

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

LUIZ FELLIPE CHAVES DE SOUSA

**MAPEAMENTO DE ÁREAS DE FRAGILIDADE AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE  
VISCONDE DO RIO BRANCO - MG**

Viçosa, MG

Junho 2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

**MAPEAMENTO DE ÁREAS DE FRAGILIDADE AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE  
VISCONDE DO RIO BRANCO - MG**

Monografia, apresentada ao Curso de Geografia da Universidade Federal de Viçosa como requisito para a obtenção do título de bacharel em Geografia.

Luiz Fellipe Chaves de Sousa.

Orientador: Prof. André Luiz Lopes de Faria.

Viçosa, MG  
Junho 2019

LUIZ FELLIPE CHAVES DE SOUSA

**MAPEAMENTO DE ÁREAS DE FRAGILIDADE AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE  
VISCONDE DO RIO BRANCO - MG**

Monografia, apresentada ao Curso de Geografia da Universidade Federal de Viçosa como requisito para a obtenção do título de bacharel em Geografia.

APROVADO EM:

---

Prof. Dr. André Luiz Lopes de Faria  
Orientador  
DGE – UFV

---

Prof. Dr. Edson Soares Fialho  
Banca examinadora  
DGE – UFV

---

Prof. Dr. Francisco de Deus Fonseca Neto  
Banca examinadora  
IFES – Vitória

Viçosa, MG  
Junho 2019

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente aos meus pais, Maria Teresa e Noel (in memoriam), por todo amor dado, pela confiança depositada, e por toda base ao longo dessa trajetória. Ao meu irmão Matheus pelo companheirismo.

Aos meus familiares, que apesar de toda distância sempre me recordam como é bom viver em família.

Aos amigos de república, Igor, Felipe, Pedro, Manso, Ewerton, Tito e Malva; e aos amigos de Viçosa, Sergio, Leonardo e Gaetan.

Aos amigos de Resende e Campos dos Goytacazes.

A minha companheira e namorada Laís, por todo apoio, carinho e paciência.

Aos amigos do Laboratório de Geomorfologia do Quaternário, Saulo, Vitor, Talita, Mara e Carlota.

Aos professores do curso, em especial ao orientador, Prof. André, pela confiança, cobrança e ensinamentos durante esses anos de graduação.

Aos funcionários do Departamento de Geografia, por manter esse curso e estrutura em pleno funcionamento.

A Prefeitura Municipal de Visconde do Rio Branco -MG pela oportunidade de participar como bolsista do projeto de "Instrumentação, Monitoramento e Recuperação da APA da Serra da Piedade".

A todos, meus sinceros agradecimentos!

## RESUMO

O presente trabalho mapeou as áreas de fragilidade ambiental no município de Visconde do Rio Branco – MG, na escala de 1:130.000, através da proposta metodológica de Ross (1994) com apoio nas classes de declividade. Para a obtenção do produto final foram gerados mapas temáticos de solos, pluviosidade, declividade e uso e ocupação da terra. Após a elaboração, os mesmos foram reclassificados, e as classes de cada mapa foram pontuadas de acordo com seu grau de fragilidade ambiental, recebendo valores de 1 a 5. Utilizou-se a análise multicritério para avaliar as diferentes variáveis de forma conjunta, e assim obter o mapa de fragilidade ambiental para o município em estudo. Os processos de edição, manipulação, processamento, análise e confecção de dados foram realizados através do software ArcGis® 10.4. Os resultados obtidos mostram que 46% da área do município possui fragilidade ambiental considerada alta, 30% considerada média, e somente 9% considerada como muito alta. Porém, quando analisado a Área de Proteção Ambiental – Serra da Piedade separadamente, os resultados mostram que 68,62% da área da APA possui fragilidade ambiental muito alta, seguida de 26,34%, referente a alta fragilidade. O estudo em questão mostrou resultados importantes, visto que o alto índice de pastagem e solo exposto, aliado à forte declividade presente no município, proporciona maior dissecação do relevo, contribuindo para o agravamento da fragilidade ambiental, sobretudo quando analisada a Área de Proteção Ambiental da Serra da Piedade.

**Palavras-chave:** Fragilidade Ambiental; Geoprocessamento; Mapeamento.

## ABSTRACT

The present work has mapped the environmental fragility area in Visconde do Rio Branco – MG, in the scale of 1:130.000, by the Ross' methodological method with support in declivity classes. In order to achieve the final product, the thematic maps of soils, declivity and the use and occupation of the land were elaborated. Then, they have been reclassified, and the classes of each map were characterized by the environmental fragility rate in which it varies in 1 to 5. The multicriteria analysis was applied to evaluate the different variables jointly and to obtain the environmental fragility map of the determinate town. The edition, manipulation, processing, analysis and production processes were performed by Arcgis software (nessa parte você coloca aquele R de registrado e tal). The acquired results demonstrate 46% of the city area has high environmental fragility, 30% as normal and just 9% has very high environmental fragility. However, when the “Área de Proteção Ambiental – Serra da Piedade” was analyzed separately, the results indicate 68,62% of the APA area has very high environmental fragility followed by 26,34% as high environmental fragility. The present academic work has demonstrated important results, once the high pasturage and exposed soil index, followed by the strong declivity in the city, provide an elevated relief dissection, contributing to the aggravation of the environmental fragility, especially when the "Área de Proteção Ambiental da Serra da Piedade" was analyzed.

**Key-words:** environmental fragility; geoprocessing; mapping.

## **LISTA DE FIGURAS**

FIGURA 01 – Esquema representativo dos quatro elementos fundamentais das técnicas de sensoriamento remoto

FIGURA 02 – Espectro eletromagnético

FIGURA 03 – Fluxo da Relação Sociedade/Natureza

FIGURA 04 – Localização do Município de Visconde do Rio Branco e APA da Serra da Piedade

FIGURA 05 – Mapa de Solos do Município de Visconde do Rio Branco – MG

FIGURA 06 – Precipitação (Série Histórica)

FIGURA 07 – Mapa de Declividade do Município de Visconde do Rio Branco – MG

FIGURA 08 – Mapa de Uso e Ocupação da terra do município de Visconde do Rio Branco – MG

FIGURA 09 – Mapa de Fragilidade Ambiental do Município de Visconde do Rio Branco – MG

## **LISTA DE TABELAS**

TABELA 01 – Sentinel-2

TABELA 02 – Níveis de Fragilidade

TABELA 03 – Classes de Solo

TABELA 04 – Níveis hierárquicos dos comportamentos pluviométricos

TABELA 05 – Classes de Declividade

TABELA 06 – Índice Kappa (k)

TABELA 07 – Classes de Uso e Ocupação da terra

TABELA 08 – Níveis de Fragilidade Ambiental em relação a Área Município

TABELA 09 – Níveis de Fragilidade Ambiental em relação a Área da APA-Piedade

## **LISTA DE SIGLAS**

APA	Área de Proteção Ambiental
CODEMIG	Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ESA	European Space Agency
FEAM	Fundação Estadual do Meio Ambiente
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LANDSAT	Land Remote Sensing Satellite
MDE	Modelo Digital de Elevação
NASA	National Aeronautics and Space Administration
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
SPOT	Système Pour l'Observation de la Terre

## SUMÁRIO

Introdução.....	10
1 – Objetivos.....	14
1.1 – Geral.....	14
1.2 – Específicos .....	14
2 – Fundamentação Teórica.....	15
2.1 – Paisagem .....	15
2.2 – Geoprocessamento e SIG's .....	16
2.3 – Sensoriamento Remoto .....	17
2.4 – Fragilidade Ambiental .....	21
3 – Caracterização da Área de Estudo .....	25
3.1 – O Município de Visconde do Rio Branco.....	25
3.1.1 – Breve Histórico Econômico .....	27
3.2 – Área de Proteção Ambiental da Serra da Piedade .....	28
3.3 – Aspectos Físicos e Ambientais .....	29
4 – Materiais e Métodos .....	30
4.1 – Materiais .....	30
4.2 – Métodos .....	30
4.2.1 – Solos.....	31
4.2.2 – Pluviosidade .....	34
4.2.3 – Declividade.....	35
4.2.4 – Uso e Ocupação da terra.....	38
4.2.5 – Fragilidade Ambiental.....	40
5 – Resultado e Discussões.....	42
6 - Conclusão .....	46
7 – Referências Bibliográficas.....	48

## **Introdução**

O desenvolvimento tecnológico, científico e econômico das sociedades humanas vem transformando ao longo dos anos, em uma esfera maior e cada vez mais acelerada, os ambientes naturais. Tais mudanças no ambiente natural devem-se, em grande parte, às práticas econômicas cada vez mais predatórias, visto a importância da utilização e exploração dos recursos presentes no meio físico justificado para a necessidade do desenvolvimento. A crescente demanda global e o desenvolvimento dos meios de produção sob a ótica mercadológica do sistema econômico criou uma concepção do meio ambiente como mero fornecedor de tais recursos, o que acabou por proporcionar ao ser humano a ideia de uma natureza infinita e estática, não levando em consideração a necessidade da preservação e o uso consciente da mesma, em prol da manutenção do equilíbrio ambiental.

O Brasil teve sua história econômica marcada pela exploração e exportação de matérias primas, onde, a partir do século XVI até o decorrer do século XVII teve como principal produto econômico o cultivo da cana-de-açúcar no nordeste do país, já nos séculos XVIII até XIX a mineração mais centralizada no estado de Minas Gerais, e do XIX ao XX o cultivo do café, desde o Vale do Paraíba ao Oeste Paulista. A partir da década de 70, mantendo-se como país agroexportador, dependente da monocultura, o país tem como uma das fontes principais de sua economia a produção de soja (ROSS 2006).

Se por um lado essas commodities geram avanços, por outro, trazem consigo as mais variadas mazelas, de esferas tanto sociais quanto ambientais. A exploração das riquezas naturais ao custo do desenvolvimento econômico e tecnológico, seja através dos grandes monocultivos da cana-de-açúcar, café, da pecuária extensiva e mais atualmente da soja, como também pela exploração de minérios e recursos energéticos, deixa marcas na paisagem muitas vezes irreversíveis numa escala temporal humana, ínfima quando comparada à escala temporal do meio físico.

Ross (2006) destaca que:

Em função de todos os problemas ambientais, decorrentes das práticas econômicas predatórias, que têm marcado a história deste País e que, obviamente, têm implicações para a sociedade a médio e longo prazos, diante do desperdício dos recursos naturais e da degradação generalizada, com perda de qualidade ambiental e de vida, é que se torna cada vez mais urgente o planejamento físico territorial não só com perspectiva econômico-social, mas também ambiental (ROSS, 2006, p.52).

O mesmo também ressalta que cada vez mais se faz necessário um desenvolvimento que leve em conta não apenas as potencialidades dos recursos naturais, mas, sobretudo, as

fragilidades dos ambientes naturais (2006, p.52), ou seja, o desenvolvimento deve levar em conta a suscetibilidade do meio a qualquer possível dano, sendo que, muitos desses ambientes possuem baixa resiliência e pouca capacidade de recuperação das suas condições de equilíbrio quando expostas à suscetíveis e ininterruptas intervenções externas.

É notório que tais alterações no meio não surgem somente pelo e para o desenvolvimento, mas também pelas pequenas ações antrópicas no ambiente, como o despejo incorreto e o não tratamento do lixo, do desmatamento das matas ciliares e das vegetações de topo de morro, das vegetações das áreas de nascentes, das queimadas criminosas, bem como da degradação do solo e do consumo inconsciente, e os sistemas ambientais podem assim, se comportar de diferentes maneiras a essas intervenções humanas, seja no âmbito do relevo, solo, clima, recursos hídricos e/ou cobertura vegetal.

Um das iniciativas para a proteção desses sistemas é a implantação de unidades de conservação, que se tornam cada vez mais difundidas em um país de escala continental, com tamanha biodiversidade, e tamanha exploração de seus recursos naturais.

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) conta com 12 categorias de unidades de conservação, dentre elas, destacam-se as Áreas de Proteção Ambiental (APA's), que por lei, são definidas pelo art. 15, da Lei nº 9.985, de julho de 2000:

(...) área em geral extensa, com um certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais; (BRASIL, 2001, p.17).

O inciso 1º ressalta também que as mesmas são constituídas por terras públicas e privadas, o que assegura a criação da área sem que os moradores do local sejam expropriados.

