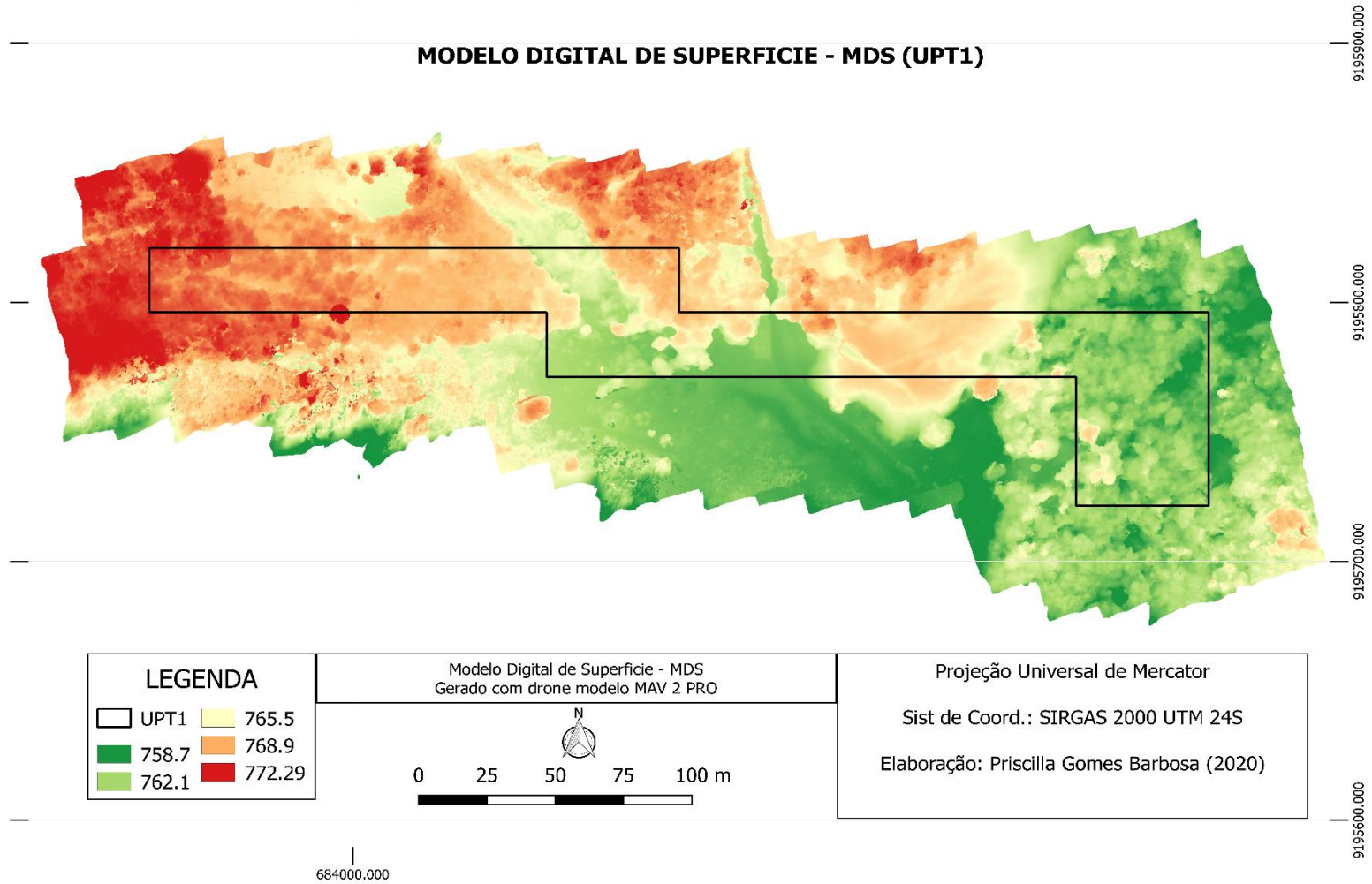
ANEXO XXII- MDE UPT 3

MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO - MDE (UPT3)



