

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CAMPUS DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

DIONATAN MIRANDA DA SILVA

**QUANTIFICAÇÃO DOS GRAUS DE VULNERABILIDADE DAS PAISAGENS DO
MUNICÍPIO DE MIRANDA-MS**

AQUIDAUANA - MS
2020

DIONATAN MIRANDA DA SILVA

**QUANTIFICAÇÃO DOS GRAUS DE VULNERABILIDADE DAS PAISAGENS DO
MUNICÍPIO DE MIRANDA-MS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Geografia, como exigência do curso de Mestrado em Geografia do Campus de Aquidauana da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, sob a orientação do Profº. Dr. Emerson Figueiredo Leite.

AQUIDAUANA - MS
2020

FOLHA DE APROVAÇÃO

DIONATAN MIRANDA DA SILVA

QUANTIFICAÇÃO DOS GRAUS DE VULNERABILIDADE DAS PAISAGENS DO MUNICÍPIO DE MIRANDA-MS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Geografia, como exigência do curso de Mestrado em Geografia do Campus de Aquidauana da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, sob a orientação do Prof^o. Dr. Emerson Figueiredo Leite.

Resultado: _____

Aquidauana, 17 de dezembro de 2020.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Emerson Figueiredo Leite
Orientador

Prof. Dr. André Geraldo Berezuk
(UFGD)

Prof.^a Dr.^a Elisângela Martins de Carvalho
(UFMS)

DEDICATÓRIA

A Deus.

À minha esposa Aline.

À minha mãe Preanice.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela saúde, principalmente em tempos difíceis com os quais estamos vivendo atualmente.

Agradeço a Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus de Aquidauana/MS, e ao Programa de Pós-Graduação em Geografia pela oportunidade de desenvolvimento do trabalho.

Agradeço a todas as pessoas que direta ou indiretamente participaram da concretização desta pesquisa, em especial agradeço a minha mãe Preanice Mariano Miranda que é exemplo de esforço e dedicação sempre, minha esposa Aline Bezerra da Costa Miranda que sempre está ao meu lado em todas as ocasiões.

Agradeço também aos docentes do curso de Pós-Graduação em Geografia do Campus de Aquidauana e Três Lagoas, da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, principalmente àqueles que fizeram parte da minha formação durante esse tempo, Prof^a. Dr^a. Lucy Ribeiro Ayach, Prof^a. Dr^a. Eva Teixeira dos Santos, Prof. Dr. Valter Guimarães, Prof^a. Dr^a. Vicentina de Assunção, Prof^a. Dr^a. Edna Maria Facincani, Prof. Dr. Paulo Roberto Joia, Prof. Dr. Vítor Matheus Bacani, Prof^a. Dr^a. Maria do Socorro Ferreira da Silva e Prof. Dr. Eros Salinas Chávez.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Emerson Figueiredo Leite pelo auxílio na construção desta pesquisa, e no desenvolver do olhar geográfico na pesquisa e na ciência.

Agradeço aos professores Dr.^a Elisângela Martins de Carvalho e Dr. André Geraldo Berezuk pela disposição e participação na banca de qualificação e defesa deste trabalho, contribuindo dessa forma para concretização do mesmo.

Agradeço a todos os colegas do mestrado, pelo apoio, amizade e companheirismo, contribuindo em muito à minha formação.

RESUMO

O ambiente natural vem sendo utilizado sem o devido cuidado há muito tempo, desconsiderando muitas vezes, os aspectos físicos e ambientais que estão intrinsecamente ligados à manutenção do potencial ecológico, que por sua vez é fonte de renda e recursos para a humanidade e para a manutenção da biodiversidade. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi quantificar os graus de vulnerabilidade das paisagens do município de Miranda/MS, identificando as classes de estabilidade e vulnerabilidade da paisagem bem como dos polígonos de intervenção antrópica. Para isso, foram obtidos dados geográficos de várias fontes, para que se construísse um banco de dados em SIG que possibilitasse a realização do trabalho utilizando os softwares ArcGis/Arcmap®, Spring e QGIS. Para a análise de estabilidade/vulnerabilidade de Miranda/MS foram utilizadas técnicas de álgebra de mapas e análise multicritérios conforme a metodologia proposta por Crepani et al. (2001), na qual são utilizadas as variáveis pedológicas, geológicas, geomorfológicas, vegetação e clima; e para os polígonos de intervenção antrópica foi utilizado o mapa de uso e cobertura da terra. Os resultados mostram que 84,70% da área de Miranda apresenta vulnerabilidade e estabilidade média, seguida de moderadamente vulnerável correspondendo a 12,52% e 2,78% moderadamente estável. Nos polígonos de intervenção antrópica foram mapeadas 06 classes, onde pastagem e cobertura vegetal aparecem com 44,23% e 44,93% da área respectivamente, aparecem cicatrizes de queimada em 8,78% da área, e o restante está dividido em cultura temporária, área de influência urbana e água. Com isso, foram identificadas as áreas que apresentam meios estáveis, instáveis e intermediárias que poderão indicar os cuidados necessários na utilização das mesmas, e/ou para a manutenção do potencial ecológico imprescindível à conservação do ambiente natural e da paisagem, bem como dos recursos. A vulnerabilidade e estabilidade média encontradas em grande proporção no município se dão principalmente devido à grande quantidade de cursos hídricos, visualizados por meio dos interflúvios, a vegetação com exceção da ciliar, e, aos tipos de solos presentes, bem como ao relevo plano e ondulado. E, as áreas com vulnerabilidade moderada estão associadas aos depósitos aluvionares e à vegetação ciliar encontrada principalmente na região central do município, onde está localizada uma parte do curso do rio Miranda e áreas próximas ao córrego Agachi na região sudeste, e na região noroeste do município.

Palavras-chave: Miranda/MS. Paisagem. Vulnerabilidade.

ABSTRACT

The natural environment has long been used without taking proper care and often with a lack of consideration for the physical and environmental aspects that are intrinsically tied to the maintenance of their ecological potential, which, in turn, is a source of income and resources for humanity and for the maintenance of biodiversity. In this sense, the objective of this work is to quantify the degrees of vulnerability of the natural landscapes of the municipality of Miranda, MS, identifying the categories of stability and vulnerability of the landscape as well as the anthropic intervention polygons. To these ends, geographical data was used from a variety of sources in order to build a database in SIG which made it possible to complete the work using ArcGis/Arcmap®, Spring and QGIS software. For the stability/vulnerability analysis of Miranda, MS, map algebra techniques were used as well as multi-criteria analysis according to the methodology proposed by Crepani et al. (2001), in which pedological, geological, geomorphological, vegetation and climate variables are used, with usage and land coverage maps being used for the polygons of anthropic intervention. The results show that 84.70% of the area of Miranda demonstrate medium vulnerability and stability, with 12.52% being moderately vulnerable and 2.78% being moderately stable. Six (06) categories were mapped for the anthropic intervention polygons, where pasture and vegetation cover appear in 44.23% and 44.93% respectively, and scars from burning appear in 8.78% of the area with the rest being divided among temporary crop cultivation, urban areas and water. Areas that demonstrate to be stable, unstable and intermediary were identified which could indicate the necessary measures needed in their proper use, and/or for the maintenance of the ecological potential necessary for the conservation of the environment and the natural landscape, as well as the natural resources. The medium level vulnerability and stability found in great proportions in the municipality are due to the large number of watercourses, seen by the interfluves, the vegetation, with the exception of riparian vegetation, and the type of soils present, as well as the flat and hilly terrain. Further, the areas with moderate vulnerability are associated with alluvial deposits and riparian vegetation, mainly found in the municipality's central region where part of the Miranda River runs, and areas near the Agachi stream in the Southeast and in the Northwest regions of the municipality.

Keywords: Miranda/MS. Landscape. Vulnerability.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 01. Modelo de Sistema..... | 20 |
| Figura 02. Classificação dos sistemas. (Critério Funcional)..... | 21 |
| Figura 03. Sistemas Fechado (A) e Aberto (B)..... | 22 |
| Figura 04. Formas de analisar os sistemas em sequência conforme Chorley e Kennedy. | 25 |
| Figura 05. Conceito de SIG..... | 43 |
| Figura 06. Arquitetura de SIG..... | 44 |
| Figura 07. Esquema dos subsistemas de um SIG. | 47 |
| Figura 08. Distribuição da intensidade da energia emitida pelas fontes naturais de radiação eletromagnética, medidas no topo da atmosfera. Barras indicam a região de comprimento de onda de máxima emitância. | 50 |
| Figura 09. Divisão de cores do espectro do ultravioleta (UV) visível e do Infravermelho Próximo (IVP). | 51 |
| Figura 10. Fases e procedimentos metodológicos em planejamento ambiental. | 63 |
| Figura 11. Fluxograma Metodológico. | 66 |
| Figura 12. Mapa de Localização de Miranda-MS. | 75 |
| Figura 13. Mapa Geológico de Miranda. | 77 |
| Figura 14. Rocha calcária. Serra da Bodoquena. Abismo da Reserva Biológica Marechal Candido Mariano Rondon. | 78 |
| Figura 15. Mapa de Estabilidade/Vulnerabilidade – Geologia. | 81 |
| Figura 16. Mapa Pedológico..... | 83 |
| Figura 17. Mapa de Estabilidade/Vulnerabilidade – Pedologia. | 86 |
| Figura 18. Mapa de Vegetação Potencial. | 88 |
| Figura 19. Cerradão com encaves de braquiária e vegetação em regeneração. | 89 |
| Figura 20. Cerrado (Campo sujo) com resquícios de pastagem. | 90 |
| Figura 21. Área de banhado com vegetação de Savana Estépica, próximo à divisa entre Miranda e Corumbá..... | 90 |
| Figura 22. Floresta Estacional Decidual Submontana..... | 92 |

| | |
|---|-----|
| Figura 23. Vegetação ciliar no rio Miranda..... | 92 |
| Figura 24. Mapa de Estabilidade/Vulnerabilidade – Vegetação..... | 94 |
| Figura 25. Mapa de pluviosidade média anual de 1981 a 2010..... | 96 |
| Figura 26. Mapa de Estabilidade/Vulnerabilidade – Clima..... | 98 |
| Figura 27. Morro no Distrito de Duque Estrada..... | 100 |
| Figura 28. Resquícios da Serra da Bodoquena..... | 100 |
| Figura 29. Mapa de Declividade..... | 102 |
| Figura 30. Mapa de Dissecação Vertical..... | 103 |
| Figura 31. Mapa de Dissecação Horizontal..... | 105 |
| Figura 32. Mapa de Estabilidade/Vulnerabilidade - Geomorfologia..... | 107 |
| Figura 33. Mapa de Estabilidade/Vulnerabilidade - Município de Miranda/MS. | 109 |
| Figura 34. Mapa de Uso e Cobertura da Terra..... | 111 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|-----|
| Tabela 01. Níveis de Unidades de Paisagem..... | 39 |
| Tabela 02. Divisão do espectro eletromagnético..... | 51 |
| Tabela 03. Divisão do espectro eletromagnético..... | 52 |
| Tabela 04. Intervalos espectrais possíveis de serem usados pelos sensores remotos | 52 |
| Tabela 05. Landsat 08..... | 54 |
| Tabela 06. Cartas Topográficas Matriciais Utilizadas..... | 64 |
| Tabela 07. Categorias Morfodinâmicas e seus valores..... | 70 |
| Tabela 08. Unidades de Paisagem e suas respectivas cores. | 70 |
| Tabela 09. Classes de Vulnerabilidade para o tema Geologia..... | 71 |
| Tabela 10. Classes de Vulnerabilidade para o tema Pedologia. | 72 |
| Tabela 11. Classes de Vulnerabilidade para o tema Vegetação..... | 73 |
| Tabela 12. Níveis de intensidade pluviométrica e classes de vulnerabilidade. | 73 |
| Tabela 13. Solos encontrados para Miranda-MS. | 82 |
| Tabela 14. Classes de Vulnerabilidade para o tema declividade. | 101 |
| Tabela 15. Classes de Vulnerabilidade para a Dissecação Vertical..... | 104 |
| Tabela 16. Classes de Vulnerabilidade para o tema Dissecação Horizontal. | 104 |
| Tabela 17. Classes de Vulnerabilidade para a Uso e Cobertura da terra. | 110 |

LISTA DE SIGLAS

CAD - *Computer Aided Design*

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

DCP - duração do período chuvoso

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ERTS - *Earth Resources Technology Satellite*

FUNDAPAM - Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária e Ambiental

GIS - *Geographic Information System*

GPS - Sistema de Posicionamento Global

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IMASUL - Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IP - intensidade pluviométrica

IVP – Infravermelho próximo

LANDSAT - *Land Remote Sensing Satellite*

MDE – Modelo Digital de Elevação

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MNT - Modelos Numéricos de Terreno

MS – Mato Grosso do Sul

NASA - *National Aeronautics and Space Administration*

OLI - *Operational Land Imager*

PI – Plano de Informação

PMA - Precipitação média anual

REM - Radiação Eletromagnética

RGB – *Red, Green, Blue*

SAGRE - Sistema Automatizado de Gerência da Rede Externa

SECTUR – Secretaria de Turismo, Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Miranda-MS

SGI - Sistema de Informações Geográficas

SIG – Sistema de Informações Geográficas

SISLA - Sistema de Suporte Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental

SISLA - Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental

SITIM - Sistema de Tratamento de Imagens

SPRING - Sistema para Processamento de Informações Geográficas

SR - Sensoriamento Remoto

SRTM - *Shuttle Radar Topography Mission*

TELEBRAS - Telecomunicações Brasileiras S.A.