A APA da Serra da Piedade, localizada no município de Visconde do Rio Branco, Minas Gerais, é um bom exemplo de integração entre a sociedade e a natureza que áreas de conservação como as APAS's procuram atingir, porém, seu monitoramento é muito importante visto que a interferência antrópica, de um modo geral, pode acelerar os processos de erosão na área. Guerra (2007) evidencia o quão significativo é papel do geógrafo nesse trabalho, conforme podemos observar na passagem abaixo:

Aplicando métodos que lhe são próprios, os geógrafos examinam as unidades de conservação ou proteção ambiental, buscando estabelecer elos entre a Geografia Física e a Geografia Humana, no esforço de compreender os

processos e os problemas relativos à ocupação humana e os obstáculos apresentados pelo meio físico, apontando e avaliando a necessidade de interferir na realidade com intuito de ampliar a eficácia dos freios e dos cuidados no uso da terra pelas sociedades humanas. (GUERRA, 2007, p.77).

Como a APA da Piedade é um local de nascentes que abastecem Visconde de Rio Branco e municípios vizinhos, a mesma foi pesquisada, juntamente com o município na qual se insere, de forma a subsidiar as análises apresentadas neste texto.

Diante desse cenário, no qual o fator antrópico tem papel atuante nos processos de modificação da natureza, faz-se necessário um estudo sobre as fragilidades ambientais, visando não somente a recuperação e proteção do meio envolvido, mas também um desenvolvimento sustentável do ambiente, buscando uma gestão territorial eficiente e produtiva.

Para isso, o uso de geotecnologias e imagens de satélites mostram-se de grande valia quando o objetivo é analisar uma região de escala municipal, assim como a integração de diferentes componentes da paisagem.

A partir das décadas de 1970 e 1980, as novas tecnologias de informação vêm sendo cada vez mais utilizadas pela sociedade como um todo, inclusive em estudos voltados para o meio ambiente. De acordo com Ross (2006), devido ao surgimento da informática, com o advento do tratamento de dados via computadores, a produção de mapas digitais e o desenvolvimento de SIG's, atrelados a técnicas de posicionamento como o GPS, ampliou e disseminou ainda mais a manipulação de dados, tanto no que se refere aos temas da fragilidade quanto da natureza.

De acordo com Câmara e Davis (2001), nas atividades das sociedades organizadas sempre foi importante a coleta informações sobre a disposição geográfica como um todo, no entanto, isso era feito apenas por processos analógicos (documentos e mapas em papel) o que impediu uma análise que combinasse diversos dados e mapas.

Com o advento da tecnologia de informação a partir de meados do século passado, o procedimento de armazenar e representar informações em ambiente computacional foi plenamente possível, abrindo assim, espaço para o aparecimento do geoprocessamento (Câmara, Davis, 2001).

Sendo assim, o estudo visa elaborar por meio de técnicas de geoprocessamento, um mapeamento em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG) referente aos níveis de fragilidade ambiental do município de Visconde do Rio Branco – MG, utilizando para tal feito, a metodologia proposta por Ross (1994) com apoio nas classes de declividade. Pretende-se

também, empregar o uso da Análise Multicritério, na qual analisa-se diferentes variáveis de forma conjunta, de modo a expressar a realidade local.

## **1 – Objetivos**

### **1.1 – Geral**

Analisar as áreas de fragilidade no município de Visconde do Rio Branco, bem como na área de Proteção Ambiental Serra da Piedade, através do Mapa de Fragilidade Ambiental, cuja a elaboração é baseada nos trabalhos de Ross (1994) e Siqueira (2012).

### **1.2 – Específicos**

- Elaborar mapas temáticos que vão servir de subsídio para elaboração do Mapa de fragilidade ambiental, sendo eles: solos, pluviosidade, declividade e uso e ocupação da terra.
- Analisar os níveis de fragilidade existentes na APA da Serra da Piedade com o seu entorno.

## 2 – Fundamentação Teórica

Com o intuito de contextualizar a pesquisa, serão apresentados a seguir os conceitos de maior relevância para elaboração desse trabalho, sendo eles: Paisagem, Geoprocessamento e SIG's, Sensoriamento Remoto, e Fragilidade Ambiental.

### 2.1 – Paisagem

Diversos são os conceitos estudados pelas ciências geográficas para compreensão e fundamentação do seu objeto de estudo no espaço geográfico, como: paisagem, região, espaço, lugar e território. Busca-se aqui abordar um desses conceitos-chave, a Paisagem.

Sauer (1998), em sua obra “A Morfologia da Paisagem”, caracteriza a mesma como um organismo complexo, constituída de recursos naturais e elementos materiais presentes em um dado lugar, associados ao uso e ocupação da terra pela ação antrópica.

Para conceituar paisagem, Ross (2003) utiliza o conceito de *estrato geográfico da terra*, elaborado por Grigoriev (1968), que seria o conjunto de componentes do ambiente natural, desde a camada da crosta terrestre, até a baixa atmosfera. Tal ambiente é marcado pela troca de energia e matéria, e é nesse meio que emerge o ser social. Sendo assim, Ross (2003) conceitua paisagem através dessas diversas possibilidades de arranjos que compõem o meio natural, e as identificam como Unidade de Paisagens Naturais.

Ab'Saber (2012) evidencia que a paisagem é também um resultante de processos, e que vão além daquilo que é visualmente notável no período presente, como nos mostra a passagem a seguir:

As paisagens têm sempre o caráter de herança de processos (fisiográficos e biológicos), de atuação antiga, remodelados e modificados por processos de atuação recente. Assim sendo, as paisagens são uma herança, um patrimônio coletivo dos povos que, historicamente os modificaram ao longo do tempo e do espaço (AB´SÁBER, 2012, p.9)

Bertrand (2004) correlaciona o conceito de paisagem com o modelo geossistêmico, formado sob a seguinte tríade: potencial ecológico (clima, hidrologia, geomorfologia), exploração biológica (vegetação, solo, fauna) e ação antrópica, onde a paisagem seria uma unidade, e deveria ser analisada de forma integrada:

A paisagem não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É, em uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução (BERTRAND, 2004, p.141).

Nessa pesquisa, o estudo da paisagem se faz mais presente quando associamos sua análise a perspectiva ambiental, buscando-se entender a intervenção das ações antrópicas frente a esses ambientes, analisando-a sob uma ótica integrada.

## 2.2 – Geoprocessamento e SIG's

As inovações tecnológicas geradas ao longo dos anos proporcionaram uma leitura cada vez mais detalhada do espaço no qual vivemos. Para que tal leitura sobre a distribuição geográfica dos objetos e feições fosse realizada, foi necessário desenvolver uma série de técnicas ligadas à informação espacial, que juntas, denomina-se geoprocessamento. De acordo com o INPE (1997), o mesmo se refere a um “conjunto de tecnologias voltadas a coleta e tratamento de informações espaciais para um fim específico”.

Segundo Rosa (2005, p.81), o geoprocessamento compreende ao menos quatro categorias de técnicas relacionadas ao tratamento da informação espacial, sendo elas: coleta (cartografia, GPS, topografia, etc), armazenamento (banco de dados), tratamento e análise (modelagem de dados, geoestatística, etc), e uso integrado de informação espacial (SIG's).

Para Câmara e Davis (2001, p. 1) “o termo denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações geográficas”.

Dentre essas técnicas mencionadas, destacam-se os Sistemas de Informações Geográficas (SIG's). Os mesmos são definidos pela união de software, hardware, dados, usuários e metodologias ou técnicas de análise (ROSA, 2005, p.82). Rosa (2005) os conceitua como:

Conjunto de ferramentas computacionais composto de equipamentos e programas que, por meio de técnicas, integra dados, pessoas e instituições, de forma a tornar possível a coleta, o armazenamento, o processamento, a análise e a oferta de informação georreferenciada. (ROSA, 2005, p.81).

Segundo Assad e Sano (1998), são chamadas de SIGs toda ferramenta computacional que permite a realização de análises complexas ao integrar dados de diversas fontes, assim como criar banco de dados georreferenciados.

O termo Sistema de informações geográficas (SIG) refere-se àqueles sistemas que efetuam tratamento computacional de dados geográficos. Um SIG armazena a geometria e os atributos dos dados que estão georreferenciados, isto é, localizados na superfície terrestre e numa projeção cartográfica qualquer. Os dados tratados em geoprocessamento têm como principal característica a diversidade de fontes geradoras e de formatos apresentados (ASSAD & SANO, 1998, p. 06).

Como visto, o uso do geoprocessamento associado aos SIG's mostra-se cada vez mais necessário quando deseja-se analisar, gerir e representar os fenômenos presentes no espaço,

sendo assim, um grande facilitador para a gestão ambiental e para os objetivos desse estudo, visto a capacidade de relacionar diferentes variáveis e simplificar análises de caráter mais complexo.

### 2.3 – Sensoriamento Remoto

O sensoriamento remoto surge com a invenção da fotografia aérea, tendo sua primeira aplicação no uso da máquina fotográfica acoplada a balões e ao peito de pombos-correios. Inicialmente tal recurso foi criado para fins militares, tanto para obter o reconhecimento da posição, quanto para captar dados de infraestrutura de forças inimigas. A partir das décadas de 60 e 70 com o início da corrida espacial e o lançamento de satélites, foi que aconteceu a grande revolução dessa tecnologia. (FIGUEIREDO, 2005).

Para Novo (2010), sensoriamento remoto define-se pela “utilização de sensores para a aquisição de informações sobre objetos ou fenômenos sem que haja contato direto entre eles”.

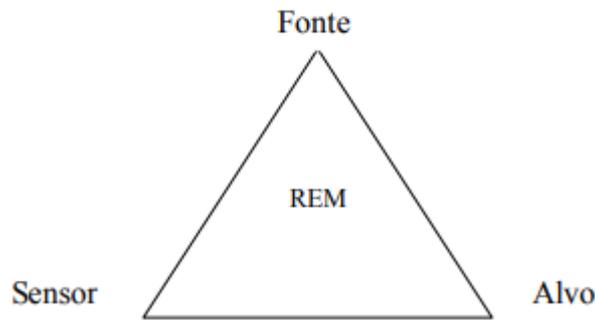
Como visto, tal definição impõe a condição de que o sensor precisa encontrar-se a uma distância remota do alvo a ser imageado, sendo assim, Meneses (2012) enumera três preceitos importantes para construir seu conceito:

- i) exigência: ausência de matéria no espaço entre o objeto e o sensor;
- ii) consequência: a informação do objeto é possível de ser transportada pelo espaço vazio;
- iii) processo: o elo de comunicação entre o objeto e o sensor é a radiação eletromagnética, a única forma de energia capaz de se transportar pelo espaço. (MENESES, 2012, p.3)

Com bases nos preceitos citados, Meneses (2012) evidencia que a captura de dados, entre o objeto e sensor, só ocorre por meio da radiação eletromagnética (REM), emitida/refletida pelo objeto, e o conceitua-o como:

Ciência que visa o desenvolvimento da obtenção de imagens da superfície por meio da detecção e medição quantitativa das respostas das interações da radiação eletromagnética com os materiais terrestres. (MENESES, 2012, p. 3).

Visto isso, pode-se compreender que as técnicas do sensoriamento remoto se dão através de quatro elementos fundamentais: Fonte, Sensor, Alvo e REM (Figura 01).

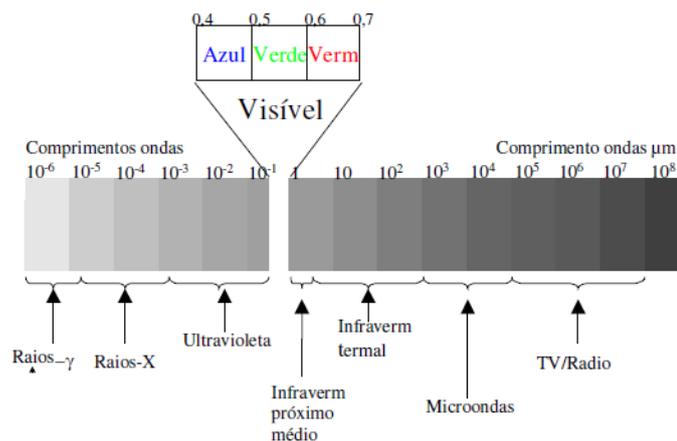


**Figura 01:** Esquema representativo dos quatro elementos fundamentais das técnicas de sensoriamento remoto.

**Fonte:** NOVO (2001).

A REM nada mais é do que ondas eletromagnéticas, ou melhor, ondas de luz, e são consideradas “termômetros-mensageiros” do sensoriamento remoto, captando informações das feições terrestres e as levando até os receptores (FIGUEIREDO, 2005). Figueiredo (2005, p.5) as define como sendo “uma propagação de energia, por meio de variação temporal dos campos elétrico e magnético, da onda portadora”.