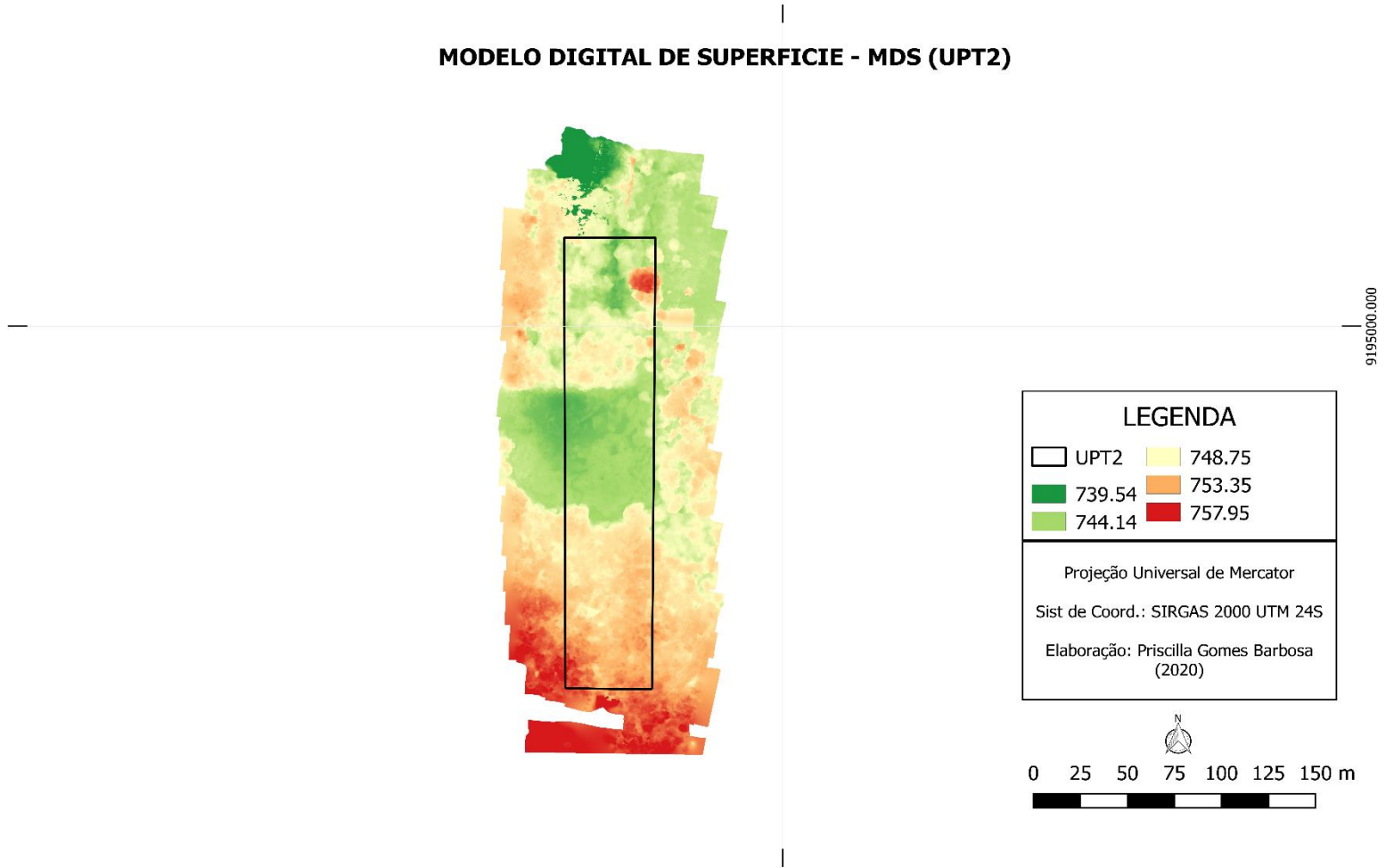
LEGENDA		Modelo Digital de Elevação - MDE Gerado com drone modelo MAV 2 PRO		Projeção Universal de Mercator	
	UPT3		736.74	Sist. de Coord.: SIRGAS 2000 UTM 24S Elaboração: Priscilla Gomes Barbosa (2020)	
	731.46		739.37		
	734.1		742.01		
 					