TGS – Teoria Geral dos Sistemas

TIRS - *Thermal Infrared Sensor*

UFMS - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

UPN - Unidades de Paisagem Natural

USGS - *United States Geological Survey*

UTB - Unidades Territoriais Básicas

UTM - Universal Transversa de Mercator

UV – Ultravioleta

VANT – Veículo Aéreo não tripulado

WGS - *World Geodetic System*

SUMÁRIO

| | |
|---|------------|
| 1. INTRODUÇÃO | 14 |
| 2. OBJETIVOS | 16 |
| 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA..... | 17 |
| 3.1 Sistemas e geossistema: conceitos e aplicações..... | 17 |
| 3.2 Paisagem na Geografia - Da base teórica de suporte ao método sistêmico na geografia | 32 |
| 3.3 O arcabouço instrumental de análise - O geoprocessamento e suas geotecnologias. | 43 |
| 3.4 Planejamento Ambiental | 56 |
| 4 MATERIAIS E METODOLOGIA..... | 64 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 74 |
| 5.1 Caracterização da Área de Estudo | 75 |
| 5.1.1 Geologia..... | 76 |
| 5.1.2 Classes de Vulnerabilidade/Estabilidade - Geologia | 80 |
| 5.1.3 Pedologia | 82 |
| 5.1.4 Classes de Vulnerabilidade/Estabilidade – Pedologia..... | 85 |
| 5.1.5 Vegetação..... | 87 |
| 5.1.6 Classes de Vulnerabilidade/Estabilidade - Vegetação | 93 |
| 5.1.7 Clima..... | 95 |
| 5.1.8 Classes de Vulnerabilidade/Estabilidade – Clima | 97 |
| 5.1.9 Geomorfologia..... | 99 |
| 5.1.10 Classes de Vulnerabilidade/Estabilidade - Geomorfologia..... | 106 |
| 5.1.11 Classes de Vulnerabilidade/Estabilidade de Miranda/MS | 108 |
| 5.1.12 Polígono de Intervenção Antrópica | 110 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 112 |
| BIBLIOGRAFIA..... | 114 |

1. INTRODUÇÃO

Há muito tempo, devido à forte pressão antrópica, o ambiente natural tem sofrido modificações, a partir da substituição de paisagens naturais por outros usos do solo. Tais substituições têm causado fragmentações em extensas áreas com cobertura florestal nativa, que por sua vez causa muitos impactos negativos ao meio ambiente, como empobrecimento do solo e erosão, além de afetar a qualidade dos recursos naturais existentes nestas áreas (VALENTE, 2001).

Em Miranda/MS com seus mais de 240 anos de fundação, não é diferente, o município pertence ao estado de Mato Grosso do Sul, e sua economia é baseada principalmente na pecuária e na agricultura, das quais, os recursos naturais são imprescindíveis para seu desenvolvimento, e a conservação dos mesmos estão inerentes à continuidade do incremento econômico local.

Além disso, estão presentes no município o Bioma Cerrado e Pantanal, formando um Ecótono, e ambos apresentam grande importância e diversidade biológica, mundialmente reconhecida e com necessidade de preservação e conservação.

Estas e outras questões demonstram que é de suma importância entender as implicações das ações humanas no meio ambiente com vários objetivos, dentre eles o de minimizar os impactos negativos das atividades, a manutenção do potencial ecológico e a conservação de recursos necessários à continuidade de diversas espécies.

Uma maneira de se analisar e compreender essas ações e implicações no potencial ecológico e nos recursos naturais é dada por meio da análise da paisagem, realizada de maneira sistêmica e integrada, que pode fornecer diversos dados com o objetivo de facilitar a compreensão dos problemas advindos das atividades realizadas e que impactam todo o ambiente do entorno.

Por meio do surgimento de técnicas de geoprocessamento, e a facilidade de acesso à informação e a dados geográficos, o custo dos estudos integrados da paisagem tornaram-se mais viáveis, e, por meio do conhecimento teórico da compreensão da dinâmica do meio natural, procurou-se cada vez mais entender a complexidade deste ambiente frente às atividades nele inseridas, principalmente as antrópicas que fazem com que o meio, a natureza se transforme.

Os estudos integrados da paisagem possibilitam inúmeras formas de interpretação de dados geográfico-ambientais, sendo que a análise da vulnerabilidade e estabilidade ambiental é uma delas, e esta, pode ser determinante para a identificação de áreas com grande necessidade de intervenção, preservação e/ou conservação ambiental.

A partir disso, este estudo tem como objetivo geral, caracterizar a paisagem de Miranda/MS, através da identificação e quantificação da paisagem do município de acordo com sua vulnerabilidade e/ou estabilidade, a partir da metodologia proposta por Crepani et al. (2001), bem como a identificação das atividades antrópicas que ocorrem na área de estudo, sendo estes denominados de polígonos de intervenção antrópica.

Para que estes objetivos sejam alcançados, a pesquisa foi proposta da seguinte maneira, no primeiro capítulo é realizada a introdução do assunto abordado; seguido no capítulo dois, dos objetivos gerais e específicos.

No terceiro capítulo é feita uma discussão teórica a respeito dos principais conceitos que darão subsídios ao trabalho, que vão desde a Teoria Geral dos Sistemas até o conceito de Geossistemas, passando pelos conceitos de Paisagem e o método sistêmico de análise na Geografia; em seguida apresentam-se as ferramentas de análise através do geoprocessamento e das geotecnologias, finalizando o capítulo com conceitos de Planejamento Ambiental.

No capítulo quatro são indicados os materiais e a metodologia utilizada para a concretização da análise sistêmica e integrada da paisagem, demonstrando a metodologia de Crepani et al. (2001).

E, por fim no capítulo cinco, apresentam-se os resultados da pesquisa, com a caracterização da área de estudo, as informações geológicas, geomorfológicas, pedológicas, climáticas e da vegetação, além dos polígonos de intervenção antrópica, seguido das considerações finais.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Quantificar a vulnerabilidade das paisagens do município de Miranda-MS.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar os diferentes níveis de vulnerabilidade/estabilidade da paisagem;
- Quantificar as áreas vulneráveis, intergrades e estáveis da paisagem;
- Identificar os polígonos de intervenção antrópica.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Sistemas e geossistema: conceitos e aplicações

A concepção de sistema vem sendo delineada há muito tempo, desde os tempos antigos quando os pensadores como Aristóteles, Sócrates e Platão buscavam maneiras de entender e elucidar o comportamento social e os fenômenos naturais. O termo “sistema” tem origem etimológica a partir da combinação de dois radicais gregos que são: **syn** que equivale ao termo do latim **cum**, que significa associado; e **thesis** que significa união, composição (BRANCO, 1999).

Por meio da etimologia da palavra, devemos nos ater ao sentido de uma composição associada, de elementos que se engendram em uma associação que forma algo maior.

Branco (1999, p. 67) com relação ao termo sistema, diz que “O sentido fundamental a ser preservado é o de síntese (palavra que tem exatamente a mesma origem), conjunto unificado, constituído de partes solidárias, de alguma forma articuladas entre si e não reunidas ao acaso.”

De acordo com Bertalanffy (1969), o termo “sistema” embora não tenha sido assinalado como tal, advém de uma história com diversos pensadores, sendo que a “Filosofia Natural” leva a *Leibniz*; a *Nicolau de Cusa* com sua coincidência de opostos; à medicina mística de *Paracelso*; para *Vico* e *Ibn-Kaldun* que apresentam uma visão da história como uma sequência de entidades culturais ou “sistemas”; à dialética de Marx e Hegel, entre outros.

Com isso o autor demonstra que o conceito de sistema pode ser visto em enunciados de outras correntes de pensamento, sendo assim ele corrobora também ao seu intuito de que a Teoria Geral dos Sistemas por ele criada tem por objetivo, ser utilizada nos mais diversos estudos científicos, como será visto mais adiante.

Mais propriamente citando o termo sistema, antes de Bertalanffy, houve uma publicação do Tratado dos Sistemas, de Condillac (1715-1780), que era voltado para sistemas filosóficos e de pensamentos, entretanto o autor considera alguns elementos que poderiam somar a Teoria dos Sistemas, como a necessidade de uma lei geral, que Condillac chamava de princípio, que estabelece a relação entre os elementos do sistema (BRANCO, 1999).

Contudo, a Teoria Geral dos Sistemas (TGS) foi desenvolvida inicialmente por R. Defay em 1929 e Ludwig Von Bertalanffy, nos Estados Unidos, sendo aplicada primeiramente na termodinâmica e na biologia (CHRISTOFOLETTI, 1979).

Não obstante, a Teoria Geral dos Sistemas (*General systems theory*) apareceu em um evento em Chicago no ano de 1937, no qual o biólogo Ludwig Von Bertalanffy apresentou seu trabalho. E, o livro "*General systems theory*" foi publicado somente em 1968 e depois em 1973 em português como Teoria Geral dos Sistemas (MARQUES-NETO, 2008).

Inicialmente esta Teoria foi desenvolvida para ser trabalhada nas Ciências Biológicas e na Termodinâmica, posteriormente foi utilizada por outras Ciências, que era um dos objetivos do autor da Teoria, ou seja, poder ser empregada em outros campos do conhecimento científico (BRANCO, 1999).

A TGS surgiu conforme afirma Bertalanffy (1969), do fato de que a visão mecanicista de tratar fatos isolados e elementos separados de seu conjunto não respondia satisfatoriamente a alguns problemas teóricos, principalmente naqueles voltados às Ciências Biossociais e problemas práticos da tecnologia moderna. O desenvolvimento da TGS ocasionou uma cascata de outros desenvolvimentos, tais como teóricos, epistemológicos e matemáticos, entre outros, que são utilizados até hoje.

Os sistemas foram conceituados por vários autores, dentre eles Bertalanffy (1979, p. 55), que diz "A system can be defined as a complex of interacting elements", onde o sistema seria um complexo (ou conjunto) de elementos em interação; Miller (1965 apud Christofolletti, 1979, p. 1) afirma que "sistema é um conjunto de unidades com relações entre si".

Contudo, Branco (1999, p. 69) diz que sistema é "O conjunto de elementos estruturais, perfeitamente inter-relacionados, garante o fluxo energético e um mecanismo *regulador* controla o funcionamento geral através de processos de *retroação*."

Nesse sentido, nota-se que sempre é levada em consideração a relação e/ou interação entre os elementos que compõem o sistema, e no conceito de Branco (1999), salienta-se a preocupação em apresentar algumas características que os sistemas apresentam, tais como a entrada de energia e um regulador de processos que participa da retroação que ocorre nos sistemas.

Durand (1979 apud Branco, 1999) diz que a teoria dos sistemas é regida por 04 conceitos fundamentais:

- **A interação:** entre os elementos podem apresentar alguns tipos como a **relação causa-efeito**; **relação temporal** que é o tempo que leva a percorrer um evento em B após ter tido o evento em A; a **relação de retroação**, em que um evento de A sobre B é seguido de um evento de B sobre A; **interação indireta**, onde um evento em A, passa por B e C, entre outros elementos e retorna sobre o A, isso cria ciclos longos e complexos;

- **Totalidade**, isso significa que um sistema não é a soma dos seus elementos, pois o mesmo apresenta qualidades que não existiam em seus elementos sozinhos, isso denota que existe uma hierarquia de complexidade entre os sistemas;

- A **organização** é a maneira como o sistema está ordenado, para isso devem ser considerados dois aspectos: o *estrutural* e o *funcional*. A estrutura geralmente é apresentada através de um *organograma* e a função através de um *programa*. A organização deve apresentar certa *estabilidade*.

- A **complexidade** está relacionada com o número de elementos e o número de tipos de relações entre eles.

Além desses conceitos que fundamentam a TGS, que é de suma importância para o desenvolvimento da Teoria em si, os sistemas são compostos, conforme a figura 01, de acordo com Christofolletti (1979) por:

- **Elementos ou unidades:** são as partes componentes dos sistemas, indicados na figura pelos elementos A, B, C e D;

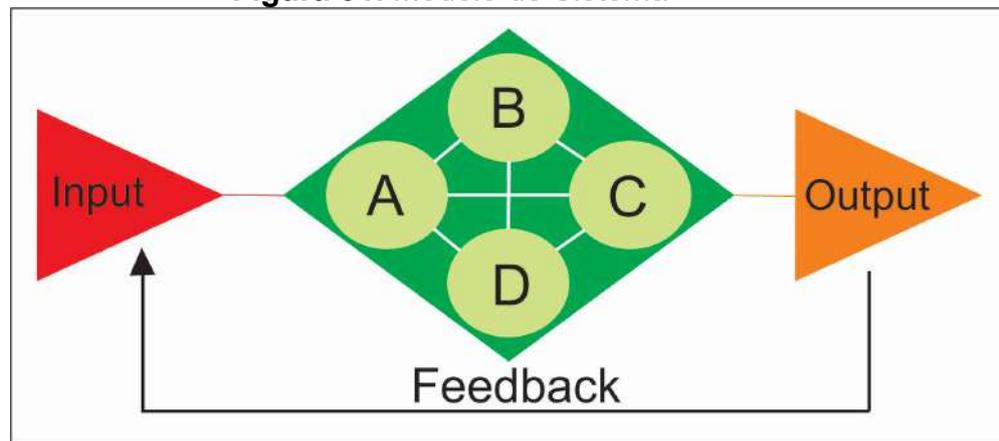
- **Relações:** os elementos do sistema são inter-relacionados e dependem uns dos outros através de ligações que denunciam os fluxos, indicado na figura pela seta branca;

- **Atributos:** são as qualidades que caracterizam o sistema ou os elementos. De acordo com o tipo de sistema podem ser selecionadas algumas qualidades que melhor descrevem as suas partes. Os atributos podem se referir ao comprimento, a

área, volume, características de composição, densidade dos fenômenos observados e outros.

- **Entradas (inputs):** é constituído do que o sistema recebe.
- **Saídas (outputs):** as entradas sofrem transformações no interior do sistema e são encaminhadas para fora, representando um tipo de saída.

Figura 01. Modelo de Sistema



Fonte: Adaptado de Christofolletti (1979).

Os sistemas apresentam também em sua composição **matéria e energia**. Matéria são os materiais que vão ser movimentados através do sistema e a energia está relacionada às forças atuantes no sistema que o fazem funcionar. A energia é dividida em **energia potencial e energia cinética**, a primeira é a energia inicial que faz o sistema funcionar e a segunda é a energia do movimento do material que se alia a energia potencial (CHRISTOFOLETTI, 1979).

Após identificar a composição dos sistemas e compreender os conceitos que fundamentam a TGS, busca-se entender a complexidade dos sistemas e a partir disso classificá-los, este trabalho se faz necessário para entender a gama de ocorrências que podem acontecer e que tem a possibilidade de alterar ou não o sistema estudado.

Os sistemas podem ser classificados a partir de vários critérios, no entanto para a análise geográfica deve ser levado em consideração a complexidade estrutural e o critério funcional dos mesmos (CHRISTOFOLETTI, 1979).

Visto sob o aspecto funcional, o sistema implica em organização de partes interrelacionadas de maneira que garanta o fluxo de energia, dessa forma o sistema

não é apenas estrutural, ele também é funcional e “a função não pode dispensar o deslocamento, o fluxo energético.” (BRANCO, 1999, p. 69).