O comprimento total da onda e da frequência da REM é denominado como espectro eletromagnético, e varia com comprimentos de onda da ordem de  $10^{-6}\mu\text{m}$  a comprimentos da ordem de 100m. O comprimento visível, ou seja, aquele que o olho humano é capaz de enxergar, varia de  $0,4\mu\text{m}$  a  $0,7\mu\text{m}$  (Figura 02).



**Figura 02:** Espectro eletromagnético.

**Fonte:** FIGUEIREDO (2005).

A radiação solar (fonte) interage com os alvos (objeto no qual se deseja obter informação) de modo diferente, pois os mesmos possuem características físicas e biofísicas distintas, ocasionando em uma assinatura espectral própria. Os sensores instalados nos satélites

captam as assinaturas espectrais através da radiação solar que deixa os alvos, e as registram em forma de imagem (FIGUEIREDO, 2005).

Os sensores são classificados em função da fonte de energia e/ou em relação ao tipo de produto resultante. Quanto à fonte de energia, os sensores podem ser passivos, ou seja, não possuem fonte própria de radiação (ex. máquinas fotográficas), ou ativos, que possuem fonte própria de radiação eletromagnética (ex. radares). Em função do produto gerado, podem ser denominados como não-imageadores, não gerando imagens da superfície sensoriada, ou, imageadores, fornecendo uma imagem como resultado (INPE, 1997).

Aquelas que apresentam imagens como resultado, são divididas em quatro tipos de resolução, sendo: resolução radiométrica (valores numéricos da medida da radiância<sup>1</sup> no alvo, medido em BIT), resolução espacial (área do campo de visada do sensor, representado por um pixel), resolução espectral (comprimento de onda das bandas), e resolução temporal (período no qual determinada área é revisitada pelo sensor) (NOVO, 2001).

As plataformas dos sensores, ou, satélites, podem ser classificadas como geoestacionários ou orbitais, os primeiros situam-se a altitudes de aproximadamente 36.000km, possuindo assim, resolução espacial baixa, bem como órbita sincrônica (geossíncrona) com a rotação da terra, pode-se se citar como exemplo destes os satélites meteorológicos e de comunicações; já os orbitais situam-se a altitudes de até 2.000km, o que lhes garante uma alta resolução espacial, e orbitam de forma sincrônica com a rotação do sol (heliossíncrona) (AMARAL, 2017).

O primeiro sensor a ser colocado em órbita a bordo de um satélite de sensoriamento remoto ocorreu em 1972, a partir de um projeto da NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), e foi denominado como ERTS-1, sendo mais tarde renomeado para Landsat (*Land Remote Sensing Satellite*) 1 (MENESES, 2012). Hoje, diversos sensores orbitais imageam a superfícies terrestre, diversificando-se em suas faixas espectrais, resoluções espaciais e temporais, como é o caso da série Landsat, já mencionada, que se encontra em sua oitava geração (Landsat-8); a série SPOT (*Système Pour l'Observation de la Terre*) liderada pelo governo francês, com apoio da Suécia e Bélgica; série World-View, sendo o primeiro satélite de uso comercial, seguido do GeoEye; entre outros (AMARAL, 2017).

Neste trabalho em questão será utilizado o sensor Sentinel-2, da série Sentinel, pertencente ao programa Copernicus (*European Commission and European Space Agency* –

---

<sup>1</sup> A mesma refere-se à radiação que deixa a superfície terrestre. Irradiância é a radiação do sol que incide sobre a superfície terrestre (Figueiredo, 2005, p.6).

ESA). O mesmo contempla uma constelação de dois satélites, Sentinel-2A e Sentinel-2B, lançados em 2015 e 2017, respectivamente. Possuem resolução temporal de 10 dias quando considerado a revisita de cada satélite, e de 5 dias com constelação combinada. Na Tabela 01 abaixo segue outras características (ESA, 2019).

**Tabela 01 - Sentinel-2**

<b>SENTINEL-2</b>		
<b>Bandas Espectrais</b>	<b>Comprimento de Onda Central (nanômetro)</b>	<b>Resolução Espacial</b>
(B1) AEROSOL COSTEIRO	442,7	60
(B2) AZUL	492,4	10
(B3) VERDE	559,8	10
(B4) VERMELHO	664,6	10
(B5) "RED EDGE 1"	704,1	20
(B6) "RED EDGE 2"	740,5	20
(B7) "RED EDGE 3"	782,8	20
(B8) NIR	832,8	10
(B8A) "RED EDGE 4"	864,7	20
(B9) VAPOR DE ÁGUA	945,1	60
(B10) SWIR CIRRUS	1373,5	60
(B11) SWIR	1613,7	20
(B12) SWIR	2202,4	20

**Fonte:** Adaptado de ESA (2019).

Visto isso, Figueiredo (2005, p.1), em sua definição sobre a ferramenta, evidencia que o sensoriamento remoto também está “associado a metodologias e técnicas de armazenamento, tratamento e análise destas informações”. Sendo assim, as imagens são armazenadas em arquivos de computador e posteriormente tratadas em ambientes SIG’s, qualificando o que podemos chamar de geoprocessamento.

Atualmente o sensoriamento remoto desponta como uma ferramenta de fundamental importância quando busca-se analisar o espaço, tendo grande relevância em diversos estudos que visam monitorar objetos e fenômenos ao longo do tempo; analisar áreas muito amplas, assim como áreas de difícil acesso; analisar distribuições espaciais; diminuir custos com campos; observar, analisar e monitorar espacialmente ações antrópicas sobre o ambiente natural, dentre outros.

## 2.4 – Fragilidade Ambiental

Para melhor compreensão deste conceito, o estudo da fragilidade ambiental será aqui trabalhado através de uma abordagem sistêmica, visando um melhor entendimento do meio físico integrado e dos processos antrópicos atuantes. Para isto, primeiramente serão trabalhados alguns conceitos relevantes, como geossistema e ecodinâmica.

Pode-se dizer que o conceito de geossistema teve sua origem na ex-URSS na década de 1960, com a finalidade de dar utilidade e objetividade à ciência geográfica em relação aos interesses do desenvolvimento do Estado Soviético (ROSS, 2006). Sotchava (1978), precursor do conceito geossistêmico, evidencia que a geografia

[...] deve estudar não os componentes da natureza, mas as conexões entre elas; não se deve restringir à morfologia da paisagem e suas subdivisões mas, de preferência, projetar-se para o estudo de sua dinâmica, estrutura funcional, conexões etc (SOTCHAVA, 1978 apud ROSS, 2006, p.23).

Embora os geossistemas sejam fenômenos naturais, deve-se levar em conta as ações antrópicas atuantes, pois os mesmos possuem a capacidade de interferir na dinâmica da paisagem. Sendo assim, os geossistemas devem ser entendidos como formações naturais que sofrem influência dos ambientes sociais, econômicos e tecnogênicos (ROSS, 2006). Sob essa visão, a Geografia poderia assumir um caráter de extrema relevância na prática social, isto é, se mostrar diretamente voltada para sua aplicabilidade em prol do desenvolvimento e planejamento do espaço, podendo assim, fugir o aprisionamento da ciência geográfica como meramente descritiva e caminhar em direção de um saber mais moderno, amplo e aplicável (op.cit.).

Posteriormente, a disseminação e influência da geografia física alemã na França proporcionou o desenvolvimento de novos estudos teórico-metodológicos do conhecimento geossistêmico, tendo o biogeógrafo Bertrand e o geomorfólogo Tricart como os nomes mais significativos (op.cit.).

Para trabalhar o conceito geossistêmico Bertrand (1971) apoia-se sobre a “ciência da paisagem”, em que, para ele, o Geossistema é uma unidade, um nível taxonômico na categorização da paisagem em função da escala, porém, não presa a ela. Nesse sentido, o novo conceito dialoga diretamente com as ideias advindas da ecologia, principalmente, com a noção de ecossistema. Não amparados numa dimensão espacial física limitada, mas sim, dinâmica, os geossistemas atuam para os processos naturais da mesma forma que os ecossistemas da ecologia, isto é, sendo multi escalar e independente de uma variável territorial fixa. Essa

abordagem, portanto, leva mais em consideração os processos com suas causas e implicações numa ótica orgânica, sistêmica, caracterizando assim, a ideia do geo-sistema (op. cit.).

Já Tricart (1977), desponta como o pioneiro no diálogo da teoria sistêmica na geografia, elaborando uma classificação ecodinâmica dos meios ambientes, no qual adota uma abordagem integrada da natureza e da sociedade. Ele parte da ideia de que na natureza as trocas de energia e matéria se dão através do equilíbrio dinâmico entre os elementos da paisagem, definindo que:

O conceito de unidade ecodinâmica é integrado no conceito de ecossistema. Baseia-se no instrumento lógico do sistema, e enfoca as relações mútuas entre os diversos componentes da dinâmica e os fluxos de energia/matéria no meio ambiente. (TRICART, 1977, p.32).

O mesmo utiliza-se da interação dos diversos elementos da natureza para buscar uma melhor conservação do meio, visando o desenvolvimento sem a degradação dos recursos ecológicos, conforme nos aponta:

[...] a gestão dos recursos ecológicos deve ter por objetivo a avaliação do impacto da inserção da tecnologia humana no ecossistema. Isso significa determinar a taxa aceitável de extração de recursos, sem degradação do ecossistema, ou determinar quais as medidas devem ser tomadas para permitir uma extração mais elevada sem degradação. (TRICART, 1977, p.32).

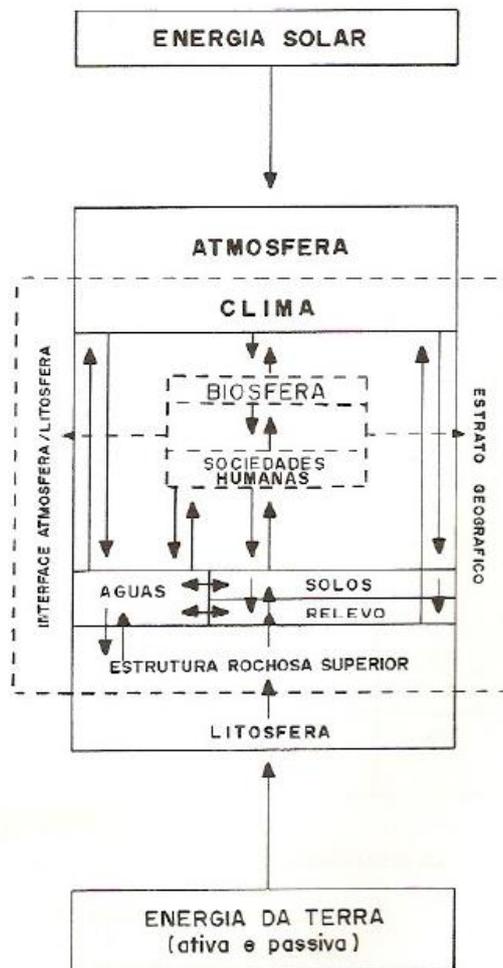
Portanto, diante da atual conformidade do nível de intensidade de influência da ação antrópica sobre o meio ambiente, pode-se inferir que, é difícil se identificar um possível ecossistema isento de quaisquer indícios oriundos das modificações impostas ao meio pelo ser humano, justamente pelo caráter sistêmico e orgânico do meio (TRICART, 1977).

Visto isso, Ross (1994) parte dos estudos das unidades ecodinâmicas para elaborar o conceito de fragilidade de ambientes, tanto naturais, quanto antropizados. Ele introduz o conceito partindo da relação da fragilidade dos ambientes pela intervenção humana com a ideia de equilíbrio. O autor afirma que antes das intervenções antrópicas, o meio coexistia em um estado de “equilíbrio dinâmico”. Porém, com o avanço tecnológico e desenvolvimento econômico que acompanhou a evolução do ser humano na história, muito se impactou no meio natural (ROSS, 2006). Sobretudo nos períodos de Industrialização, a natureza sofreu intensas investidas e degradações, tendo em vista a crescente necessidade de recursos e matérias-primas para permitir tais avanços técnico-científicos nos meios de produção e da organização socioespacial do ser humano.