ANEXO XXIII- MDS UPT 1



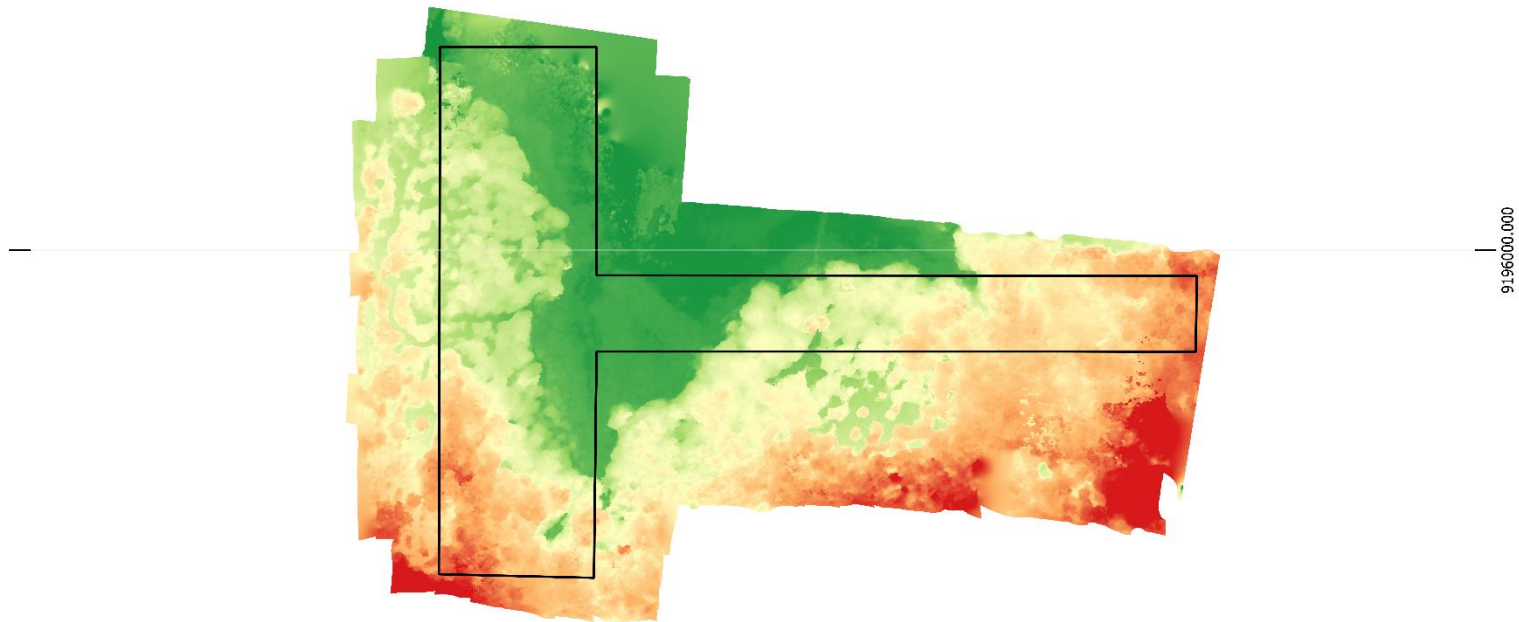
ANEXO XXIV- MDS UPT 2



MODELO DIGITAL DE SUPERFICIE - MDS (UPT2)