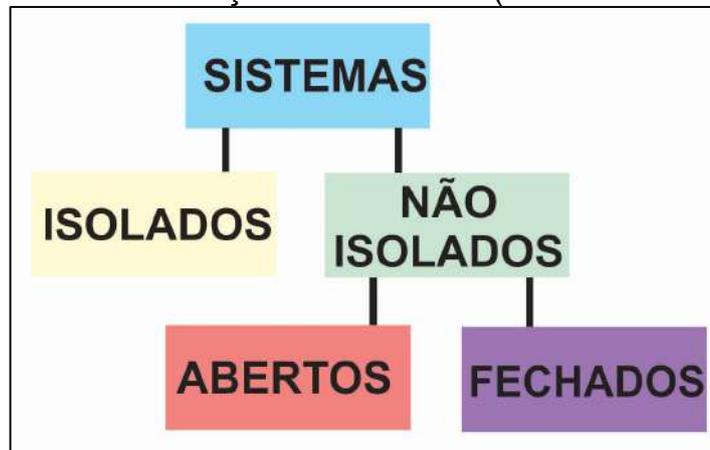
Haigh (1985 apud Christofolletti, 1999, p. 05) diz que “um sistema é uma totalidade que é criada pela integração de um conjunto estruturado de partes componentes, cujas interrelações **estruturais** e **funcionais** criam uma inteireza que não se encontra implicada por aquelas partes componentes quando desagregadas”.

Nota-se que os autores deixam claro a necessidade de se entender os sistemas não somente sob o aspecto de sua **estrutura**, ou da estrutura de seus elementos, mas a **função** do sistema bem como de seus elementos, havendo uma complementaridade entre os mesmos, e Haigh (1985) vai além, dizendo que as relações estruturais e funcionais dão um diferencial para aquele sistema, o que não pode ser visto da desagregação de seus elementos.

Foster, Rapoport e Trucco (apud Christofolletti, 1979, p. 14) classificam os sistemas a partir do **critério funcional**, conforme a figura 02 apresenta, da seguinte forma:

- a) Sistemas isolados: são aqueles que “não sofrem mais nenhuma perda nem recebem energia ou matéria do ambiente que o circunda”;
- b) Sistemas não-isolados: mantêm relações com os sistemas do universo e são divididos em **fechados**, quando há troca de energia e não de matéria; e **abertos** quando existem trocas constantes de energia e matéria.

Figura 02. Classificação dos sistemas. (Critério Funcional)



Fonte: Adaptado de Christofolletti (1979).

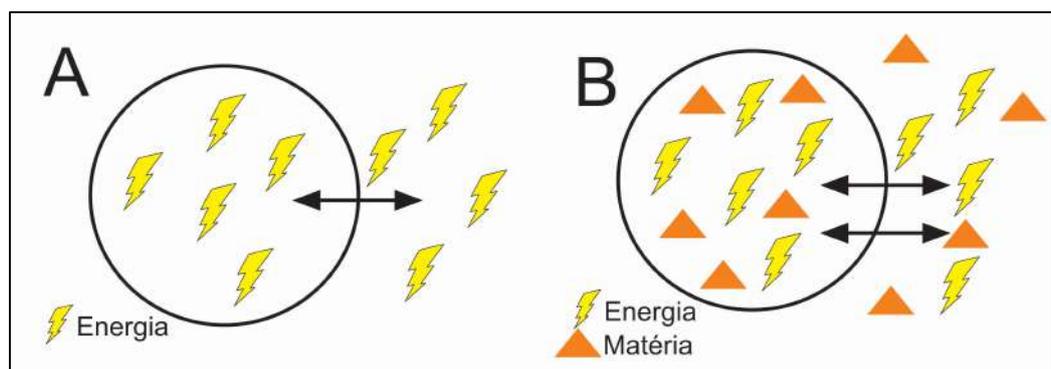
Os sistemas isolados recebem inicialmente uma carga de matéria e energia em determinado momento, e depois disso como não há perda destes, o sistema entra em equilíbrio e estaciona seus processos. Christofolletti (1999) afirma que nos sistemas isolados pode-se calcular a evolução do sistema e a quantidade de tempo que ele deverá chegar ao seu processo final a partir da quantidade de energia e as características da matéria que ele recebe.

Os sistemas não-isolados são divididos em sistemas abertos e fechados, conforme figura 03. *De Rosnay* (1975 apud Branco, 1999) diz que os sistemas fechados são apenas abstrações que propiciou aos físicos formularem as grandes leis da físico-química, no entanto Christofolletti (1999) afirma que o planeta Terra é um tipo de sistema não-isolado fechado, pois ele recebe energia solar e também a perde para as camadas extra-atmosféricas através da radiação, e a Terra não recebe matéria de outros planetas.

Branco (1999) afirma que a maioria dos autores trata os sistemas fechados como aquele em que há apenas troca de energia com o meio externo não havendo troca de matéria, bem como o que foi afirmado por Christofolletti.

Os sistemas abertos são aqueles que possuem uma troca com o ambiente, estas trocas são de matéria e energia e são constantes, sendo exemplificada muito claramente por uma bacia hidrográfica, uma cidade, entre outros.

Figura 03. Sistemas Fechado (A) e Aberto (B)



Fonte: Adaptado de Christofolletti (1979).

De Rosnay (1975 apud Branco, 1999) também afirma que um sistema se identifica por suas características **estruturais** e **funcionais**. Em suas características funcionais, o autor demonstra que se sobressaem as seguintes:

- Os **fluxos**, que podem ser de matéria, energia ou informação entre os reservatórios;
- **Válvulas**, que seriam as responsáveis pelo controle da vazão dos fluxos (energia e matéria) atuando como centros de decisão, que recebem as informações e as transformam em ações;
- **Amortecedores** são resultantes dos diferentes tipos de velocidade de circulação de fluxos, atrito entre os elementos do sistema e do tempo de estocagem nos reservatórios, estes são de grande importância para a inibição ou amplificação em sistemas complexos.
- **Retroação (feedback)**, resultado (ação depois da saída) ou sobre a entrada na forma de dados, a retroação pode ser **positiva**, quando apresenta efeitos cumulativos reforçando ou acelerando a entrada. Ou **negativo**, com efeitos que estabilizam o sistema, amortecendo a entrada e mantendo o equilíbrio do todo.

Sobre a questão da retroação, citado por Christofolletti (1979, p. 23) como retroalimentação (feedback), o autor apresenta 04 tipos, que são:

- a) **Retroalimentação Direta**: existe uma relação direta de ida e volta da ação entre dois elementos ou variáveis;
- b) **Retroalimentação em circuito**: quando envolve mais de duas variáveis e a retroalimentação volta ao início do sistema;
- c) **Retroalimentação negativa**: esta acontece quando uma variação externamente produzida leva ao estabelecimento de um circuito fechado de alteração, que tem a função de arrefecer ou estabilizar o efeito da mudança original. Os sistemas com este tipo de retroalimentação são chamados de *homeostáticos*, a retroalimentação negativa é critério para diagnosticar homeostásis e não estabilidade. A reajustagem do sistema pode levá-lo a atingir um estado diferente do inicial, em face das flutuações ambientais.
- d) **Retroalimentação positiva**: ocorre quando os circuitos entre as variáveis reforçam a ação, externamente produzida, ocasionando uma ação de bola de neve das alterações sempre no mesmo sentido da influência original. Geralmente este tipo de retroalimentação promove o aceleração e ampliação do efeito acumulativo e não a estabilização do sistema.

Lembrando que os sistemas apresentam características funcionais e estruturais, deve-se entender como se apresenta a estrutura dos sistemas e suas características.

Nesse sentido *De Rosnay* (1975 apud Branco, 1999) caracteriza estruturalmente o sistema da seguinte forma:

- **Limites**, que demonstram as fronteiras do sistema, o que o separa do mundo exterior;

- **Elementos** são os componentes do sistema, podendo ser agrupados por categorias;
- **Reservatórios**, que são os locais onde se acumulam a matéria, a energia, a informação e os elementos;
- **Rede de comunicações**: são as estruturas que permitem a transferência de energia, matérias, informações entre os elementos ou entre os reservatórios. (nervos, fios, estradas, etc).

Nota-se que as características funcionais mencionadas por *De Rosnay* (1975) são bem próximas das características gerais dos sistemas citados por Christofolletti e supracitados neste capítulo.

Levando-se em consideração a **complexidade estrutural**, Chorley e Kennedy (1971) dividem os sistemas em onze tipos e os classifica da seguinte forma: sistemas morfológicos; sistemas em sequência; sistemas de processos-respostas; sistemas controlados; sistemas automantenedores; plantas; animais; ecossistemas; homem; sistemas sociais e ecossistemas humanos.

Entre estes, os autores de acordo com Christofolletti (1999) afirmam que para os estudos ambientais e para a Geografia Física os tipos mais importantes são os sistemas morfológicos; sistemas em sequência; sistemas de processos-respostas e os sistemas controlados.

Os **sistemas morfológicos** são compostos pela associação das propriedades físicas dos fenômenos, sendo sistemas menos complexos das estruturas naturais, estão relacionadas às formas sobre as quais se podem escolher muitas variáveis a serem mensuradas, tais como declividade, largura, altura, etc. (CHRISTOFOLETTI, 1979).

Christofolletti (1999, p. 6) afirma que os sistemas morfológicos podem ser funcionalmente: isolados, abertos ou fechados; no entanto em análises ambientais é mais interessante ao pesquisador, os sistemas abertos ou fechados, porque “muitas de suas propriedades podem ser consideradas como respostas ou ajustamentos ao fluxo de energia ou matéria através dos sistemas em sequência aos quais estão ligados.”

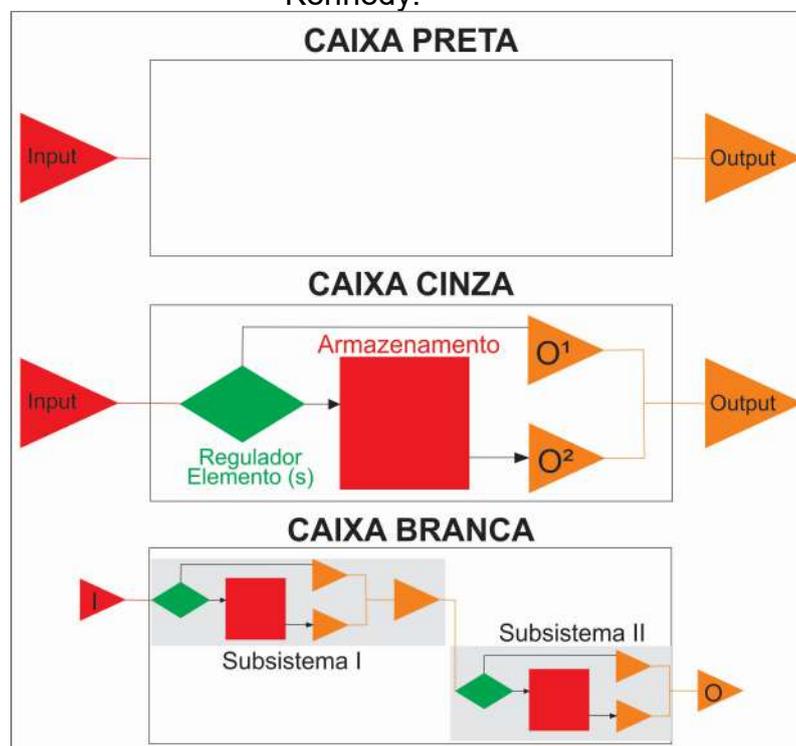
Já os **sistemas em sequência** ou **encadeantes**, como o próprio nome já indica, são sistemas compostos por vários subsistemas que possuem magnitude espacial e localização geográfica que são “dinamicamente relacionadas por uma

“cascata de matéria e energia” (Christofolletti, 1979, p. 16). Dessa forma o *output* de um sistema é o *input* do outro posterior. De acordo com Christofolletti (1999) neste tipo de sistema é importante para o pesquisador a caracterização dos fluxos de energia e matéria e as transformações ocorridas nos processos em cada subsistema.

Deve ser lembrado que nos subsistemas deve haver um *regulador* que tem como função dividir a energia ou matéria recebida armazenando-a ou fazendo perpassar por todo o subsistema e sair no *output*.

Segundo Chorley e Kennedy (1971) há três formas distintas de se obter o grau de detalhamento das relações entre a entrada e a saída, conforme a figura 04: por meio da **caixa branca** que tem como objetivo identificar e analisar a estrutura interna do sistema para transformar o input em output. Há também a **caixa cinza** que se interessa em conhecer um número limitado de subsistemas desconsiderando as operações internas e por fim a caixa preta, onde o sistema é analisado como unidade e o objetivo é entender os outputs resultantes dos inputs.

Figura 04. Formas de analisar os sistemas em sequência conforme Chorley e Kennedy.



Fonte: Adaptado de Christofolletti (1979).

Os **sistemas de processos-respostas** são a combinação do sistema morfológico com o sistema em sequência, com isso, o sistema em sequência indica o processo e o morfológico a forma, ou seja, “a resposta a determinado estímulo”. Esse tipo de sistema está relacionado em identificar os processos do qual resultam uma determinada forma. Nesse sentido, a mudança da forma se dá pelas mudanças no processo e a mudança da forma altera os *inputs* do sistema, essa alteração nos elementos iniciais é denominada *mecanismo de retroalimentação (feedback)* (Christofoletti, 1979).

Como não poderiam faltar, os **sistemas controlados** são aqueles nos quais existe a intervenção humana sobre os sistemas de processos-respostas, nos quais há variáveis-chaves (válvulas) nas quais o homem pode intervir e alterar o processo de distribuição de energia-matéria (Christofoletti, 1979).

Além da classificação acima citada, Christofoletti (1999) trás mais uma classificação dos sistemas, a de Weaver (1958) e que foi utilizada por Wilson (1981) nos estudos ambientais, por Thornes e Ferguson na Geomorfologia, e também foi empregada por Huggett (1985). Esta divide os sistemas em: **simples, complexos mas desorganizados e complexos e organizados**.

Nesta distinção, os **sistemas simples** são de aqueles “compostos por um conjunto de componentes conectados conjuntamente e agindo um sobre os outros conforme determinadas leis.” Os **sistemas complexos mas desorganizados** “são os formados por um conjunto de componentes, mas os objetos são considerados como interagindo de maneira fraca ou acidental” (CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 07).