A princípio, o desenvolvimento produtivo-econômico advindo das transformações impostas pela produção e exploração trouxe inúmeros benefícios para sociedade, como melhorias nas produções de alimento e infraestrutura para qualidade de vida. Porém, ao passo que as intervenções humanas continuavam, o antigo equilíbrio dinâmico natural existente começou a repercutir em diferentes escalas. Foi somente a partir do desenvolvimento da visão sistêmica do meio que se direcionou a ótica dos estudos ambientais para uma noção mais integrada da conformação espacial. Em outras palavras, percebeu-se o dinamismo dos processos existentes no meio e suas interdependências. Assim, a visão da fragilidade ambiental, conforme apresentada por Ross (2006) parte desse pressuposto geossistêmico e ecodinâmico da paisagem, cujas escalas vão desde eventos locais até mesmo proporções globais de ocorrência. Hoje, as questões em torno da situação climática do globo exemplificam esta relação, assim como a questão hídrica do Brasil. Tais discussões trouxeram à tona a ideia da manutenção do equilíbrio em todas as esferas dos processos naturais e não apenas na disponibilidade dos recursos em si para o aproveitamento antrópico. É fato que o desmatamento na Amazônia tem impactado cada vez mais no índice pluviométrico da região sudeste, por exemplo, que vem sofrendo fortes períodos de situações extremas, seja de estiagens prolongadas ou de casos de alagamentos e inundações nos centros urbanos. Justamente pela forma integrada como o equilíbrio dinâmico da natureza se comporta, a intervenção humana na degradação das paisagens naturais altera o fluxo energético dentro desse sistema, impactando, pois, também de forma sistêmica em todas as esferas desses processos (ROSS, 2006).

Diante disso, é impossível se pensar os processos naturais analisados numa ótica dissociada das demais condicionantes ambientais. Por exemplo, é equivocado se pensar na geomorfologia de uma região sem se considerar variáveis importantes como o clima ou a vegetação, e mais, sem se considerar os processos que são próprios dessas variáveis. Dentro disso, a ação antrópica também se enquadra, tendo em vista a configuração do ser humano como o grande modificador da paisagem natural. Para tanto, Ross propõe um fluxograma exemplificando essa interrelação do equilíbrio dinâmico natural e a ação antrópica, conforme a Figura 03:

### FLUXO DA RELAÇÃO SOCIEDADE / NATUREZA



**Figura 03:** Fluxo de Relação Sociedade/Natureza

Fonte: Ross (1994).

Pressupõe-se, então, que as sociedades humanas se encontram inseridas nessa totalidade de processos que ocorrem no globo, não devendo ser, pois, considerados como externos a ótica e escala de processos que ocorrem no meio físico, conforme aponta Ross (2006):

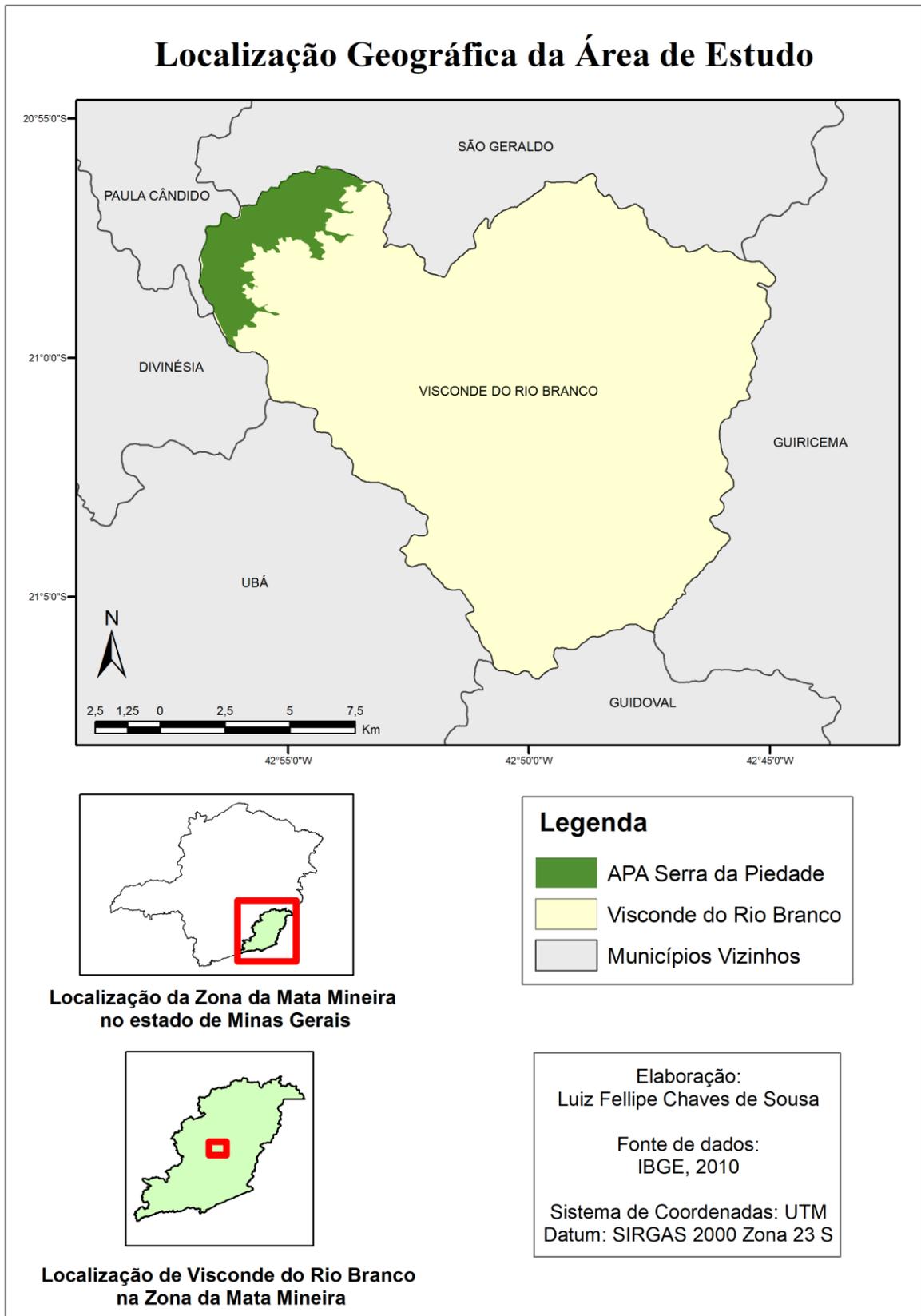
Diante desses conhecimentos, as sociedades humanas não devem ser tratadas como elementos estranhos à natureza e, portanto, aos ambientes onde vivem. Ao contrário, precisam ser vistas como parte fundamental dessa dinâmica representada pelos fluxos energéticos que fazem funcionar o sistema como um todo. Entretanto, as progressivas alterações até então inseridas pelos humanos nos diferentes componentes afetam cada vez mais a funcionalidade do sistema e, com frequência, induzem a graves processos degenerativos o ambiente natural, em um primeiro momento, e a própria sociedade, em prazos mais longos. Por isso, é cada vez mais urgente que se façam inserções tecnogênicas absolutamente compatíveis com as potencialidades dos recursos naturais, de um lado, e com as fragilidades dos sistemas ambientais, de outro. (ROSS, 2006, p.54)

### **3 – Caracterização da Área de Estudo**

#### **3.1 – O Município de Visconde do Rio Branco**

O Município de Visconde do Rio Branco – MG, está localizado na mesorregião fisiográfica denominada Zona da Mata Mineira, fazendo divisa com os municípios de São Geraldo, Guiricema, Ubá, Guidoal, Divinésia e Paula Cândido (Figura 04).

Sua extensão territorial é de aproximadamente 243,351 km<sup>2</sup>, comportando uma população estimada de 42.149 habitantes (IBGE, 2018) e localiza-se a 340 metros de altitude. A mesma insere-se dentro das coordenadas geográficas 21° 0' 37" a sul e 42° 50' 26" a oeste, tendo como principal rodovia de acesso ao município a BR-120 e BR-265.



**Figura 04** - Localização do Município de Visconde do Rio Branco e APA da Serra da Piedade.  
**Elaboração:** O autor.

### 3.1.1 – Breve Histórico Econômico

A região, atualmente ocupada pelo município de Visconde do Rio Branco, teve como seus primeiros habitantes os indígenas Croatos, Cropós e Puris, advindos do município de Campos dos Goytacazes, no litoral norte do estado do Rio de Janeiro, tal feito ocorreu devido a confederação de Tamoios, nos fins do século XVIII (VISCONDE DO RIO BRANCO, 2018).

Com a chegada dos colonizadores, as matas típicas da Zona da Mata Mineira, foram derrubadas para a agricultura de subsistência e pastagens, sendo automaticamente substituídas pela monocultura da cana-de-açúcar (SLAIBI, 2005). E, ainda segundo Slaibi (2005), o cultivo teve como primeiro objetivo fixar os indígenas nos aldeamentos, mas acabou por se tornar a principal fonte de renda da região, sendo ao longo de duzentos anos a cultura mais importante do município, passando a ter destaque na produção açucareira estadual entre 1822 e meados do século XX.

Porém, como todos os outros municípios produtores de cana-de-açúcar da época, o município de Visconde do Rio Branco também teve seu declínio por conta das crises econômicas, como nos mostra a passagem a seguir:

Em meados da década de 90, quando o setor açucareiro foi desmantelado por sucessivas crises econômicas nacionais, o município de Visconde do Rio Branco viu-se obrigado a se reestruturar, abrindo-se para outros setores. Assim, os canaviais, que formaram a identidade e a memória da população, a ponto de a cidade ter como codinome “Princesinha dos Canaviais”, foram substituídos pela fruticultura, milho e por pastagens (SLAIBI, 2005, p.85).

Como pode-se notar, o município teve como principal fonte econômica ao longo dos anos, a exploração do uso da terra, tendo sua principal fonte de produção a cana-de-açúcar. Para que a inclusão da monocultura pudesse se expandir a tal ponto, houve grande perda de biodiversidade gerada por meio do desmatamento, e talvez o assoreamento de corpos d’água devido a ação erosiva dos solos, assim como a compactação do mesmo. Mais uma vez é possível enxergar o quanto os meios naturais estão suscetíveis a mudanças, dos mais diferentes graus, e o quanto se faz necessário um estudo de fragilidade desses meios, levando não só em conta a questão histórica, como também a tomada de decisão para os atuais planejamentos ambientais.

O município hoje conta com a presença de pequenas, médias, e grandes indústrias que vem se instalando ao longo dos anos, pode-se citar aquelas de maior relevância sendo: “Pif – Paf Alimentos”, que trabalha desde 1974 na região como abatedouro de frangos e na produção de ração animal; e “Tial”, desde 1986, no ramo de produção de néctares. O município

atualmente também faz parte do terceiro maior polo moveleiro do país (constituído por 8 cidades da região), sendo o primeiro polo do estado de Minas Gerais.

### 3.2 – Área de Proteção Ambiental da Serra da Piedade

A APA-Piedade está localizada no município de Visconde do Rio Branco (MG), entre as longitudes 42°56'55" Oeste e 42°53'55" Oeste e as latitudes 20°56'00" Sul e 20°59'53" Sul. A APA possui uma área total de 1554 ha e uma altitude média de 352m, correspondendo ao divisor de importantes Bacias Hidrográficas do sudeste brasileiro: Bacias do Rio Paraíba do Sul e do Rio Doce (PACHECO, 2016).