ANEXO XXV- MDS UPT 3

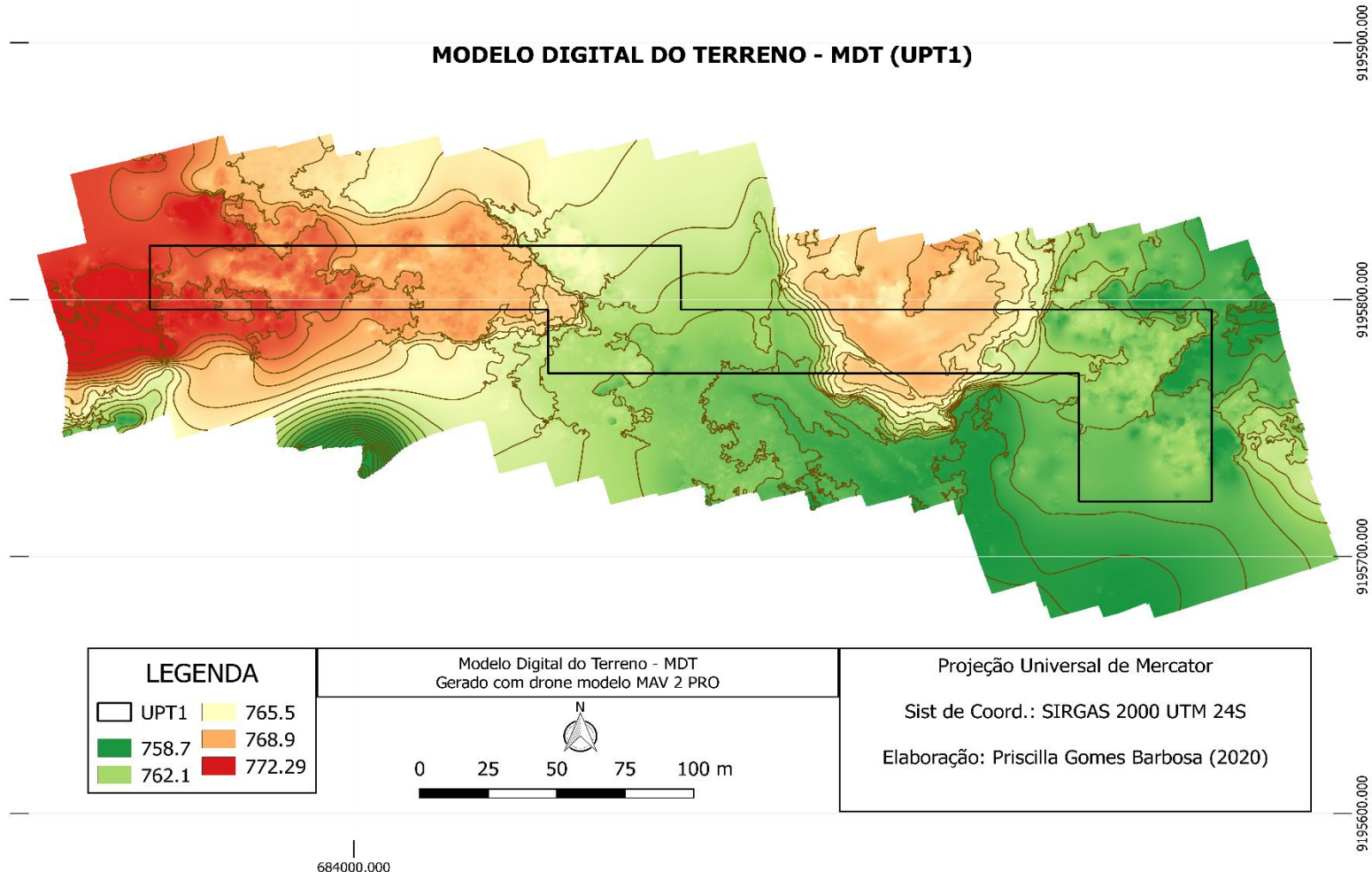
MODELO DIGITAL DE SUPERFICIE - MDS (UPT3)



<p>LEGENDA</p> <p> UPT3 736.74 731.46 739.37 734.1 742.01 </p>	<p>Modelo Digital de Superfície - MDS Gerado com drone modelo MAV 2 PRO</p> <p style="text-align: center;">N</p>  <p style="text-align: center;">0 25 50 75 100 m</p> 	<p>Projeção Universal de Mercator</p> <p>Sist. de Coord.: SIRGAS 2000 UTM 24S</p> <p>Elaboração: Priscilla Gomes Barbosa (2020)</p>
--	---	---

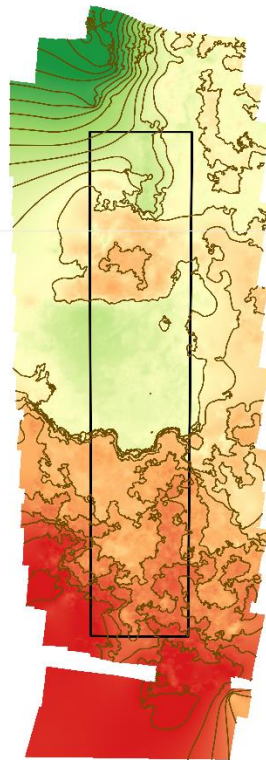
ANEXO XXVI- MDT UPT 1

MODELO DIGITAL DO TERRENO - MDT (UPT1)