O autor apresenta também os **sistemas complexos organizados**, onde os componentes agem de maneira e interação fortes formando um complexo sistêmico e organizado.

Vistas essas classificações que auxiliam teoricamente e dão suporte às análises sistêmicas, sejam para estudos sociais, econômicos, e/ou no caso desta pesquisa, os estudos ambientais. Retorna-se ao início à TGS, que tem como objetivo possibilitar seu uso em outras áreas do conhecimento.

No âmbito da Geografia a aplicação dessa Teoria serviu para dar foco aos estudos e auxiliar no melhor delineamento e exatidão aos estudos das Ciências Geográficas (CHRISTOFOLETTI, 1979).

Mendonça (2001 apud Lopes et al., 2015) diz que Tansley (1937), utilizou essa Teoria na Ecologia e criou o conceito de ecossistemas e a partir deste, a

Geomorfologia foi influenciada, principalmente na Geografia Física com os autores: Sotchava (1977), Bertrand (1971), e Tricart (1977), primordialmente.

Sotchava (1977) criador do conceito de geossistemas indicou a análise sistêmica na Geografia Física, afirmando que em condições normais não se deve estudar apenas os elementos da natureza, mas sim suas conexões, não se atendo apenas à morfologia da paisagem e suas divisões, mas à estrutura funcional, a dinâmica e as conexões existentes na paisagem.

Para Christofolletti (1999, p. 41) “A Geografia física como subconjunto da disciplina Geografia, preocupa-se com o estudo da organização espacial dos sistemas ambientais físicos, também denominados de Geossistemas”.

Para Sotchava (1977) a Geografia Física se divorciou da concepção principal de seus estudos, que é a conexão homem e natureza, por isso, o estudo dos geossistemas além de considerar as formações naturais, leva em conta os fatores sociais e econômicos que atuam na estrutura e no espaço os modificando.

Bertrand (2004) considera a questão da relação do homem com a natureza e diz que o geossistema é resultado da combinação de fatores geomorfológicos, climáticos e hidrológicos, sendo esta combinação o “potencial ecológico”. Além disso, o geossistema se define por um tipo de exploração biológica, e há uma relação entre o potencial ecológico e a valorização biológica. E há também um fator importante que age no geossistema que é a ação antrópica.

Com a inserção dos geossistemas, Sotchava (1977), denota que o conceito pretende na prática resolver inúmeras questões, e formula alguns problemas referentes aos estudos da paisagem, dentre eles estão:

- 1 – Modelização de Geossistemas à base de sua dinâmica espontânea e antropogênica e do regime natural a ela correspondente.
- 2 – Análise de axiomas e outros princípios de uma teoria especial de geossistemas como parte da teoria geral (metateoria) dos sistemas.
- 3 – Investigações de métodos racionais para a avaliação quantitativa de geossistemas e processos formadores da paisagem, particularmente do apparatus matemáticos adequado à sua descrição
- 4 – Análise sistêmica das conexões espaciais no âmbito geográfico, a nível planetário, regional ou topológico.
- 5 – Pesquisas sobre a condição (ou o estado) espacial-temporal dos geossistemas e montagem dos seus modelos geográficos, principalmente dos mapas do ambiente em conexão com os problemas de sua conservação e otimização.
- 6 – Estudo da Influência dos fatores socioeconômicos no ambiente natural e prognose dos geossistemas do futuro.
- 7 – Exame geográfico de projetos para o complexo utilização conservação do ambiente geográfico.
- 8 – Seleção, processamento e sistematização de informações referentes à paisagem natural para fins educacionais ou de pesquisa.

A Geografia Física como estudo de Geossistemas, não abrange apenas um simples ramo da disciplina geográfica. Apresenta mútuos problemas com os demais, concernentes à ordem de ligação dos componentes geossistêmicos; baseia-se em seus dados, mas, de nenhum modo, os modifica não podendo ser, igualmente, por eles modificada. (SOTCHAVA, 1977, p. 05).

Entende-se, portanto, que a abordagem sistêmica nos estudos geográficos, acrescentou as possíveis ligações que faltavam e que poderiam criar conflitos nos resultados das pesquisas, visto que a partir de um olhar sistêmico, pode se ter a idéia do todo a partir da análise de seus elementos e suas conexões.

Sotchava (1977) estabelece que os geossistemas são enquadrados na categoria de sistemas controlados, assim como citados por Christofolletti (1979) que os divide em dois grupos: de controle episódico ou constante. No primeiro caso, o geossistema recebe interferência apenas uma vez e se desenvolve e se estrutura novamente de maneira espontânea.

Nos geossistemas constantemente controlados, as influências externas atuam sistematicamente, com um determinado grau de intensidade. Fatores antropogênicos e espontâneos, condicionando a estrutura de um geossistema, podem, em todos os casos, ser referidos à categoria de naturais, mesmo quando seguem certos procedimentos socioeconômicos e modifiquem um geossistema, a noção sobre esse último não pode abranger à do sistema industrial-territorial, localizado dentro dos limites do correspondente geócoro. (SOTCHAVA, 1977, p. 8).

Para Bertalanffy (1973 apud Sotchava, 1977, p. 09) “Geossistemas - são uma classe peculiar de sistemas dinâmicos abertos e hierarquicamente organizados.”

Tanto a superfície terrestre e as suas subdivisões, bem como os geossistemas apresentam uma unidade dinâmica com uma organização geográfica a ela inerente. A organização geográfica se manifesta num determinado espaço, onde se permita a distribuição de todos os elementos do geossistema, sendo assegurada sua integridade funcional. Com referência ao critério espacial (de suma importância na Geografia), todas as categorias dimensionais de geossistemas possuem suas próprias escalas e peculiaridades qualitativas da organização geográfica (SOTCHAVA, 1977).

Para que se compreenda os geossistemas e as conexões que neles existem são utilizados modelos e gráficos, que facilitem a identificação e tem por objetivo sintetizar e reproduzir a complexidade destes a partir de símbolos e números.

Sotchava (1977) apresenta três modelos geossistêmicos, sendo eles: 1) modelos de componentes funcionais que servem para demonstrar a recepção, transporte, transformação e êxodo da matéria em um determinado geossistema. Esse tipo de modelo dá a idéia da interação entre os elementos, sendo muito utilizado nos modelos de geossistemas elementares (biogeocenoses); 2) modelos geômeros-funcionais que são utilizados para refletir o papel funcional dos fácies nos macrogeócoros e geômeros de outras categorias em geócoros aos quais pertencem. São modelos que não tem outro correspondente nas ciências da Terra. O sistema funcional de um geócoro é formado pelos geômeros que o constituem. Segundo, o autor, para finalidades agrícolas e de recreação existe um “optimum” de relações do geômero funcional no espaço em que o mesmo se desenvolve, sendo que este é relacionado ao fácies da paisagem. E, por fim, 3) o modelo dinâmico estrutural, que tem como finalidade revelar e analisar as diferentes categorias dinâmicas e estados variáveis dos geossistemas, ligado a um geômero primitivo – usualmente um fácies ou um grupo de fácies. Este modelo geralmente reflete a estrutura de um epifácies ou grupo de epifácies.

O geossistema elementar (biogeocenose) é limitado por espaço geográfico e padrões funcionais definidos, dessa forma entende-se que o geossistema está em uma área definida do espaço terrestre onde seus processos ocorrem de maneira dinâmica e específica daquele ambiente.

Sotchava (1977) supõe que exista um critério universal que estabeleça uma unidade mínima para o geossistema, em cada uma das suas categorias. Nesse sentido, o critério tem por base a rotação das substâncias correspondentes a cada categoria. Dessa forma, a unidade espacial mínima de uma biogeocenose, como parte de uma fácies é o espaço terrestre onde estas substâncias são rotativas.

Para melhor entendimento e compreensão dos tipos de geossistemas, o autor procura classificá-los, isso devido à existência de grande quantidade de tipos primitivos:

A classificação deveria: refletir, claramente, a hierarquia das subdivisões no âmbito das paisagens existentes na natureza; fornecer uma ideia sobre as unidades naturais homogêneas das diversas categorias e, simultaneamente, sobre as unidades espaciais de diferentes qualidades co-subordinadas entre si, formando também uma categoria integral. Paralelamente a isso, a classificação deveria refletir a dinâmica, ou seja, os estados variáveis do geossistema e examiná-los como derivações de uma ou outra estrutura primitiva. (SOTCHAVA, 1977, p.26).

Segundo o próprio autor, para sistematizar a classificação dos geossistemas deve-se lançar mão sobre duas questões, a estrutura homogênea, denominada como geômero, e as de diferentes qualidades integrativas, denominadas de geócoros, numa perspectiva dual. O **geócoro elementar** é o menor constituinte da estrutura e é uma unidade espacial elementar no complexo dos fenômenos naturais. Já o **geômero elementar** representa o *aparatus* energético e o metabolismo material na geosfera (SOTCHAVA, 1977).

Para fechar o entendimento sobre o que é geócoro e geômero, categorização adotada pelo mesmo, Sotchava (1977, p.28) coloca que “a estrutura de um geômero é sempre condicionada pela combinação de feições do espaço terrestre de um dado geócoro”.

O autor ainda apresenta outras subdivisões dos geossistemas, que são importantes para as pesquisas no âmbito da paisagem. Uma dessas subdivisões são as epifácies, que são sistemas geômeros elementares derivados de um fácies primitivo, e “consiste em um número definido de sequências de estruturas mutantes sem que haja interferência de agentes externos para impulsioná-los, com velocidades diferentes, rumo a um estado equifinal” (SOTCHAVA, 1977, p. 30).

Um epifácie representa uma estrutura monocêntrica e seu estado equifinal é um fácies primitivo. “Esta noção é essencial no conceito global da dinâmica no âmbito da paisagem” (SOTCHAVA, 1977, p. 29).

“A noção de epigeômero tem importância quando é necessário generalizar a ideia relativas às subdivisões no âmbito da paisagem” (SOTCHAVA, 1977, p. 31). O autor ainda afirma que, sempre que necessário podem ser feitas divisões adicionais utilizando o princípio da classificação bi-lateral de geossistemas (geômeros/geócoros). Isso é importante para os mapas de paisagem feitos em pequena escala.

Sotchava (1977, p. 32) não estabelece apenas a questão estrutural dos geossistemas, ele se preocupa com a dinâmica que existe nos processos existentes e ele sugere que:

As classificações das categorias dinâmica e fatorial, para que sejam realmente eficientes, deverão se projetar dentro dos limites de um epigeoma definido ou de um epigeômero de outra categoria. Isso assegura a coordenação da classificação especial da dinâmica com outra de ordem geral.

E, o mesmo complementa que estudar a estrutura dinâmica do epigeoma é importante para se identificar a plasticidade dos complexos naturais para se elaborar previsões e elaborar padrões da influência do homem na natureza.

Esta previsão relacionada à dinâmica dos geossistemas é chamada por Sotchava (1977) de “prognoses geográficas” e representam a elaboração de ideias sobre sistemas geográficos naturais futuros.

Com isso, procura-se uma maneira de antecipar as mudanças que ocorrerão no geossistema, a partir de atividades que são realizadas no mesmo com o objetivo de desenvolver o local e a comunidade que disso necessita.

Contudo para se conseguir realizar essa tarefa árdua de prever como serão os cenários futuros de determinado geossistema é necessário entender que ele se transforma em sua totalidade, no entanto seus componentes (elementos) o fazem com velocidades diferentes, e algumas vezes em rumos diferentes (SOTCHAVA, 1977).

A prognose geográfica lida com o ambiente natural do homem, enquanto a sócio-econômica é realizada sobre outras bases, mas tendo em vista a dinâmica do ambiente natural, e os aspectos sócio-econômicos são levados em consideração apenas no tocante à sua influência na natureza.

“Prognoses de caráter setorial (evolução do relevo, mudanças dos regimes termo-pluviométricos, dinâmica das plantas e das populações animais) são essenciais para a prognose geográfica integral” (SOTCHAVA, 1977, p. 34).

O referido autor ressalta que é impossível manter conexões entre prognoses setoriais se as mesmas não estiverem coordenadas com a prognose natural integral, ou seja, tem que se levar em consideração a estrutura geral da paisagem futura, ou seja, se as previsões não levarem em consideração o geossistema futuro e não adequar as mesmas às técnicas de prognose.

Para elaborar prognoses que estejam de acordo com os objetivos propostos às análises dos geossistemas são necessários meios e técnicas para se realizar essa tarefa, e uma ferramenta importante para tal são as de bases cartográficas.

Uma das peculiaridades (e, ao mesmo tempo, uma das qualidades primordiais) das prognoses geográficas é aquela, segundo a qual, é possível antever as futuras correlações espaciais entre geossistemas. O método cartográfico, que é muito importante para o estudo dos geossistemas em geral, desempenha um papel capital na elaboração das prognoses geográficas e se coaduna perfeitamente com o modelismo. (SOTCHAVA, 1977, p.39).

Os mapas de acordo com Sotchava (1977) devem ser geomorfológicos, hidrológicos, climatológicos, de vegetação, entre outros, que possam ser comparáveis uns aos outros, e os mais importantes para as prognoses geográficas são os que contenham diversos itens que compõem o geossistema; junto com este devem ser elaborados os mapas de correlações que por sua vez deverão ter indicadores de significância para facilitar a previsão geográfica. Outro mapa utilizado são os temáticos, lembrando que na confecção dos mesmos não se pode esquecer a influência do homem nas relações das situações naturais do geossistema.

Nota-se que para analisar os geossistemas é necessário conhecer seus níveis hierárquicos, os modelos e gráficos que auxiliam nesta tarefa, com o objetivo de conhecer a paisagem que se tem bem como a dinâmica que existe a partir dos elementos existentes (mapas de correlações), onde se consegue “julgar como os laços ecológicos da paisagem se manifestam espacialmente, mostrando, ainda, como a variação de um dado fator afeta os vários componentes de um geossistema” (SOTCHAVA, 1977, p.39).

A TGS contribuiu fornecendo subsídios conceituais para as ciências geográficas, com os quais surgiu o conceito de geossistema ocasionando uma base para uma abordagem sistêmica nas áreas estudadas pela geografia, que compreende o estudo da paisagem através de um olhar sistêmico.