As delimitações da APA da Serra da Piedade tem início na região rural de São Francisco de Cima, na divisa dos municípios de Visconde do Rio Branco e Divinésia, em cota de altitude de 500m; segue em rumo noroeste pela divisa, até o cume de cota altimétrica de 932 m, onde se encontra com as linhas divisórias dos municípios de Visconde do Rio Branco, Divinésia e Paula Cândido, segue rumo norte pela divisa dos municípios de Visconde do Rio Branco e Paula Cândido até a região denominada Alto de Santa Maria; segue em rumo leste pelo divisor de águas dos córregos Santa Maria e Milagres até a divisa dos municípios de Visconde do Rio Branco e São Geraldo até a região de Piedade de Cima na cota de altitude de 500m; segue pela curva de nível de cota altimétrica de 500 m até a região de São Francisco de Cima, onde teve início esta descrição (VISCONDE DO RIO BRANCO, 1996 apud SLAIBI, 2005, p.90).

As principais comunidades que ligam a APA são: Piedade de Cima, Santa Maria, e um pequeno trecho de São Francisco; a mesma encontra-se a uma distância aproximada de 11 km da área urbana de Visconde do Rio Branco (VISCONDE DO RIO BRANCO, 2013).

Seu processo de criação ocorreu devido a dois fatores de importância<sup>2</sup>, sendo, primeiramente, a descoberta de materiais arqueológicos na gruta da serra por moradores da zona rural de Piedade de cima. Contava entre esses, materiais como: peças cerâmicas, machados e ossadas indígenas. Esse primeiro fator levou a prefeitura de Visconde do Rio Branco, pela lei municipal nº26/85, a tombar “como Patrimônio Histórico a área da Serra da Piedade de Cima, onde estão situadas as cavernas naturais, onde estão relíquias antropológicas e arqueológicas de civilizações primitivas, encontradas naquele local”.

O segundo ocorreu após a homologação da serra como patrimônio histórico, pois, devido a tal feito, a população local passou a se interessar pela área e pela questão ambiental da mesma, tanto pelas questões arbóreas, como também pela existência das nascentes de três

---

<sup>2</sup> De acordo com SLAIBI (2005, p.115), em Área de proteção ambiental da Serra da Piedade: um estudo sobre Patrimônio Histórico-Ambiental e Participação Social em Visconde do Rio Branco – MG.

importantes rios que banham a região, o rio Xopotó, o ribeirão da Piedade, e o córrego Santa Maria.

A APA teve então sua criação em 30 de junho de 1994, por lei municipal nº 082, através da mobilização de uma parcela da população e de instituições públicas ligadas a questão ambiental, histórica e arqueológica, com o intuito de garantir a preservação do conjunto paisagístico, cultural, além de preservar flora, fauna, nascentes, grutas e sítios arqueológicos, bem como aplicar a legislação ambiental e o manejo das propriedades rurais que ali se encontram (SLAIBI, 2005).

### **3.3 – Aspectos Físicos e Ambientais**

A rede hidrológica da região é composta por cursos de água de pequeno volume, sendo os principais: córrego São Francisco, Água Fria, ribeirão Santa Maria, e Milagres. Estes, se juntam ao Rio Xopotó, que é afluente do Rio Pomba, que por sua vez desagua no Rio Paraíba do Sul. A região tem como principal bioma a Mata Atlântica, e pode ser caracterizado como clima Cwa, de acordo com a classificação de Köppen (VISCONDE DO RIO BRANCO, 2013).

A mesma insere-se nos Domínios Morfoclimáticos dos Mares de Morro (AB’SÁBER, 2012), atribuídos em função das feições externas e aparentes de seu relevo, caracterizado por morros arredondados ou mamelonares. Tal feição deve-se ao fato desse relevo ser muito antigo, resultando da formação de dobramentos da Era Pré-Cambriana, sendo, portanto, muito desgastado por agentes exógenos, o que contribui para a formação de vertentes com topos arredondados.

Já em relação a pedologia, estudos de solos na área comprovavam a existência de Argissolos Vermelho-Amarelos eutrófico (PVAe), Argissolos Vermelho-Amarelos distróficos (PVAd) e Cambissolo Háptico eutrófico (CXbe) (UFV et al, 2010).

De acordo com os mapas geológicos da região, Folha VIÇOSA - SE.23-X-B-V produzida pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, 2011), e SF.23-X-D-II - UBÁ produzida pela Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais (CODEMIG, 2013), ambos em escala 1:100.000, o município está situado no complexo da Mantiqueira, de era paleoproterozóica, agrupando hornblenda-biotita, ortognaisse bandado tonalítico a granítico, e anfíbolito, assim como suíte pegmatítica Paula Cândido e depósitos aluviais cenozóicos.

## 4 – Materiais e Métodos

Primeiramente serão apresentados os materiais utilizados para a confecção do trabalho e, posteriormente, os métodos utilizados para elaborar o mapa de fragilidade ambiental do município de Visconde do Rio Branco – MG.

### 4.1 – Materiais

- Modelo Digital de Elevação – MDE Alos Palsar, com resolução espacial de 12,5 metros, obtida no *site* da Alaska Satellite Facility, no formato GEOTIFF de 32 bits.
- Imagem de satélite multiespectral do sensor MSI/Sentinel-2, com resolução espacial de 10 metros, fusionadas (Banda do Vermelho (B04), Banda do Verde (B03) e Banda do Azul (B02)). A imagem é referente ao dia 01 de novembro de 2018 e foi obtida gratuitamente no *site* do Copernicus (European Union's Earth Observation Programme).
- Software ArcGIS 10.4®, utilizado para o processamento de dados e elaboração de mapas.
- Arquivos vetoriais *shapefile* (mapa de solos do Estado de Minas Gerais), baixados no *site* da Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM.
- Arquivos vetoriais *shapefile* (limite APA Piedade), obtido com a Prefeitura Municipal de Visconde do Rio Branco – MG.
- Arquivos vetoriais *shapefile* (limite municipal, estadual e mesorregiões), baixados no *site* do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE.
- Arquivos vetoriais *shapefile* (hidrografia), baixados no *site* do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE.
- Dados climatológicos obtidos com a Prefeitura Municipal de Visconde do Rio Branco – MG.

### 4.2 – Métodos

Para a elaboração do mapa de fragilidade ambiental foi utilizado a metodologia proposta por Ross (1994), com apoio nas classes de declividade. Para isso foram confeccionados mapas suportes, que serão aqui denominadas como variáveis, sendo elas: solo, pluviosidade, declividade e uso e ocupação da terra. As classes presentes em cada uma das variáveis foram pontuadas de acordo com o seu grau de fragilidade, recebendo pesos que variam de 1 a 5, onde,

1 equivale a áreas de fragilidade muito baixa, subindo hierarquicamente a 5, equivalente a áreas de fragilidade muito alta (Tabela 02).

**Tabela 02 - Níveis de Fragilidade**

<b>Níveis de Fragilidade</b>	<b>Peso</b>	<b>Descrição</b>
Muito Baixa	1	Pouco dissecadas a planas, pouca drenagem e baixo potencial erosivo.
Baixa	2	Dissecação baixa, pouca drenagem e baixo potencial erosivo.
Média	3	Dissecação média a alta, densidade de drenagem de média a alta, sujeitas a fortes atividades erosivas.
Alta	4	Muito dissecadas, alta densidade de drenagem, sujeitas a processos erosivos agressivos.
Muito Alta	5	Dissecação muito intensa, densidade de drenagem alta em vales muito entalhados, processos erosivos intensos.

**Fonte** – Adaptado de Ross (1994).

Posteriormente, foram cruzadas as variáveis referentes a: solos, pluviosidade, declividade, e uso e ocupação da terra, obtendo-se assim o mapa final de fragilidade ambiental ou, mapa de fragilidade emergente. Todas as análises foram realizadas no software ArcGIS 10.4®.

Tal processo será aqui descrito a partir de subtópicos para cada variável, onde será apresentado os procedimentos técnico-operacionais adotados no software ArcGIS® em uso durante o geoprocessamento dos dados.

#### **4.2.1 – Solos**

Os dados referentes aos solos foram obtidos no site FEAM, onde foi possível obter o mapeamento de solos em escala 1:650.000, referente ao Estado de Minas Gerais. Em ambiente SIG utilizou-se da ferramenta *clip* para extrair as feições das classes de solos presentes no município de Visconde do Rio Branco. Cada classe recebeu seus respectivos pesos de acordo com o seu nível de fragilidade<sup>3</sup>. Foram eles:

<sup>3</sup> Os pesos foram obtidos através do estudo de ROSS, em: Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados.

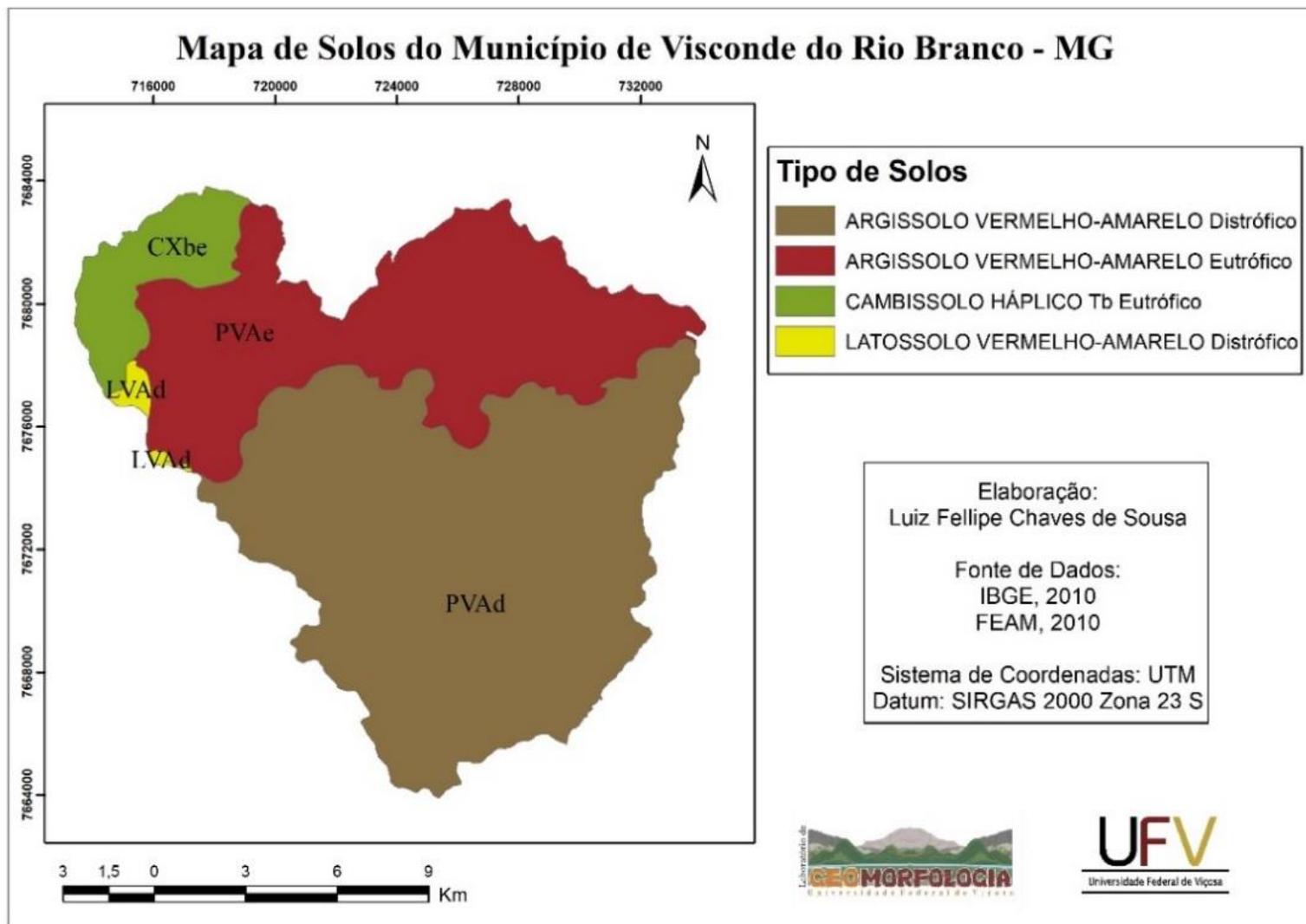
**Tabela 03 - Classes de Solo.**

<b>Sigla</b>	<b>Descrição do Solo</b>	<b>Área (%)</b>	<b>Pesos</b>
PVAd	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico	58	3
PVAe	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico	34	3
Cxbe	CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico	7,2	4
LVAd	LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico	0,8	1

**Fonte:** Adaptado de Ross (1994).

Os pesos são atribuídos a cada classe segundo diversos critérios, como nos afirma Ross (1994, p. 67): “Os critérios utilizados para a variável solos passa pelas características de textura, estrutura, plasticidade, grau de coesão das partículas e profundidade/espessura dos horizontes superficiais e subsuperficiais.”