ANEXO XXVII- MDT UPT 2

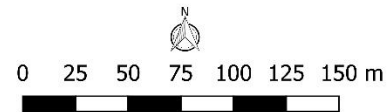
MODELO DIGITAL DO TERRENO - MDT (UPT2)



LEGENDA

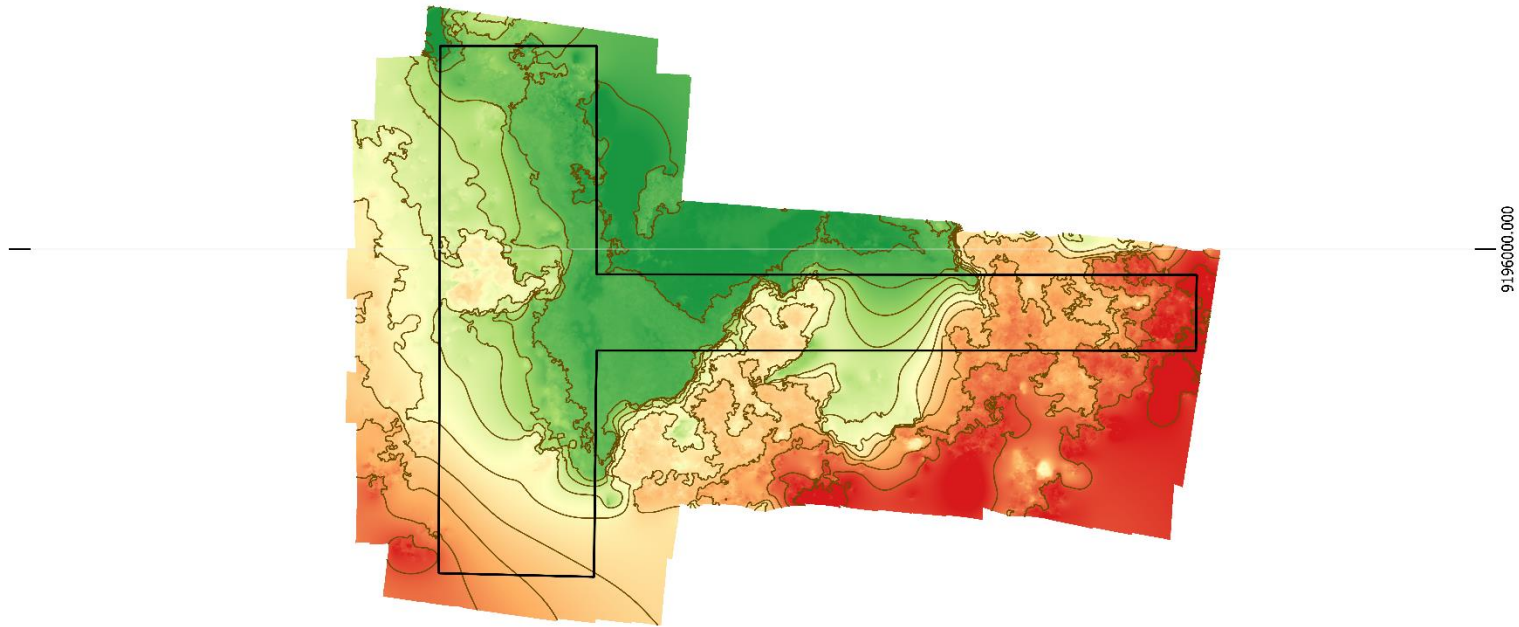
UPT2	748.75
Curvas de nível (1m)	753.35
739.54	757.95
744.14	

Projeção Universal de Mercator
Sist de Coord.: SIRGAS 2000 UTM 24S
Elaboração: Priscilla Gomes Barbosa (2020)



ANEXO XXVIII- MDT UPT 3


MODELO DIGITAL DO TERRENO - MDT (UPT3)




LEGENDA	
	UPT3
	Curvas de nível (1m)
	731.46
	734.1
	736.74
	739.37
	742.01

Modelo Digital do Terreno - MDT
Gerado com drone modelo MAV 2 PRO

N



0 25 50 75 100 m



Projeção Universal de Mercator

Sist. de Coord.: SIRGAS 2000 UTM 24S

Elaboração: Priscilla Gomes Barbosa (2020)