Entender o funcionamento de um sistema por meio das entradas de energia e/ou de matéria fornece o embasamento para o entendimento das alterações e relações ambientais, que promoveram a paisagem ao que é no presente e propiciam as prognoses dos possíveis cenários futuros.

3.2 Paisagem na Geografia - Da base teórica de suporte ao método sistêmico na geografia

O ambiente natural tem passado por grandes mudanças ao longo do tempo, muitas destas estão relacionadas às atividades econômicas que aceleram as alterações e diminuem o valor ecológico das áreas naturais.

Bertotti (2006) relata que a utilização dos recursos naturais requer técnicas e métodos que busquem maximizar a sua potencialidade ecológica, e reduza o impacto de sua exploração de maneira dicotômica. Com isso, os estudos e

avaliações ambientais podem auxiliar no desenvolvimento de ações que permitam a utilização e manutenção dos recursos naturais e do potencial ecológico.

Neste cenário onde se idealiza a busca por um equilíbrio entre utilização dos recursos naturais e sua manutenção se faz necessário compreender as dinâmicas que ocorrem no ambiente natural, suas especificidades e realidades em determinado espaço-tempo.

A análise ambiental pode ser feita através de um olhar geográfico, a partir do conceito de paisagem, pois de acordo com Suertegaray (2001, p. 04) podemos perceber a paisagem:

[...] como uma relação de causa e efeito, mas percebendo-a como um processo de constituição e reconstituição de formas na sua conjugação com a dinâmica social. Neste sentido, a paisagem pode ser analisada como a materialização das condições sociais de existência diacrônica e sincronicamente. Nela poderão persistir elementos naturais, embora já transfigurados (ou natureza artificializada). O conceito de paisagem privilegia a coexistência de objetos e ações sociais na sua face econômica e cultural manifesta.

Portanto a análise do ambiente natural a partir do olhar geográfico sobre a paisagem abarca praticamente todas as variáveis que são responsáveis pela alteração do meio ambiente bem como as que são alteradas por tais ações, pois analisa os elementos naturais e as condições sociais de existência por meio de seus objetos e ações manifestas na cultura do indivíduo daquele espaço-tempo.

Bolós (1992) diz que o termo paisagem nas línguas românicas é derivado do latim (*pagus* - país), neste, a paisagem tem a conotação de território, com sentido de lugar, e suas derivações: *paisaje* (castelhano), *paisatge* (catalão), *paysage* (francês), *paesaggio* (italiano), entre outros, também tem o mesmo significado. Já nas línguas germânicas, tem a mesma conotação de acordo com seu sufixo *land*, e suas derivações tem esse significado de território, suas derivações são *landschaft* (alemão), *landscape* (inglês), *landschap* (holandês), etc.

O termo paisagem na linguagem comum logo nos remete às montanhas, vegetação, à paisagem natural, por meio de muitas imagens, umas vivenciadas, outras atuais, ou até mesmo aquelas de recordações através de quadros, fotografias, entre outros (BOLÓS, 1992).

Com isso Jellycoe e Jellycoe (1995) tratam o início do conceito de paisagem, a partir do mundo artístico, com as pinturas rupestres datadas de 30 e 10 mil anos antes de Cristo, mas referência sobre o conceito é de acordo com Polette (1999) o

de Salmos 48:2 que diz “Seu santo monte, belo e sobranceiro, é a alegria de toda a terra; o monte de Sião, para os lados do norte, a cidade do grande Rei.”

No final do século XV aparece a segunda concepção do termo, que está relacionada aos pintores da escola de paisagistas holandeses, e para Dürer (s.d. apud Bolós, 1992) paisagem seria uma porção da superfície terrestre a qual eram retratadas nos quadros de pintores desta época.

Este conceito vem ao encontro do que afirma Santos (1996), que diz que a paisagem é a configuração territorial que é possível abarcar com a visão, sendo que ela é transtemporal, pois é a soma de objetos do passado e do presente.

Já no século XVII, aparecem definições de paisagem que são comuns ao que são vistas recentemente, como a que compõe o dicionário Webster (apud Bolós, 1992), onde *landscape* significa:

- Uma imagem que representa um setor natural;
- Uma região e seu conjunto produzido e modificado por forças da natureza;
- Parte da superfície terrestre que se pode observar simultaneamente.

Macedo (1993 apud Polette, 1999) afirma que a palavra paisagem em português advém do francês *paysage*, que conforme supracitado sua derivação do latim, torna estes termos fortemente vinculados inicialmente à questão do território, que por sua vez na geografia, tem outra função dialética que não nos remeteremos.

Para se entender os conceitos de paisagem nas ciências geográficas deve-se compreender como se dá o estudo da geografia e quais enfoques são dados para se tentar compreender este amplo conceito denominado paisagem e sua aplicabilidade nos estudos das ciências geográficas.

Os estudos dentro da geografia de acordo com Baxendale (2010, p. 02) flutuam em dois grandes enfoques ou duas grandes visões, que são “*visiones de corte historicista – romântico – cultural – perceptivo – simbólico*” e “*visiones de corte positivista – neopositivista – naturalista - sistémico – ambientalista*”.

O primeiro é caracterizado por estudos nos quais se busca entender as características únicas de um local, e onde se dá a substituição do termo espaço por lugar, pois é nele que são realizadas as relações diárias das pessoas e que são a conotação sentimental àquele, e que a paisagem (cultural, percebida, vivenciada,

simbólica) está presente além da paisagem física que na maioria das vezes nem está presente nas análises.

Já a segunda é:

[...] caracterizadas por una concepción de la ciencia que estudia las generalidades, que busca establecer regularidades, que adhiere al método hipotético deductivo empírico al insistir en la necesidad de acudir a teorías previas, que recurre para el estudio a métodos y procedimientos cuantitativos y cualitativos, que recurre a los modelos espaciales existentes para construir nuevos modelos o como teorías previas para contrastar estudios particulares. Una visión donde se conjugan el enfoque espacial-locacional -al ponerse el énfasis en la formulación de leyes que rigen las distribuciones de los fenómenos en el espacio terrestre- con el enfoque ecológicoambiental -que interrelaciona variables humanas y ambientales en la búsqueda de analizar las relaciones entre el hombre y el medio dentro de una limitada área geográfica, -en general desde una visión sistémica y buscando las particularidades que ella presente en relación a generalidades que guían el estudio- y el enfoque corológico y regional donde se identifican unidades espaciales a través de una diferenciación de áreas para establecer los flujos y relaciones entre ellas y donde los paisajes son planteados como unidades básicas para el análisis, diagnóstico y propuesta del modelo de uso del territorio. (BAXENDALE, 2010, p. 02).

Na segunda visão tem-se a busca por estudos com generalizações, nos quais se procura muitas vezes a partir do método hipotético-dedutivo responder aos questionamentos do pesquisador através da utilização de modelos e teorias gerais existentes aplicando-as geralmente aos estudos ecológico-ambientais que por sua vez, realiza a análise da relação do homem com o meio ambiente.

Partindo disso adentramos na questão do conceito de paisagem, que surge como objeto de estudo da geografia sobre as influências dos movimentos românticos da segunda metade do século XIX e do historicismo do fim do século XIX e início do século XX, que estavam embasados fortemente em teorias filosóficas idealistas, existencialistas que eram opostas ao racionalismo científico positivista que buscava criar um método para compreender os fenômenos (BAXENDALE, 2010).

Mateo-Rodríguez et al. (2004) reforça que o conceito de paisagem esteve muito influenciado de acordo com cada período vivenciado dentro da geografia, de forma que sua análise era feita de acordo com a visão predominante na época, no entanto o conceito por ser muito flutuante, era possível se ter uma interpretação e em paralelo outras, de acordo com cada visão, sendo ela cultural, positivista, determinista, etc.

Alexander Van Humboldt, segundo Mateo-Rodríguez (2011), foi quem pensou a integração dos fenômenos naturais e incluiu o homem iniciando uma

abordagem de pesquisa da paisagem numa perspectiva relacional dialética, homem-natureza.

El **enfoque cultural** asume entonces que la realidad espacial es compleja y que todo espacio es producto tanto de los fenómenos de la naturaleza como de la actividad de los grupos sociales. Destaca que para adoptar la posición que exige la geografía cultural en sus observaciones hace falta ser romántico ya que desde el arte y la ciencia el romanticismo se preguntó por la alteridad, por el otro, para lo cual el método de la geografía cultural consiste en ponerse en los “pies ajenos”. (BAXENDALE, 2010, p. 04).

Surge a partir daí o enfoque da Geografia Cultural, que levanta um importante aspecto da paisagem que a torna objeto de evolução não somente dos fenômenos naturais, mas influenciado grandemente pela ação do homem de acordo com a técnica própria do seu tempo, levando-se em consideração as representações simbólicas refletidas na paisagem sob olhar do pesquisador.

Baxendale (2010) nos remete a outro enfoque no qual o conceito de paisagem foi influenciado e trabalhado dentro de Geografia Física, o enfoque positivista sistêmico, muitas vezes naturalista no qual Frolova e Bertrand (2006) diz, que são realizados modelos de paisagem baseados nas inter-relações entre os elementos do espaço que possam servir na experimentação científica, onde os geógrafos constroem objetos abstratos e idealizam a realidade, pois a essência do mundo não é percebida de forma direta ou empírica. O olhar do geógrafo está voltado para a compreensão direta do terreno, no qual o concreto se confunde com o visível.

Isso demonstra que o objetivo da análise da paisagem é buscar entender a realidade do mundo e suas transformações através de modelos paisagísticos que são criados levando-se em consideração a Teoria dos Sistemas, reforçando a idéia de inter-relações entre os elementos que compõem a paisagem.

Dentro dessa perspectiva sistêmica, o pesquisador alemão Carl Troll teve grande importância, pois de acordo com Bolós (1992) ele definiu os conceitos de Ecótopo como a extensão do conceito de biótopo na totalidade dos elementos geográficos que compõe a paisagem, inseriu os estudos horizontais (estrutural) da paisagem (geográfica) junto aos estudos verticais (funcionalidade) da paisagem (ecologia). Bolós (1992) afirma ainda que Troll definiu a Ecologia da Paisagem e posteriormente a definiu como Geoecologia.

A Teoria dos Sistemas foi incorporada ao conceito de paisagem e na Rússia Sotchava define os conceitos e modelos dos sistemas dentro da ciência da

paisagem, o autor se preocupou em incluir todos os elementos da paisagem como um sistema global, territorial e dinâmico que fosse aplicável em qualquer paisagem concreta (BOLÓS, 1992).

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. A dialética tipo-indivíduo é próprio fundamento do método de pesquisa (BERTRAND, 2004).

Esta definição de paisagem de Bertrand foi feita no ano de 1968, e vem arraigada do conceito de geossistema de Sotchava, da ecologia norte-americana e da Ciência de Paisagem Alemã, no entanto, esta definição de Bertrand procura um modelo mais qualitativo e humanizado diferente daquele alemão quantitativo e naturalista (FROLOVA e BERTRAND, 2006 apud BAXENDALE, 2010).

De acordo com Mateo-Rodríguez (2005), as questões ambientais e o conceito de meio ambiente foram introduzidos na geografia nas últimas décadas, isso aconteceu com o objetivo de realizar uma maior integração entre a geografia física e a geografia humana, com o objetivo de superar a dicotomia sociedade-natureza. Ele argumenta que a questão ambiental está presente nos conceitos da Ecogeografia de Tricart e da Geoecologia de Troll. Ambos os estudos procuram analisar os sistemas ambientais, entendendo-o como relação Sociedade-Natureza dada num determinado espaço-tempo de acordo com cada categoria de sistema ambiental, tendo o conceito de Paisagem Natural como categoria básica e fundamental de estudo, no entanto aceita a noção de paisagem social e cultural.

Nota-se a partir da discussão acima que o conceito de paisagem foi sendo utilizado de acordo com a corrente geográfica de sua época, e a mais recente abrange o conceito de interação sistêmica.

A paisagem pode ser analisada para diversos fins, sendo diagnóstico ambiental para conservação e preservação da biodiversidade, como ferramenta de planejamento do uso e ocupação do solo, como subsídios para recomposição florestal, entre outros fatores.

De acordo com Forman e Godron (1986) a paisagem apresenta três características: sua estrutura, sua função e suas alterações. Na estrutura (forma), o pesquisador analisa as relações entre os elementos da paisagem e os ecossistemas, ou seja, a distribuição de energia, dos materiais e espécies em

relação ao tamanho, forma, número, tipo e configuração dos ecossistemas. Função, também denominada de processo, são as interações entre os elementos espaciais; sendo estes, o fluxo de energia, os organismos e materiais presentes no ecossistema. E as alterações, que como o próprio nome já demonstra, são as mudanças na estrutura e função do mosaico ecológico numa determinada escala temporal.

Segundo Bertrand (2004, p. 141) “[...] o estudo da paisagem não pode ser realizado senão no quadro de uma geografia física global.”

Dessa forma a paisagem pode ser analisada através de uma análise geográfica e sistêmica, sendo esta última composta dos elementos da paisagem, dos quais é necessário ter conhecimento a respeito da geologia, geomorfologia, hidrografia, solos, vegetação, uso e ocupação antrópica, entre outros (BERTRAND, 2004; BERTRAND e BERTRAND, 2007).

Para que se alcance essa análise sistêmica e integrada da paisagem, Bertrand (2004) apresenta uma metodologia e classificação taxonômica e topográfica, com divisões e subdivisões, além do geômero e geócoro de Sotchava (1977), que apresenta aplicabilidade ao estudo dos geossistemas e que por sua vez facilita o estudo da paisagem através dessa abordagem.