Segue a seguir o mapa de solos do município (Figura 05):

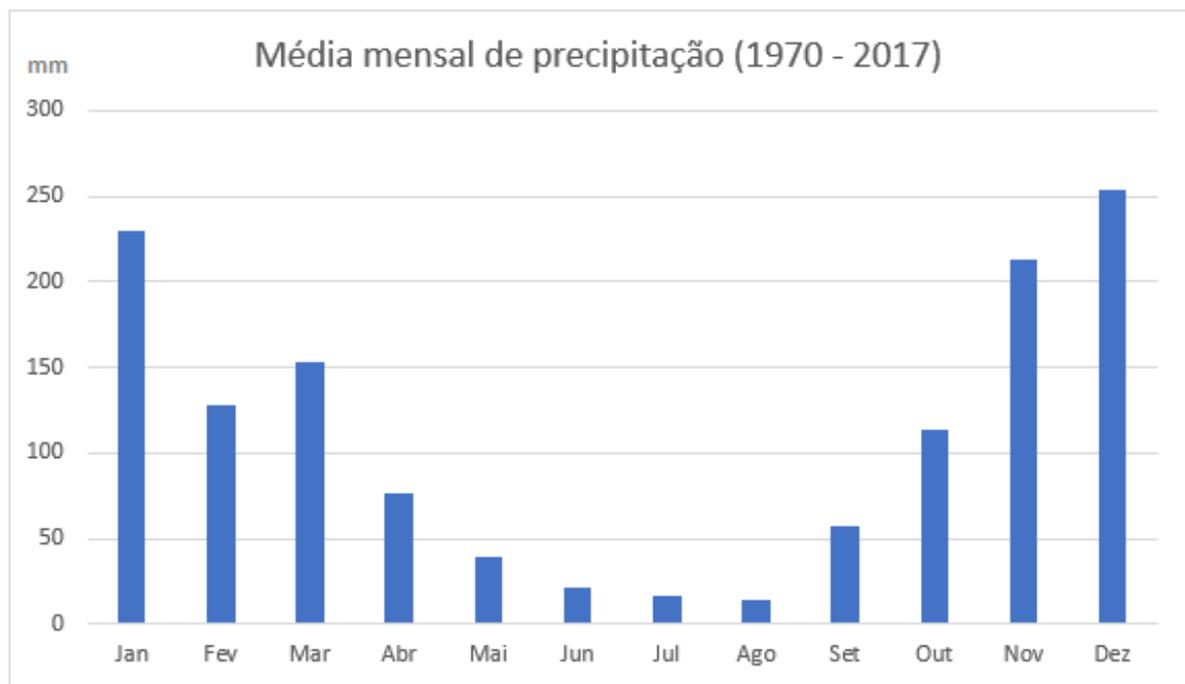


**Figura 05** – Mapa de Solos do Município de Visconde do Rio Branco – MG  
Elaboração: O Autor.

#### 4.2.2 – Pluviosidade

Para que o mapa de pluviosidade pudesse ser confeccionado de acordo com o peso atribuído a cada classe, foi elaborado um histograma da média mensal de precipitação referente a série histórica dos anos de 1970 a 2017 (Figura 06).

Os dados para a confecção do histograma foram captados pela estação meteorológica de uma antiga empresa instalada na região, hoje não mais existente, a Companhia Açucareira Rio Branquense, e cedidos pela Prefeitura Municipal de Visconde do Rio Branco<sup>4</sup>.



**Figura 06** – Precipitação (Série Histórica)

**Fonte:** Prefeitura Municipal de Visconde do Rio Branco – MG. **Elaboração:** Laboratório de Geomorfologia do Quaternário – UFV.

A partir do histograma foi possível compreender a sazonalidade da chuva e definir o melhor peso para a variável pluviosidade, de acordo com os níveis hierárquicos dos comportamentos pluviométricos, definidos por Ross. Como a região não apresenta estações meteorológicas, foi utilizado somente os dados cedidos pela prefeitura, e extrapolados para o município como um todo, sendo assim, a região apresentou somente uma classe, na qual a situação pluviométrica do município se enquadra em uma distribuição anual desigual, com períodos secos entre 2 e 3 meses no inverno, e no verão com maiores intensidades de dezembro

<sup>4</sup> Devido ao projeto “Instrumentação, monitoramento e recuperação na APA da Serra da Piedade em Visconde do Rio Branco – MG” em parceria com o Laboratório de Geomorfologia do Quaternário – Departamento de Geografia, UFV.

a março; visto isso, atribuiu-se peso 3, referente a média fragilidade (Tabela 04). A mesma não será apresentada na forma de figura, visto que o mapa elaborado se apresenta de forma homogênea para todo o município, devido a existência de somente uma classe.

**Tabela 04 - Níveis hierárquicos dos comportamentos pluviométricos.**

<b>Níveis Hierárquicos</b>	<b>Características Pluviométricas</b>
1 - Muito Baixa	Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 1000 mm/ano
2 - Baixa	Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 2000 mm/ano
3 - Média	Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com períodos secos entre 2 e 3 meses no inverno, e no verão com maiores intensidades de dezembro a março
4 - Alta	Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com período seco entre 3 a 6 meses, e alta concentração das chuvas no verão entre novembro e abril quando ocorrem de 70 a 80% do total das chuvas
5 - Muito Forte	Situação pluviométrica com distribuição regular, ou não, ao longo do ano, com grandes volumes anuais ultrapassando 2500mm/ano; ou ainda, comportamentos pluviométricos irregulares ao longo do ano, com episódios de chuvas de alta intensidade e volumes anuais baixos, geralmente abaixo de 900mm/ano (semi-árido)

Fonte: Spörl C, 2001, p. 84

#### 4.2.3 – Declividade

Através do Modelo Digital de Elevação – MDE Alos Palsar, que fornece registros altimétricos para cada pixel da imagem, e da ferramenta *slope*, foi possível gerar a declividade da região mensurada em porcentagem, de acordo com os critérios estabelecidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa (1979). Tal ferramenta encontra-se disponível no caminho: *Arctoolbox > Spatial Analyst tools > Surface > Slope*.

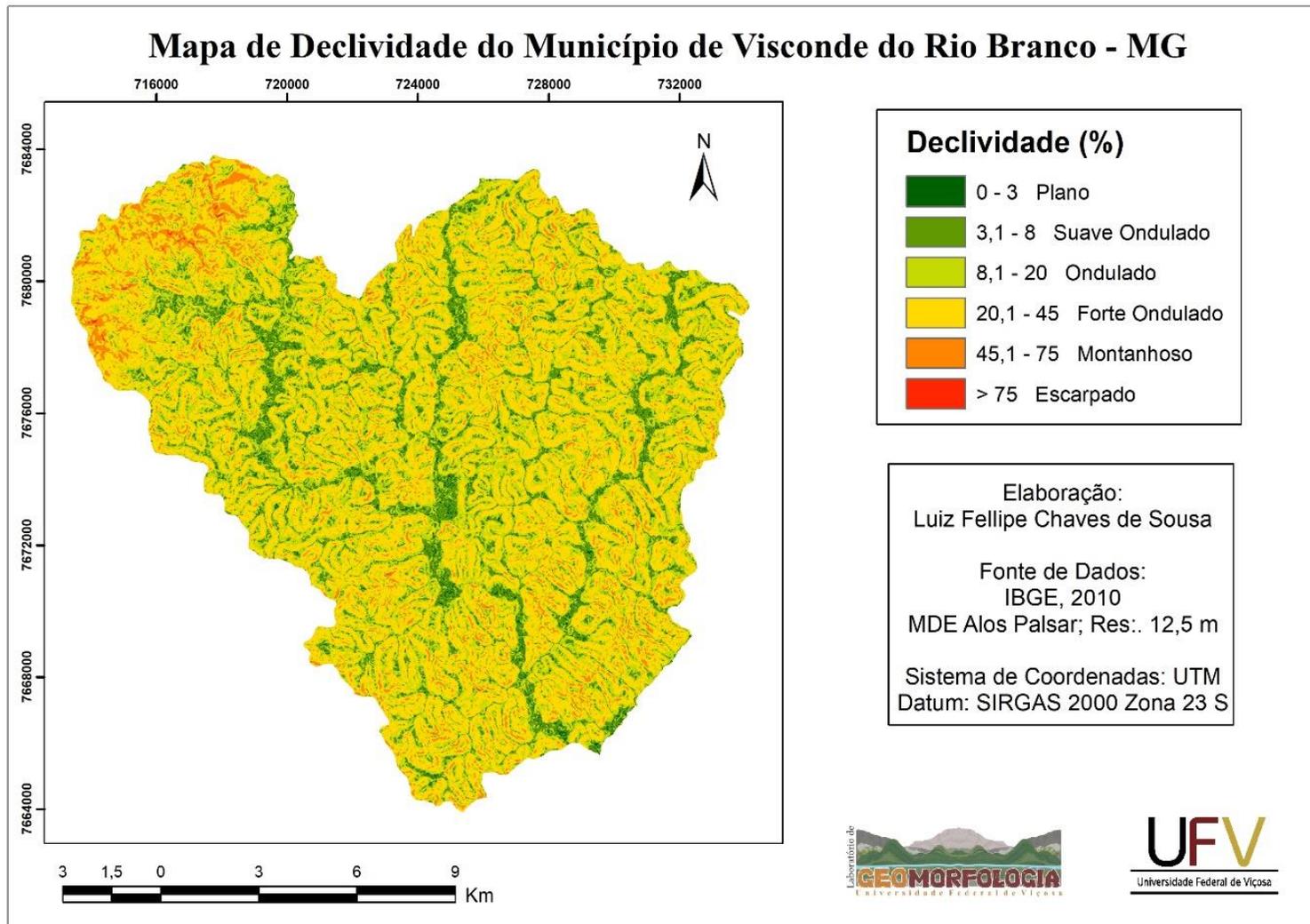
Segue as classes encontradas com seus respectivos pesos (Tabela 05). Note que os relevos montanhoso e escarpado encontram-se juntos pois ambos possuem o mesmo peso.

**Tabela 05 - Classes de Declividade.**

<b>Declividade</b>	<b>Descrição do relevo</b>	<b>Área (%)</b>	<b>Pesos</b>
0 - 3	Plano	2	1
3,1 - 8	Suave ondulado	13	2
8,1 - 20	Ondulado	30	3
20 - 45	Forte ondulado	49	4
> 45	Montanhoso e Escarpado	6	5

**Fonte:** Adaptado de Valle et al. (2016).

Segue o mapa referente a declividade (Figura 07):



**Figura 07** – Mapa de Declividade do Município de Visconde do Rio Branco – MG  
**Elaboração:** O autor.

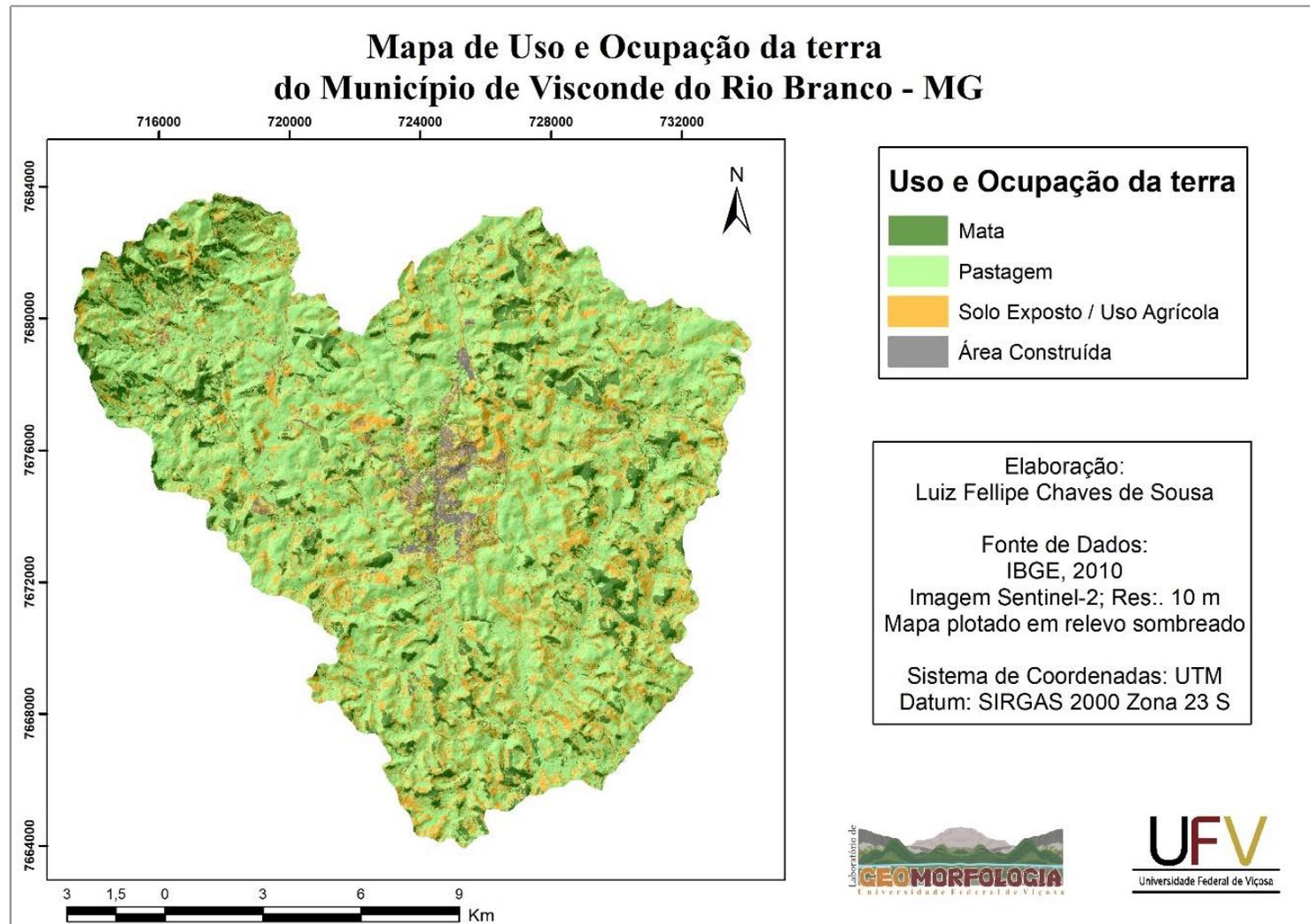
#### 4.2.4 – Uso e Ocupação da terra

O mapa de uso e ocupação da terra foi elaborado a partir do método de classificação supervisionada de imagem.

Foi realizado a coleta de diversos pixels distribuídos pela imagem Sentinel – 2, com o intuito de treinar o classificador a reconhecer a característica espectral referente a cada classe de interesse, já predeterminadas. Após a vetorização dos pontos foi feita a assinatura espectral, disponível no caminho: *Arctoolbox > Spatial Analyst tools > Create Signatures*.

O algoritmo de classificação utilizado foi o de Máxima Verossimilhança - MaxVer presente no software ArcGis®. “O MaxVer é o método de classificação que considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes, utilizando parâmetros estatísticos” (INPE, 1997).

Após a classificação foi obtido o seguinte resultado (Figura 08):



**Figura 08** – Mapa de Uso e Ocupação da terra do município de Visconde do Rio Branco – MG

**Elaboração:** O autor.

Para avaliar a acurácia da classificação, foi calculado o índice de Kappa. O mesmo é um processo estatístico baseado na concordância, variando de 0 a 1, onde 0 equivale a concordância nula, e 1 equivale a concordância perfeita (MENEZES E ALMEIDA, 2012). O coeficiente demonstra o quanto as observações se afastam daquelas esperadas, fornecendo assim, a autenticidade das interpretações.

O coeficiente obtido na classificação do Uso e Ocupação da terra foi de 0,75, que segundo Landis e Kock (1977), Tabela 06, equivale ao índice  *muito bom*  de concordância.

**Tabela 06 - Índice Kappa (k)**

<b>Coeficiente Kappa (k)</b>	<b>Concordância</b>
0 - 0,20	Ruim
0,21 - 0,40	Razoável
0,41 - 0,60	Bom
0,61 - 0,80	Muito Bom
0,81 - 1	Excelente

**Fonte:** Concordância com base no índice de Kappa (LANDIS & KOCK, 1977).

Posteriormente, com a legitimação da classificação, foram distribuídos os pesos para cada classe levantada, conforme Tabela 07 abaixo.

**Tabela 07 - Classes de Uso e Ocupação da terra**

<b>Uso e Ocupação da terra</b>	<b>Área (%)</b>	<b>Pesos</b>
Mata	14	1
Pastagem	59	4
Solo Exposto / Uso Agrícola	24	5
Área Construída	3	3

**Fonte:** Adaptado de Ross (1994).

#### **4.2.5 – Fragilidade Ambiental**

Após gerados, os mapas foram reclassificados com os pesos de cada variável segundo a metodologia proposta por Ross (1994), foi-se então, gerado o mapa final de fragilidade ambiental para o estudo em questão, considerando-se a correlação numérica dos pesos de cada variável. Essa correlação é expressa por um dígito numérico composto de quatro algarismos, onde cada um representa uma variável ordenada respectivamente de acordo com o grau de influência e relevância para a fragilidade ambiental.

De acordo com a metodologia Ross (1994), tem-se que a declividade é o fator de maior relevância, sendo seguido pelo fator solos, uso e ocupação da terra, e por fim, pluviosidade. Por exemplo, em uma dada área, supõe-se obter a correlação numérica 5433. Dessa forma, tem-se que o 1º dígito (5) representa, segundo os pesos citados anteriormente para o critério declividade na Tabela 03, um relevo montanhoso/escarpado; o 2º dígito (4), representa, por sua vez, o solo Cambissolo háplico CXbe, segundo a Tabela 02; o 3º dígito (3), representa o uso da terra para áreas construídas, conforme a Tabela 04; e o 4º dígito (3), representa a pluviosidade média.

A partir desta reclassificação foi aplicada a função algébrica de mapas disponíveis no software ArcGIS 10.4®, correspondente a equação proposta por Siqueira et al (2012), gerada por meio da ferramenta *Raster Calculator*, disponível em: *Arctoolbox > Spatial Analyst tools > Map Algebra*. Esta função considera diferentes pesos para cada variável mapeada, seguindo a ordem de relevância para o caso de fragilidade ambiental com apoio nas classes de declividade proposta por Ross (1994). Abaixo segue a equação como proposta por Siqueira et al (2012):

$$FA = [(Fd*1000) + (Fs*100) + (Fu*10) + Fp]$$

onde:

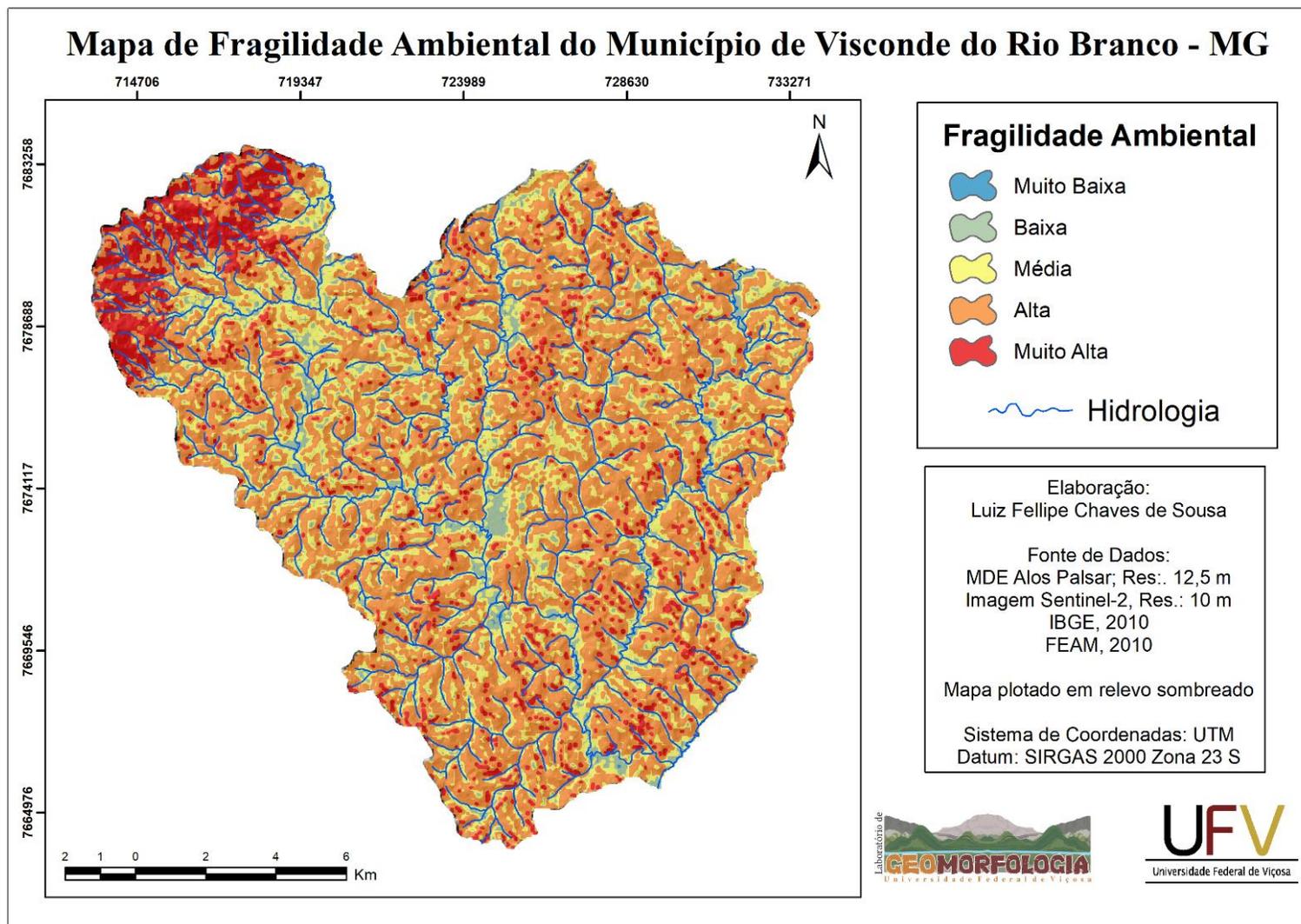
- FA = Fragilidade Ambiental;
- Fd = Fragilidade do tema declividade;
- Fs = Fragilidade do tema solos;
- Fu = Fragilidade do tema uso do solo;
- Fp = Fragilidade do tema pluviosidade.

Por fim, em *Layer Properties > Symbology > Classified*, foram configuradas no esquema de cor *Prediction*, de modo a tornar mais compreensível a visualização das classes de fragilidade, sendo que, as regiões mais avermelhadas correspondem a maiores condições de fragilidade, enquanto que, as áreas mais azuladas refletem condições de menor fragilidade.

O produto gerado será apresentado na seção subsequente, onde serão feitas as devidas análises e discussões.

## **5 – Resultado e Discussões**

Neste momento, primeiramente, apresenta-se o mapa gerado com a distribuição espacial das áreas de fragilidade ambiental para o município em questão, bem como para a área de proteção ambiental. Em seguida, serão discutidos os resultados analisados de acordo com níveis de fragilidade, estes associados às variáveis utilizadas anteriormente, bem como a porção correspondente a cada classe de fragilidade no município, em geral, e especificamente na APA



**Figura 09** – Mapa de Fragilidade Ambiental do Município de Visconde do Rio Branco - MG  
**Fonte:** O autor.

Foram observadas duas áreas distintas em relação a fragilidade no município, uma que se destaca pela condição de fragilidade muito alta, predominante na APA-Piedade, e a outra caracterizada pela intercalação de áreas de média e alta fragilidade, situada nas demais regiões da área de estudo.