Bertrand (2004, p. 144) diz que a taxonomia das paisagens pode existir desde que se fixe limites, e para isso ele coloca as seguintes considerações:

1. A delimitação não deve nunca ser considerada como um fim em si, mas somente como um meio de aproximação em relação com a realidade geográfica. Em lugar de impor categorias pré-estabelecidas, trata-se de pesquisar as descontinuidades objetivas da paisagem.
2. É preciso de uma vez por todas renunciar a determinar unidades sintéticas na base de um compromisso a partir das unidades elementares; seria certamente um mau método querer superpôr, seja pelo método cartográfico direto, seja pelo método matemático (sistema de rede), o máximo de unidades elementares para destacar daí uma unidade “média” que não exprimiria nenhuma realidade por existir a estrutura dialética das paisagens. Ao contrário, é preciso procurar talhar diretamente a paisagem global tal qual ela se apresenta. Naturalmente a delimitação será mais grosseira, mas as combinações e as relações entre os elementos, assim como os fenômenos de convergência aparecerão mais claramente. A síntese, no caso, vem felizmente substituir a análise.
3. O sistema taxonômico deve permitir classificar as paisagens em função da escala, isto é, situá-las na dupla perspectiva do tempo e do espaço. Realmente, se os elementos constituintes de uma paisagem são mais ou menos sempre os mesmos, seu lugar respectivo e sobretudo suas manifestações no seio das combinações geográficas dependem da escala temporo-espacial. Existem, para cada ordem de fenômenos, “inícios de manifestações” e de “extinção” e por eles pode-se legitimar a delimitação sistemática das paisagens em unidades hierarquizadas. Isto nos leva a dizer que a definição de uma paisagem é função da escala. No seio de um

mesmo sistema taxonômico, os elementos climáticos e estruturais são básicos nas unidades superiores (G. I a G. IV) e os elementos biogeográficos e antrópicos nas unidades inferiores (G. V a G. VIII).

Vê-se então que o autor classifica a paisagem em seis níveis dentro da escala temporo-espacial, divididos em duas unidades: as superiores que são a zona, o domínio e a região; e as inferiores que são o geossistema, a geofácia e o geótopo.

Assim, as zonas são os conjuntos de 1ª grandeza, ou seja, uma ordem planetária, onde as mesmas são definidas primeiramente pelo clima e os biomas que as integram, bem como por algumas megaestruturas acessórias. O domínio de 2ª grandeza é formado por paisagens fortemente estabelecidas, onde ele tenha uma maleabilidade que permita o reagrupamento de diferentes formas. Já a região natural está situada entre a 3ª e 4ª grandeza, comportando setores individuais (BERTRAND, 2004).

Foram criadas três unidades inferiores, o geossistema, a geofácia e o geótopo, assim como se vê na tabela abaixo.

Tabela 01. Níveis de Unidades de Paisagem

| UNIDADES DA PAISAGEM | ESCALA TEMPORO-ESPACIAL (A. CAILLEUX J. TRICART) | EXEMPLO TOMADO NUMA MESMA SÉRIE DE PAISAGEM | UNIDADES ELEMENTARES | | | | |
|----------------------|--|---|----------------------|------------|---------------------|--------------------|---|
| | | | RELEVO (1) | CLIMA (2) | BOTÂNICA | BIOGEOGRAFIA | UNIDADE TRABALHADA PELO HOMEM (3) |
| ZONA | G I grandeza G. I | Temperada | | Zonal | | Bioma | Zona |
| DOMÍNIO | G. II | Cantábriico | Domínio estrutural | Regional | | | Domínio Região |
| REGIÃO NATURAL | G. III-IV | Picos da Europa | Região estrutural | | Andar Série | | Quarteirão rural ou urbano |
| GEOSSISTEMA | G. IV-V | Atlântico Montanhês (calcário sombreado com faixa higrófila a <i>Asperula odorata</i> em "terra fusca") | Unidade estrutural | local | | Zona equipotencial | |
| GEOFÁCIAS | G. VI | Prado de ceifa com <i>Molinio-Arrhenatheretea</i> em solo lixiviado hidromórfico formado em depósito morânico | | | Estádio Agrupamento | | Exploração ou quarteirão parcelado (pequena ilha ou cidade) |
| GEOÓTOPO | G. VII | "Lapiés" de dissolução com <i>Aspidium lonchitis</i> em microsolo úmido carbonatado em bolsas | | Microclima | | Biótopo Biocenose | Parcela (casa em cidade) |

Fonte: BERTRAND (2004).

Bertrand (2004) criou esta tabela baseado na classificação climática de Sorre (1951); nas classificações do relevo de Cailleux e Tricart (1956) e Viers (1967); e na unidade trabalhada pelo homem de Brunet (1965).

O geossistema situa-se entre a 4ª e 5ª grandezas temporo-espaciais. Trata-se, portanto, de uma unidade dimensional compreendida entre alguns quilômetros quadrados e algumas centenas de quilômetros quadrados. É nesta escala que se situa a maior parte dos fenômenos de interferência

entre os elementos da paisagem e que evoluem as combinações dialéticas mais interessantes para o geógrafo. (BERTRAND, 2004, p.146).

Segundo Bertrand (2004) o geossistema é resultado da combinação de fatores geomorfológicos, climáticos e hidrológicos, sendo esta combinação o potencial ecológico. Além disso, ele se define por um tipo de exploração biológica, e há uma relação entre o potencial ecológico e a valorização biológica. E há também um fator importante que age no geossistema, a ação antrópica. Esta unidade apresenta também, uma dinâmica interna que não o deixa com uma homogeneidade fisionômica, pois na maior parte do tempo ele é formado por paisagens diferentes que demonstram os diversos estágios de sua evolução.

O geofácies corresponde então a um setor fisionomicamente homogêneo onde se desenvolve uma mesma fase de evolução geral do geossistema. Em relação à superfície coberta, algumas centenas de Km² em média, o geofácies se situa na 6ª grandeza [...] (BERTRAND, 2004, p.147).

De acordo com o autor, as geofácies desenham um mosaico mutável sobre o geossistema, e o mesmo através de sua estrutura e dinâmica denota fielmente os detalhes ecológicos e as pulsações biológicas, sendo assim “[...] o estudo dos geofácies deve sempre ser recolocado nessa perspectiva dinâmica.” (BERTRAND, 2004, p.147)

Enfim, o geótopo é a menor unidade geográfica homogênea diretamente discernível no terreno, tais como fundos de vale, cabeceira de nascente, etc.

Dessa forma a tabela 01 esclarece como se dá a classificação sintética das unidades de paisagem, facilitando o estudo da paisagem sob o olhar sistêmico da geografia, e reafirma a importância da escolha da escala para se tratar os dados sistêmicos da paisagem.

Bertrand (2004) procura demonstrar que apenas uma classificação fisionômica não se faz totalmente esclarecedora, e afirma que é mais plausível uma “tipologia dinâmica”, ou seja, classifica o geossistema em função da evolução do mesmo e que engloba todos os aspectos da paisagem. Essa tipologia leva em consideração três elementos: o sistema de evolução, o estágio atingido em relação ao “clímax”, o sentido geral da dinâmica (progressiva, regressiva, estabilidade), portanto foi inspirada na teoria de biorestasia de H. ERHART. Esta tipologia apresenta 07 tipos de geossistemas, e divide-os em dois grupos: os geossistemas em biostasia e os geossistemas em resistasia.

Os geossistemas em biostasia – trata-se de paisagens onde a atividade geomorfogenética é fraca ou nula. O potencial ecológico é, no caso, mais ou menos estável. O sistema de evolução é dominado pelos agentes e os processos bioquímicos: pedogênese, concorrência entre as espécies vegetais, etc... A intervenção antrópica pode provocar uma dinâmica regressiva da vegetação e dos solos, mas ela nunca compromete gravemente o equilíbrio entre o potencial ecológico e a exploração biológica. (BERTRAND, 2004, p.149).

Os geossistemas em biostasia por sua vez, são subdivididos de acordo com a sua estabilidade. “Os ‘climáticos’, ‘plesioclimáticos’ ou ‘subclimáticos’ correspondem a paisagens onde o clímax é mais ou menos bem conservado [...] A intervenção humana de caráter limitado, não compromete o equilíbrio de conjunto de geossistema. [...] o potencial ecológico não parece modificado.” (BERTRAND, 2004, p. 149)

Bertrand (2004, p.149) apresenta também os geossistemas “paraclimáticos” que “aparecem no decorrer de uma evolução regressiva, geralmente de origem antrópica, logo que se opera um bloqueamento relativamente longo ligado a uma modificação parcial do potencial ecológico ou da exploração biológica.” Além destes, aparece em sua classificação “os geossistemas degradados com dinâmica progressiva”, e cita o autor como exemplo os landes e capoeiras que após as atividades rurais, eles são abandonados e voltam a um “estado florestal”, mas não com o mesmo “clímax”.

Essa classificação apresenta também os geossistemas “degradados com dinâmica regressiva sem modificação importante do potencial ecológico [...]” onde “a vegetação é modificada ou destruída, os solos são transformados pelas práticas culturais e o percurso dos animais [...]” e “o equilíbrio ecológico não é rompido malgrado um início de ‘ressecamento ecológico’.” (BERTRAND, 2004, p. 150).

Além desses geossistemas citados que fazem parte da classificação em biostasia, Bertrand (2004) apresenta também os **em resistasia**, onde:

A geomorfogênese domina a dinâmica global das paisagens. A erosão, o transporte e a acumulação dos detritos de toda a sorte (húmus, detritos vegetais, horizontes pedológicos, mantos superficiais e fragmentos de rocha *in loco*) levam a uma mobilidade das vertentes e a uma modificação mais ou menos possante do potencial ecológico. (BERTRAND, 2004, p. 150).

Nesse sentido, Bertrand (2004) afirma que a geomorfogênese contraria a pedogênese e a colonização vegetal, e que é necessário distinguir os casos de resistasia verdadeira ligados a uma crise geomorfoclimática capaz de modificar o modelado e o relevo e os casos de resistasia-limitada à cobertura viva da vertente,

ou seja, a vegetação, restos vegetais, húmus, solos e, às vezes, manto superficial e lençóis freáticos epidérmicos. O primeiro (resistasia verdadeira) demonstra que o sistema de evolução das paisagens se reduz então ao sistema de erosão clássica e a destruição da vegetação e do solo podem ser total. Já no segundo (resistasia limitada), ocorre apenas uma erosão “epidérmica”, ou seja, superficial relacionada principalmente com a cobertura vegetal.

Os geossistemas em resistasia são subdivididos em: “com geomorfogênese ‘natural’, e regressivo com geomorfogênese ligada à ação antrópica.” No primeiro caso, “a erosão faz parte do ‘clímax’, isto é, ela contribui a limitar naturalmente o desenvolvimento da vegetação e dos solos”.

Já no segundo caso, devem ser tratados três casos:

[...] primeiro, os geossistemas em resistasia bioclimática cuja geomorfogênese é ativa pelo homem. Em seguida, os geossistemas marginais em ‘mosaico’, isto é, com geofácies em resistasia e com geofácies em biostasia, caracterizados por certo desequilíbrio e certa fragilidade natural. [...] E, por fim, os geossistemas regressivos e com potencial ecológico degradado que se desenvolvem por intervenção antrópica no seio das paisagens em plena biostasia.” (BERTRAND, 2004, p. 150).

Reconhece-se o desenvolvimento das teorias e a sua utilização para explicar os fenômenos naturais, sociais e econômicos. Nesse ínterim, com as ciências geográficas não é diferente, e no tocante aos estudos da paisagem, busca-se realizar uma análise sistêmica integrada, que possa subsidiar o pesquisador de conceitos e definições que refletem a realidade do objeto de estudo, e conseqüentemente formatar classificações que sejam passíveis de aplicabilidade no espaço e tempo no mundo real.

Para que esta aplicabilidade aconteça é necessário que existam técnicas e tecnologias que possibilitem a sintetização dos conhecimentos teóricos, e demonstrem com eficiência e eficácia, respostas aos questionamentos que são feitos a partir do conhecimento empírico.

Segundo Santos (2006) qualquer período histórico corresponde a uma gama de técnicas que o caracterizam e com os objetos formados através destas, surgindo a cada momento histórico um novo sistema de objetos correspondente ao surgimento de novas técnicas.

Para a análise integrada da paisagem é utilizado um instrumental de ferramentas e técnicas denominadas geoprocessamento, que auxiliam nas

pesquisas ambientais, respondendo aos questionamentos do pesquisador, com mais eficiência, custo baixo e com a menor probabilidade de erros.

3.3 O arcabouço instrumental de análise - O geoprocessamento e suas geotecnologias

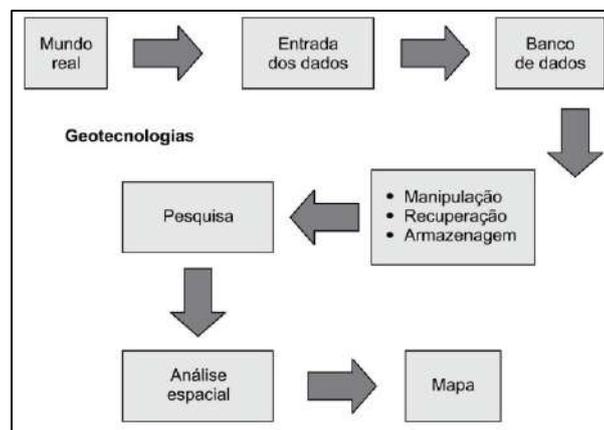
Segundo Câmara; Davis (2001) e Silva; Silva (2011), o geoprocessamento é uma área do conhecimento que se utiliza de técnicas matemáticas e computacionais para tratar as informações geográficas, e o mesmo tem influenciado e desenvolvido a Cartografia, tanto na análise dos recursos naturais, transporte, comunicações, energia e o planejamento urbano e rural.

Conforme Câmara; Davis (2001), o geoprocessamento é extremamente relevante e apresenta um grande potencial para a tomada de decisões no sentido de resolver problemas relacionados com as questões ambientais, planejamento urbano e/ou rural, principalmente devido à utilização de tecnologias de baixo custo em que o conhecimento seja obtido no local da problemática, principalmente em um país de dimensão continental como o Brasil.

“O termo geoprocessamento surgiu com a introdução dos conceitos de manipulação de dados espaciais georreferenciados dentro de sistemas computadorizados, através das ferramentas denominadas Sistemas de Informações Geográficas - SIG's”. (ORTIZ, 1993 apud CÂMARA; ORTIZ, 1998).

De acordo com Ibrahim (2014, p. 14) “o geoprocessamento utiliza um conjunto de técnicas ligadas à informação espacial, como: Topografia; Cartografia; Sensoriamento Remoto (SR); Sistema de Informação Geográfica (SIG) e Sistema de Posicionamento Global (GPS).”

Figura 05. Conceito de SIG.

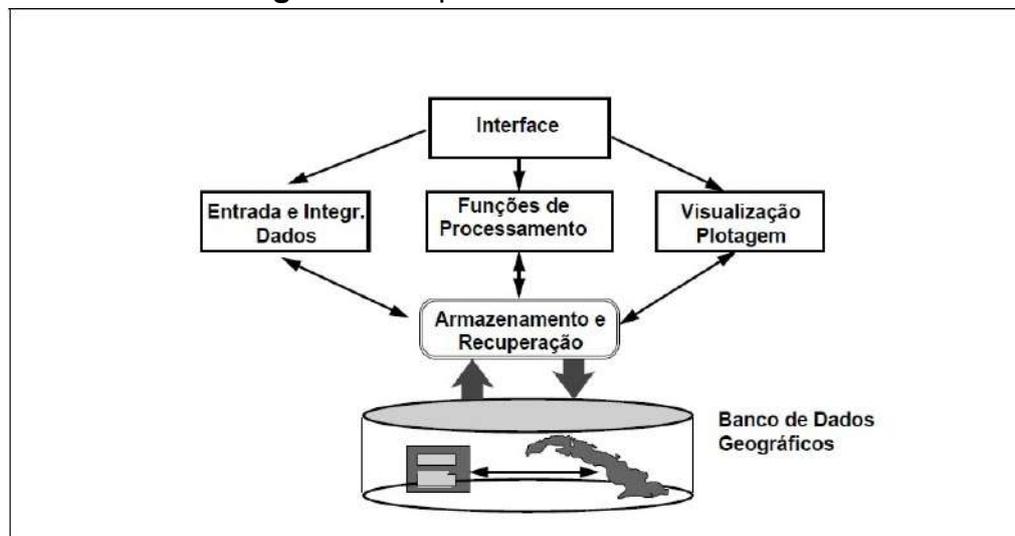


Fonte: IBRAHIM (2014).

As ferramentas do geoprocessamento mais utilizadas nos estudos da Paisagem são o Sensoriamento Remoto e os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) conforme a figura 05 (YOUNG et al., 1993).

De acordo com Câmara et al. (1997) um SIG possui em geral, alguns componentes que são a interface com usuário; a entrada e integração de dados; funções de processamento; visualização e plotagem; e armazenamento e recuperação de dados, conforme a Figura 06.

Figura 06.Arquitetura de SIG.



Fonte: CÂMARA et al.(1997)

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) são sistemas computacionais capazes de armazenar dados com informações geográficas (ALBANEZ, 2000). Os SIG's possibilitam a criação de banco de dados georreferenciados integrando diversas informações, permitindo a automação na produção de documentos cartográficos. Em suma, o SIG se utiliza de diversas informações em variados níveis fornecendo uma melhor compreensão da área de estudo (SILVA; SILVA, 2011).

Conforme Ibrahim (2014), as primeiras tentativas de automatizar informações geográficas surgiram na década de 50 e tinham o objetivo diminuir os custos de produção e manutenção de mapas, uma ocorreu na Inglaterra com o objetivo de estudos botânicos e nos Estados Unidos para realização de levantamento de fluxo de tráfego.

Contudo, os primeiros SIG's apareceram na década de 60 no Canadá como parte de um programa do governo para a criação de um inventário de recursos

naturais, mas era muito difícil de realizar devido à diversos fatores, como monitores de baixa resolução, computadores caros, falta de dinheiro e programas comerciais prontos, a velocidade de processamento era muito lenta e a capacidade de armazenamento baixa.

Já na década de 70, foi criado o termo *Geographic Information System (GIS)*, e neste período surgiram novos recursos de *hardware* que possibilitaram a criação de programas comerciais, assim como o CAD (*Computer Aided Design*, ou projeto assistido por computador), além disso, nessa década foram criados os fundamentos matemáticos voltados à Cartografia, bem como questões de geometria computacional.

Após isso, da década de 80 até os dias atuais houve uma aceleração da tecnologia relacionada aos SIG's, com os avanços da microinformática, das estações gráficas de trabalho mais baratas e a utilização de computadores pessoais. Nesta mesma década, o Brasil teve um grande desenvolvimento neste setor com vários grupos de estudos em geoprocessamento (CÂMARA; DAVIS, 2001).

De acordo com Câmara; Davis (2001) e Ibrahim (2014), no Brasil o geoprocessamento iniciou com os seguintes acontecimentos:

➤ Década de 80:

- Divulgação e formação pessoal feita pelo professor Jorge Xavier da Silva, da Universidade Federal do Rio de Janeiro;
- Vinda de Roger Tomlinson, responsável pela criação do primeiro SIG (o Canadian Geographical Information System) em 1982;
- O Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, sob a orientação e supervisão do professor Jorge Xavier da Silva, desenvolveu o SAGA (Sistema de Análise Geoambiental);
- A empresa de aerolevanteamento AeroSul criou um sistema para automatização de processos cartográficos;
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE desenvolveu o SITIM (Sistema de Tratamento de Imagens) e o SGI (Sistema de Informações Geográficas), para ambiente PC/DOS (1984).

➤ Década de 90:

- Lançamento do MaxiCAD pela AeroSul, muito utilizado no Brasil, principalmente em aplicações de mapeamento por computador. Depois, surgiu o dbMapa, que permitiu a junção de bancos de dados relacionais a arquivos gráficos MaxiCAD, produzindo uma solução *desktop mapping* para aplicações cadastrais;
- O Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Telecomunicações Brasileiras S.A. (TELEBRAS) iniciou o desenvolvimento do SAGRE (Sistema Automatizado de Gerência da Rede Externa) com aplicação para o setor de telefonia, com um expressivo desenvolvimento e personalização de software;
- A equipe da Divisão de Processamento de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) cria o Sistema para Processamento de Informações Geográficas (SPRING) para UNIX e MS/WINDOWS, e este “unificou o tratamento de imagens de Sensoriamento Remoto (ópticas e micro-ondas)” e passou a ser distribuído pelo site do INPE a partir de 1997.

A partir da década de 80 vem surgindo novos softwares e hardwares de SIG para diversas áreas econômicas e de pesquisas, reforçando cada vez mais a interdisciplinaridade do geoprocessamento bem como de suas ferramentas.

O SIG possui uma capacidade integradora em sua essência, integrando informações, tecnologias, pessoas, teorias e fundamentos, este último através da Ciência da Informação Geográfica.

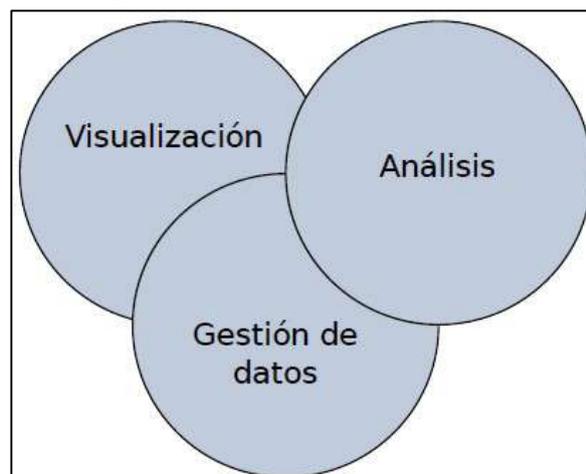
O SIG integra informações, possibilitando correlacionar estes dados com o objetivo de compreender as conexões e cruzamentos entre estas; integra tecnologias, pois o mesmo trás a importância do componente espacial da informação bem como as possibilidades que esta oferece, ocasionando dessa forma o surgimento de muitas tecnologias através do aproveitamento da informação espacial e possibilitando a união de tecnologias, conectando-as e permitindo um relacionamento fluido em torno das funcionalidades e elementos básicos de um

Sistema de Informação Geográfica. O SIG integra as pessoas por meio de sua propriedade interdisciplinar, nas quais diversos profissionais, ou não, o utilizam para diversas análises, seja para gerar um mapa, seja para analisar suas informações, entre outros fins; e integra teorias e fundamentos abarcando os conhecimentos de diversas áreas e as compoendo o SIG, tais como geografia, geologia, informática, psicologia, entre tantos outros que podem ser inseridos na Ciência da Informação Geográfica, em que o SIG se insere (OLAYA, 2012).

Nesse íterim, o SIG possui ferramentas com a capacidade de adquirir, armazenar, recuperar, transformar e emitir informações espaciais. Estas descrevem elementos do espaço geográfico em seu posicionamento real em relação a um sistema de coordenadas e aos atributos não aparentes desta e das relações topológicas existentes. Dessa forma, um SIG pode ser utilizado para estudos sobre meio ambiente e recursos naturais, no planejamento de determinadas ações e na previsão de determinados fenômenos, visto que os dados armazenados representam a realidade (BURROUGH, 1986 apud CÂMARA; ORTIZ, 1998).

O SIG pode ser esquematizado a partir de seus componentes, Olaya (2012) demonstra que estes podem ser vistos a partir de três subsistemas: o subsistema de gestão de dados, o de visualização e o de análise, conforme a figura 07.

Figura 07. Esquema dos subsistemas de um SIG.



Fonte: Olaya (2012)

O subsistema de gestão de dados é o ambiente de entrada e saída de dados fazendo a gestão dos mesmos permitindo aos outros subsistemas ter acesso a estes dados para permitir que fizessem suas funções a partir destes. O subsistema de

visualização e criação cartográfica comporta a criação de representações a partir dos dados de entrada (subsistema de gestão de dados) permitindo a interação dos seus elementos e onde se permite a edição dos dados, também. E, por último o subsistema de análise, que contém os processos e métodos de análise dos dados geográficos (OLAYA, 2012).

Outra forma de demonstrar o SIG é relatado por Câmara e Ortiz (1998), que demonstram que o SIG apresenta os seguintes componentes: interface com o usuário; entrada e integração de dados; funções de processamento gráfico e de imagens; visualização e plotagem e banco de dados geográficos.

Olaya (2012) trata também dessa outra maneira de esquematizar um SIG, trazendo também cinco elementos que compõem um SIG: dados, métodos, software, hardware e pessoas. Onde, os métodos são um conjunto de fórmulas e metodologias que são aplicadas sobre os dados, e o autor retrata que o componente essencial de um SIG são as pessoas, pois são elas as responsáveis por tratar estes dados através dos softwares e são as mesmas que operam estes através dos hardwares. Contudo, o autor ainda cita outro componente, o fator organizativo (gestão) no qual estariam englobados os elementos relacionados à coordenação entre pessoas, tecnologia e dados, bem como a comunicação entre eles e todos os outros, e ainda inclui software e hardware em um único elemento, a tecnologia.

Os dados tratados no SIG são de acordo com Câmara; Ortiz (1998) imagens de satélite, modelos numéricos de terreno, mapas temáticos, redes e dados tabulares.

Para a obtenção das informações (dados) para serem tratados no SIG, é utilizada em larga escala as técnicas de sensoriamento remoto que é mais uma das mais utilizadas para a análise da paisagem.

De acordo com Novo (1992) o sensoriamento remoto nada mais é do que a utilização de sensores para se obter informações de fenômenos ou objetos sem o contato direto entre ambos. Os sensores obtêm a energia de determinado objeto e o transforma em um sinal que pode ser captado e convertido em informação.

Segundo Ibrahim (2014, p. 97),

Sensoriamento remoto pode ser definido como a ciência e a arte de obter informações sobre uma área, objeto ou fenômeno, mediante análise de dados adquiridos por dispositivos que não estão em contato direto com tal área, objeto ou fenômeno que está sendo objeto de investigação. [...] é uma tecnologia para coleta a distância de informações e dados da superfície terrestre, das condições climáticas, das mudanças urbanas, as

manifestações terrestres etc. Esses dados ou informações são obtidos remotamente por meio de modernos sensores instalados em plataformas orbitais ou aerotransportadas.

Ponzoni, et al. (2012) destacam que as definições mais clássicas de Sensoriamento Remoto, enfatizam os termos **distância, informação e contato físico**, mas eles mostram a preocupação que estes ofuscam os conceitos principais que facilitaria a compreensão desta técnica, que são os alvos, ou seja, a informação dos objetos da superfície terrestre que são os recursos naturais, como a vegetação, água, solo, entre outros.

Meneses e Almeida (2012, p. 03) conceituam Sensoriamento Remoto como “uma ciência que visa o desenvolvimento da obtenção de imagens da superfície terrestre por meio da detecção e medição quantitativa e das respostas das interações da radiação eletromagnética com os materiais terrestres”.

Nota-se que o autor procura definir o conceito a partir de preceitos científicos, como ele mesmo cita em seu livro, para facilitar o entendimento do que realmente seja Sensoriamento Remoto, e inclui o termo materiais terrestres, que podem ser entendidos como os objetos das informações de Ponzoni, et al. (2012).

Câmara e Medeiros (1998) denotam que as imagens digitais obtidas por sensoriamento remoto são feitas através de satélites ou aeronaves, e as informações são armazenadas em matrizes, e cada elemento da imagem (matriz) denominado pixel tem um determinado valor relacionado à frequência eletromagnética refletida ou emitida pelo fenômeno ou objeto.

Forman e Godron (1986) afirmam que a imagem de sensoriamento remoto é multidimensional, ou seja, horizontal, vertical e multiespectral, que possibilita estudar diferentes aspectos dos ecossistemas; tais aspectos são de extrema importância para a obtenção de informações necessárias para a análise da paisagem.

As coletas de imagens e dados são realizadas através de sensores instalados em plataformas orbitais ou aerotransportadas, que as obtêm por meio de radiação eletromagnética.

De acordo com Crepani et al. (2001) a imagem serve como âncora para a realização de zoneamento ecológico-econômico, podendo dessa forma facilitar a divisão das unidades de paisagem, proporcionando uma melhor compreensão da realidade.