Em linhas gerais, o produto final nos apresenta 2% de área com fragilidade ambiental classificada como *muito baixa* (Tabela 08), correspondendo a uma pequena porção da amostra, configurando-se assim, de pouco relevância para o estudo em questão. Já na classe *baixa*, situam-se regiões de relevo mais aplainados, próximos aos cursos hídricos, e fracamente urbanizadas, que representam 13% do sítio. As áreas classificadas com *média* fragilidade apresentam-se dispostas por todo o município, ocupando 30% do território, referindo-se, em sua maioria, às áreas com predomínio de relevo ondulado e forte ondulado. Na declividade forte ondulada, prevalecem espaços caracterizados por *alta* fragilidade, estes ocupam a maior fração do território municipal – que também, no que diz respeito ao uso e ocupação, são dominados por pastagens –, representando 46% do conjunto territorial. As áreas com predominância de fragilidade ambiental *muito alta*, 9%, referem-se aos relevos de caráter montanhoso e escarpado, concentrando-se quase que exclusivamente na região da APA-Piedade, e em pontos específicos do município. Além disso, os cambissolos inserem-se nos limites da área de proteção, contribuindo para suscetibilidade da mesma, enquanto nas demais localidades predominam solos com menor peso no cálculo da fragilidade.

**Tabela 08** - Níveis de Fragilidade Ambiental em relação a Área do Município

Níveis de Fragilidade Ambiental	Área do Município (%)
Muito Baixa	2
Baixa	13
Média	30
Alta	46
Muito Alta	9

**Elaboração:** O autor

Foram observadas outras áreas tidas como *baixa* fragilidade, coincidindo em grande medida com os cursos hídricos presente no município. Tais áreas são menos declivosas e segundo as leis ambientais de áreas de proteção permanente (APP), com o Novo Código Florestal, tendem a ser áreas com maior índice de preservação da vegetação (matas ciliares).

Já na região da APA-Piedade, conforme aponta o mapa final, é possível notar a predominância de áreas com maiores índices de fragilidade. Quando analisada separadamente,

a região apresenta 68,62% da área referente a fragilidade muito alta, e 26,34%, referente a alta fragilidade (Tabela 09). Pode-se inferir, a partir dos estudos aqui realizados e da pesquisa bibliográfica feita ao longo da realização deste trabalho, tal característica relacionada a alguns fatores chave na compreensão desta condição. Observa-se pelo mapa de uso e ocupação da terra, uma forte presença de solos expostos e pastagens dentro dos limites da área de proteção. Com os altos índices de declividade também presente nessa região, tem-se uma maior susceptibilidade do solo, devido ao escoamento superficial e processos erosivos que podem vir a ocorrer diante dessas peculiaridades. A presença de vegetação nas áreas de encosta muito contribui para uma menor perda dos solos.

**Tabela 09** - Níveis de Fragilidade Ambiental em relação a Área da APA-Piedade

<b>Níveis de Fragilidade Ambiental</b>	<b>Área da APA-Piedade (%)</b>
Muito Baixa	0,04
Baixa	1,37
Média	3,63
Alta	26,34
Muito Alta	68,62

**Elaboração:** O autor.

Nas regiões de média e alta fragilidade, predomina-se no uso e ocupação da terra, pastagens e solos expostos. Nessas áreas, encontra-se também, a área urbana da sede do município de Visconde do Rio Branco, com a intensa impermeabilização do solo pelas infraestruturas antrópicas. Nota-se, porém, que apesar de serem classificadas como peso 3 no cálculo da fragilidade, a zona ocupada pela cidade não configura por si só uma forte influência no produto final. Tal condição corrobora a premissa da abordagem geossistêmica, em que as variáveis adquirem maior importância quando postas umas em relação com as outras, demonstrando o caráter orgânico e complexo dos processos naturais. Nesse sentido, a Análise Multicritério aqui mostra-se de extrema relevância para se alcançar um produto final representativo das condições locais.

## 6 - Conclusão

Com os resultados obtidos e discutidos na sessão anterior, torna-se possível pontuar algumas considerações acerca da Fragilidade Ambiental da área de estudo desta pesquisa:

- Por meio da metodologia proposta por Ross, percebe-se a relevância de cada variável estudada no âmbito geossistêmico, conforme abordado na referenciação teórica desta pesquisa, ratificando o caráter indissociável das variáveis para um estudo completo sobre processos naturais, como é o caso da Fragilidade Ambiental.

- Sem a Análise Multicritério, a informação final gerada se mostraria comprometida, de modo que não seriam levadas em considerações todas as condicionantes da situação de fragilidade.

- A declividade atua como fator principal na construção do mapa de Fragilidade Ambiental por meio da metodologia proposta por Ross, sendo que o mapa gerado tem maior relação com o mapa de declividade. Justamente pela Análise Multicritério, pode-se observar uma melhor adequação da realidade da fragilidade, incluindo mais fatores condicionantes de modo a contemplar uma gama maior de informações compiladas obtendo, por fim, mais consistência e representatividade dos critérios adotados.

- Pelo fato de apresentar índice semelhante ao longo de todo o território estudado, o critério de pluviosidade foi considerado como de menor relevância na elaboração do mapa final, o que, porém, não exclui sua relevância na consideração do estudo de caso em questão.

- A APA Serra da Piedade apresentou alta fragilidade devido à maior declividade do relevo, e presença de mais solos expostos e pastagens, o que para regiões declivosas configura-se como um fator crítico para a manutenção do geossistema local, acarretando em um maior índice de dissecação do relevo.

- Faz-se necessário para posteriores estudos um mapeamento mais detalhado das variáveis da área, em escalas maiores, para que o estudo apresente uma maior representatividade da realidade local, visto que as escalas trabalhadas foram pequenas, como o caso do mapeamento de solos obtido do FEAM de 1:650.000, o que ofereceu pouco detalhamento.

- Também, para posteriores estudos, seria interessante a coleta de uma amostragem maior referente à precipitação, de modo a se obter informações mais detalhadas da área de estudo para geração de um produto final com maior correspondência à região.

Os estudos relacionados as temáticas de fragilidade ambiental contribuem para o avanço referente as discussões dentro das ciências geográficas ao abordarem sobre a utilização dos recursos naturais e do ordenamento territorial, considerando a capacidade suporte dos ecossistemas, que está diretamente associada com as características específicas de cada paisagem natural.

Sendo assim, sabe-se que para um adequado planejamento ambiental, sob uma perspectiva sistêmica, quanto mais abrangente for o banco de dados, de informação relacionadas ao meio ambiente em questão, melhores serão os resultados.

Desta forma, o presente trabalho contribui como importante ferramenta na tomada de decisão para o Poder Público, oferecendo informações com potencial de serem utilizadas no planejamento físico territorial do município.

## 7 – Referências Bibliográficas

AB'SÁBER, A. N. **Os Domínios da Natureza no Brasil: Potencialidades Paisagísticas**. 7. ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2012. 158 p.

ALASKA SATELLITE FACILITY (Estados Unidos). Nasa. **Vertex**. Disponível em: <https://vertex.daac.asf.alaska.edu/>. Acesso em: 15 mar. 2019.

AMARAL, C. H. **Plataformas Orbitais**. Notas de aula. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Florestal. 2017.

ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistema de informações geográficas: Aplicações na agricultura**. Brasília, EMBRAPA, 1998.

BERTRAND, G. **Paisagem e geografia física global**. Esboço metodológico. Tradução de Olga Cruz. Editora UFPR. Revista RAÍGA, Curitiba, n. 8, p. 141-152, 2004.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Lei no. 9985**, de 18 de Julho de 2000. Instituiu o Sistema Nacional das Unidades de Conservação da Natureza. Brasília, 2000.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. **Introdução ao geoprocessamento**. São José dos Campos: INPE. p. 1-5, 2001. Disponível em: <http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.19.13.48/doc/cap1-introducao.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2019.

CODEMIG. Companhia de desenvolvimento econômico de Minas Gérias. **Mapa geológico do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte. 2013. Disponível em: <http://www.portalgeologia.com.br/index.php/mapa/>. Acesso em: 21 mar. 2019.

COPERNICUS. European Union's Earth Observation Programme. **Imagem Sentinel-2**. Disponível em: <https://scihub.copernicus.eu/>. Acesso em: 16 mar. 2019.

CPRM. Serviço geológico do Brasil. **Folha Viçosa SE 23 X-B-V**, Brasília. 2011. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/17798/1/vicosa.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2019.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos**. Rio de Janeiro, 1979. 83p. (EMBRAPA-SNLCS. Micelânea, 1). Disponível em: [http://library.wur.nl/isric/fulltext/isricu\\_i00006739\\_001.pdf](http://library.wur.nl/isric/fulltext/isricu_i00006739_001.pdf). Acesso em: 11 maio. 2019.

ESA. European Space Agency. **Sentinel Online**. 2019. Disponível em: <https://earth.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi>. Acesso em: 01 jul. 2019.

FIGUEIREDO, D. **Conceitos básicos de sensoriamento remoto**. 2005. 32 p.

GUERRA, A. J. T.; LOPES, P. B. M.; FILHO, R. D. S. Características geográficas e geomorfológicas da Apa petrópolis, RJ. **Revista brasileira de geomorfologia** - ano 8, nº 1, p. 77-86, 2007.

IBGE. **Cidades**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/visconde-do-rio-branco/panorama>>. Acesso em: 25 abril. 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geociências**. 2008. Disponível em:<<https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>>. Acesso em: 19 mar. 2019.

INPE. **Manual do Spring: Tutorial de Geoprocessamento**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1997. Disponível em:<<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/index.html>>. Acesso em: 16 maio. 2019.

LANDIS, J.R. e KOCH, G.G. **The measurement of observer agreement for categorical data**. **Biometrics**, v.33, n.1, p. 159-174, 1977. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/2529310>>. Acesso em: 03 jun. 2019.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília: UnB, 2012.

NOVO, E. M. L. M.; PONZONI, F. J. **Introdução ao sensoriamento remoto**. Instituto Nacional, 2001.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto, Princípios e Aplicações**. 4ª edição. São Paulo: Edgard Blucher, 2010.

PACHECO, F.F. **Análise multicritério aplicada na seleção de áreas aptas a construção de barraginhas em relevo forte ondulado**. Monografia de conclusão de Bacharelado em Geografia. UFV. 2016.

ROSA, R. Geotecnologias na geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 16, 2005. p. 81-90.

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

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

SAUER, C. O. **A morfologia da paisagem**. In: CORRÊA, R. L.; ROSENDAHL, Z. (Org.). Paisagem, tempo e cultura. Rio de Janeiro: EDUERJ, 1998.

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

SIQUEIRA, R. V.; RIBEIRO, J. H.; OLIVEIRA, W. N.; FERREIRA, N. C. **Mapa de fragilidade ambiental com apoio nas classes de declividade na bacia hidrográfica do rio João Leite**. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Bonito, MS, 2012. Embrapa Informática Agropecuária, INPE, p.700-711.

SLAIBI, T. H. D. A. **Área de proteção ambiental da serra da piedade: um estudo sobre patrimônio histórico-ambiental e participação social em Visconde do Rio Branco-MG**. Tese de conclusão de Mestrado em Extensão Rural. UFV. 2005.

SPÖRL, C. **Análise da fragilidade ambiental relevo-solo com aplicação de três modelos alternativos nas altas aacias do Rio Jaguari-Mirim, Ribeirão do Quartel e Ribeirão da Prata**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2001.

TRICART, J. **Ecodinâmica**, Rio de Janeiro: IBGE, 1977. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/ecodinamica.pdf>>. Acesso em: 15 maio 2019.

UFV - CETEC - UFLA - FEAM. **Mapa de solos do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte, Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010. 49p. Disponível em: <<http://www.feam.br/noticias/1/949-mapas-de-solo-do-estado-de-minas-gerais>>. Acesso em: 26 abril. de 2019.

VALLE, I. C.; FRANCELINO, M. R.; PINHEIRO, H. S. K. Mapeamento da Fragilidade Ambiental na Bacia do Rio Aldeia Velha, RJ. **Floram-Revista Floresta e Ambiente**, 2016, v23.2: p. 295-308.

VISCONDE DO RIO BRANCO. Prefeitura Municipal de Visconde do Rio Branco-MG. **História**. 2018. Disponível em: <<http://www.viscondedoriobranco.mg.gov.br/historia/>>. Acesso em: 20 abril. 2019

VISCONDE DO RIO BRANCO. Prefeitura Municipal de Visconde do Rio Branco, MG. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Visconde do Rio Branco**. 2013. Disponível em: <<http://www.viscondedoriobranco.mg.gov.br/wp-content/uploads/2017/06/LEI-COMP-59-2016.pdf>>. Acesso em: 26 abril. 2019.