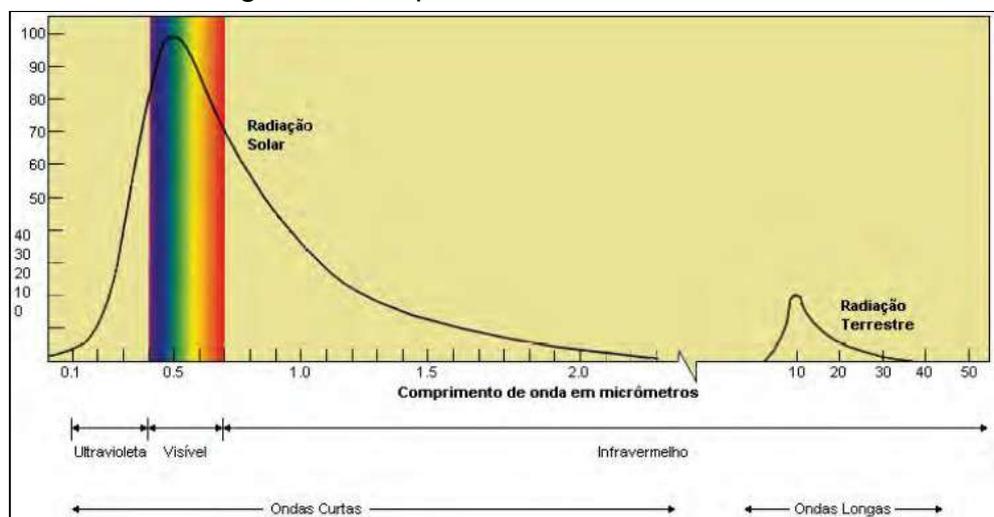
As imagens de satélite apresentam algumas características importantes que são: a **resolução espectral** que é a largura e o número de bandas do espectro eletromagnético imageadas; a **resolução espacial** que é a menor porção da superfície terrestre observada por cada sensor instantaneamente; a **resolução radiométrica** que é o nível de quantização registrada pelos sistemas do sensor e a **resolução temporal** que é o intervalo de entre duas passagens pelo mesmo satélite em um determinado ponto (CÂMARA et al., 2020).

Para a obtenção de imagens de satélites, são acoplados nos mesmos, sensores imageadores multiespectrais ou os instrumentos eletro-óptico, que são de acordo com Meneses e Almeida (2012) aqueles capazes de obter várias imagens simultâneas da superfície terrestre que vão desde o comprimento de onda da luz visível azul até a região termal através da radiação eletromagnética (REM).

O Sol e a Terra são os principais emissores de radiação eletromagnética naturais e os mais usados no Sensoriamento Remoto, mas como a REM emitida por eles não abrangem todos os comprimentos de onda, o homem construiu fontes artificiais capazes de emitir altas intensidades em comprimentos de onda, como na região das microondas (DI MAIO et al., 2008; MENESES E ALMEIDA, 2012).

Na Figura 08 pode ser visto a região do comprimento de ondas de máxima emitância e a distribuição da intensidade da energia emitida pelo Sol e pela Terra, bem como demonstra as cores na região do visível.

Figura 08. Distribuição da intensidade da energia emitida pelas fontes naturais de radiação eletromagnética, medidas no topo da atmosfera. Barras indicam a região de comprimento de onda de máxima emitância.



Fonte: Meneses e Almeida (2012).

A tabela 02 demonstra o tipo de intervalo espectral e o comprimento de onda ao qual o mesmo está relacionado, e a tabela 03 demonstra a cor refletida de acordo com o comprimento de onda.

Tabela 03. Divisão do espectro eletromagnético

| Comprimento de onda (μm) | Cor da luz refletida |
|---|-----------------------------|
| 0,380 – 0,455 | Violeta |
| 0,455 – 0,482 | Azul |
| 0,482 – 0,487 | azul – esverdeado |
| 0,487 – 0,493 | azul – verde |
| 0,493 – 0,498 | verde – azulado |
| 0,498 – 0,530 | Verde |
| 0,530 – 0,559 | verde-amarelado |
| 0,559 – 0,571 | amarelo-verde |
| 0,571 – 0,576 | amarelo-esverdeado |
| 0,576 – 0,580 | Amarelo |
| 0,580 – 0,587 | laranja-amarelado |
| 0,587 – 0,597 | Laranja |
| 0,597 – 0,617 | laranja-avermelhado |
| 0,617 – 0,760 | Vermelho |

Fonte: Adaptado de Meneses e Almeida (2012).

De acordo com as informações dos espectros eletromagnéticos e de como cada comprimento de onda interage de maneiras diferentes e com comprimentos de ondas diferentes nos objetos da superfície terrestre, o comprimento de onda é um dos principais parâmetros para se definir o tipo de sensor a ser utilizado, conforme a imagem que se deseja obter (MENESES E ALMEIDA, 2012).

Tabela 04. Intervalos espectrais possíveis de serem usados pelos sensores remotos

| 0,45 – 0,76 μm visível | 0,76 – 1,2 μm infravermelho próximo | 1,2 – 3,0 μm infravermelho de ondas curtas | 3,0 – 5,0 μm infravermelho médio | 5,0 μm – 1 mm infravermelho termal | 1mm– 100 cm micro-ondas |
|---|--|---|---|---|--------------------------------|
| toda faixa | 0,76 – 0,91 1,00 – 1,12 | 1,19 – 1,34 1,55 – 1,75 2,05 – 2,40 | 3,5 – 4,2 4,5 – 5,0 | 8,0 – 9,2 10,2 – 12,5 | 3,0 – 100 |

Fonte: Adaptado de Meneses e Almeida (2012).

Visível (0,45 - 0,76 μm) - É a região do espectro solar com a mais alta intensidade de fluxo radiante e onde há a melhor janela atmosférica, bastante transparente, deixando passar uma grande quantidade de radiação. Por isso, é muito usada em sensoriamento remoto. É a região

responsável pela **interação com os minerais** e que dá origem às suas cores e com os **pigmentos da vegetação**. O problema dessa faixa espectral é o alto espalhamento da radiação solar incidente pelos gases atmosféricos, que pode reduzir o contraste da reflectância dos alvos terrestres. É chamada de visível, porque o olho humano é sensível a essa região espectral.

Infravermelho próximo (0,76 - 1,2 μm) - Região do espectro solar onde a atmosfera também é bastante transparente, mas ocorrem algumas bandas de absorções, impedindo que todo o intervalo possa ser continuamente utilizado por sensoriamento remoto. É o intervalo onde ocorrem importantes interações da REM com os níveis de energia eletrônica dos átomos, gerando feições espectrais que são diagnósticas para **identificar a natureza de vários tipos de rochas**, principalmente as de composição mineral com metais de transição (Fe, Ni, Cr, Mn...)

Infravermelho de ondas curtas (1,2 – 3,0 μm) - É a região **espectral geológica**, porque é nesta faixa espectral que os vários minerais de alteração hidrotermal têm as suas diagnósticas feições de absorção. Também é a região onde os comprimentos de onda em 1,4 μm e em 1,9 μm são totalmente absorvidos pelas moléculas de vapor d'água da atmosfera, proibindo o uso do sensoriamento remoto e, por consequência, de se determinar nos materiais terrestres a presença de água molecular nas suas estruturas.

Infravermelho médio (3,0 - 5,0 μm) - Região onde o Sol e a Terra não emitem quantidades suficientes de energia que possam ser detectadas pelos sensores. Somente alvos com elevadas temperaturas, como vulcões e incêndios, podem ser detectados, pois agem como fontes próprias de emissão de radiação. É uma região espectral pouco usada no sensoriamento remoto, à exceção de sensores meteorológicos ou atmosféricos.

Infravermelho termal (5,0 – 1,0 mm) - É conhecido como a região termal, devido à radiação emitida pelos objetos terrestres em função das suas temperaturas de superfícies. A melhor janela atmosférica nessa região espectral para imageamento orbital é o intervalo de 8,0 μm a 14,0 μm , porque acima de 30 km, a camada de ozônio absorve toda a radiação além de 14 μm emitida pela Terra. Ótima faixa espectral para **detecção de quartzo** de veios nas rochas.

Micro-ondas (3,0 - 100 cm) – Região de uso de sensores ativos (radar), que utilizam fontes artificiais para a geração da REM. Por causa do tamanho do comprimento de onda, o radar tem a habilidade de operar em condições atmosféricas adversas, com coberturas de nuvens ou chuvas, e pode operar tanto de dia como à noite. Importante para a geologia estrutural e mapeamento geológico, porque a interação das micro-ondas com as rochas é controlada pelas texturas de relevo. Atualmente, o intervalo útil ao sensoriamento remoto estende-se de 3,0 cm a 100 cm. (MENESES E ALMEIDA, 2012).

De acordo com essas características do comprimento de ondas são escolhidos os sensores, e alocados em plataformas para sua utilização, como já dito anteriormente.

Conforme Olaya (2012) plataformas e sensores são os principais elementos tecnológicos de teledetecção, que auxiliam na obtenção de imagens para serem utilizadas de diversas formas.

Uns dos principais equipamentos para a observação dos recursos naturais utilizados são os satélites, e um deles é o da plataforma **LANDSAT** que é um projeto

da NASA (National Aeronautics and Space Administration), que teve início na segunda metade da década de 60, primeiramente esse projeto era chamado de ERTS (Earth Resources Technology Satellite), sendo que seu primeiro satélite foi lançado em 1972, e em 1975 o nome do projeto foi alterado para LANDSAT.

Deste início até hoje foram lançados 08 satélites, o último a ser lançado foi o LANDSAT 08 no ano de 2013, com os sensores OLI (Operational Terra Imager) e TIRS (Thermal Infrared Sensor) com 15 metros de imagem pancromática a 30 metros de imagens multiespectrais, conforme se observa na tabela abaixo.

Tabela 05. Landsat 08

| Instrumento/Sensor | OLI e TIRS |
|-----------------------------------|---|
| Operadora/Instituição | NASA (National Aeronautics and Space Administration) |
| Responsável | Estados Unidos |
| País | Estados Unidos |
| Situação Atual | Ativo |
| Lançamento | 02/11/2013 |
| Altitude | 705 Km |
| Inclinação | 98,2° |
| Órbita | Circular, Polar, Heliossíncrona |
| Faixa Imageada | 185 Km |
| Tempo de Duração da Órbita | 99 min. |
| Horário da Passagem | 10h / 12h |
| Período de Revisita | 16 dias |
| Resolução Espacial | Pancromático: 15 m Multiespectral: 30 m Termal: 100 m reamostrada para 30 m |

Fonte: Adaptado de INPE (2020).

Este satélite apresenta os sensores pertencentes à classe daqueles que necessitam da radiação eletromagnética do Sol (sensores ópticos), além dos sensores ópticos, temos também de acordo com (Meneses e Almeida, 2012) os sensores termais (utilizam a Terra como fonte de radiação) e os sensores de radar, também chamados de sensores ativos.

De acordo com Di Maio et al. (2012) o radar é um sensor que atua na faixa espectral de radio ou das microondas, ele emite um sinal de microondas e registra o retorno deste sinal.

Os satélites e os sensores fazem parte de um aparato existente nos dias de hoje que fornecem os dados (imagens) de onde se possam inferir as mais variadas

informações, até mesmo para se entender como está o ambiente natural em determinado espaço-tempo.

Para que esses dados se transformem em informações úteis ao pesquisador, elas devem ser interpretadas da maneira correta por meio de processamento digital realizado em programas de processamento de SIG (PONZONI et al., 2012).

O processamento digital é segundo Moreira (2012, p. 18) a “manipulação de uma imagem por computador de modo que a entrada e a saída do processo sejam imagens”.

Nas técnicas de processamento digital, existem as fases de pré-processamento de dados, que tem como função corrigir as imperfeições radiométricas, geométricas e até de ruídos das imagens; as de realce das imagens para que as mesmas fiquem com uma qualidade melhor de visualização e as técnicas de classificação das imagens, que faz a associação dos pixels das imagens com as classes de acordo com as características espectrais da imagem (PONZONI et al., 2012).

Essas classes recebem também o nome de classes temáticas, pois se busca classificar os objetos do solo de acordo com sua característica. A classificação é realizada por algoritmos específicos de reconhecimento de padrões espectrais (MOREIRA, 2012).

A classificação ou treinamento pode ser realizado de maneira supervisionada e não supervisionada. A classificação supervisionada acontece quando o usuário possui dados que o permitem identificar uma localização espacial de uma classe de interesse. Já a não supervisionada ocorre quando se utiliza apenas algoritmos para reconhecer as classes de interesse numa determinada imagem (PONZONI et al., 2012).

Tanto a classificação supervisionada quanto a não supervisionada possuem regras de decisão para que o classificador associe determinado pixel a determinada classe ou regiões de similaridade de níveis de cinza. Tais regiões são baseadas nas características espectrais do pixel, ou do pixel e seus vizinhos. Quando a regra de decisão toma como base as características somente do pixel, a classificação é denominada pixel a pixel. Caso contrário, diz-se classificação por região. (MOREIRA, 2012, p. 284).

Após o processamento digital das imagens, são obtidas várias informações, que podem subsidiar estudos para a conservação e/ou preservação de determinada área, contribuindo para a não utilização daqueles recursos/potencial ecológico ou

até mesmo a utilização de maneira racional a partir de um planejamento ambiental adequado.

3.4 Planejamento Ambiental

O planejamento é algo que está presente em muitas atividades, econômicas ou não, a questão de planejar é algo muito antigo, onde há relatos de tribos na Mesopotâmia 4.000 anos a. C. que organizavam suas aldeias por meio do planejamento, podendo ser entendido também como o ordenamento do espaço (SANTOS, 2004).

No Brasil, o planejamento começa a ser pensado e desenvolvido na década de 30 após o processo de urbanização e industrialização ser mais efetivo e incentivado pelo Governo da época que tinha como objetivo transformar as estruturas econômicas e sociais no País, e para que isso fosse alcançado seria necessário um planejamento adequado, e com isso o Brasil foi o país que mais se desenvolveu no século XX (MARTINS, 2018).

De acordo com Molina e Rodriguez (2001 apud Costa e Silva, 2008) o planejamento é um instrumento que mediará a realidade existente e o futuro que se deseja, dessa forma ela não é um fim esperado, mas sim uma forma de se alcançar o mesmo.

Para Silva (2015) o planejamento é tido como uma ferramenta complexa e multidisciplinar que deve levar em consideração todos os aspectos que envolvem determinada atividade, tais como os aspectos físicos, humanos, econômicos, sociais e culturais, bem como outros que possam afetar a atividade que se planeja, direta e indiretamente.

De acordo com Costa e Silva (2008, p. 15) “o planejamento vem a ser um processo analítico e crítico de pensamento, através do qual se busca a melhor maneira de solucionar o problema.” Nessa mesma perspectiva, Martins (2018, p. 43) diz que “planejamento é um processo contínuo e dinâmico, que propicia, no decorrer de seu processo de efetivação, uma análise crítica e reflexiva sobre seus avanços e retrocessos.”

Já Santos (2004, p. 24) diz que

O planejamento é um processo contínuo que envolve a coleta, organização e análises sistematizadas das informações, por meio de procedimentos e

métodos, para chegar a decisões ou a escolhas acerca das melhores alternativas para o aproveitamento dos recursos disponíveis.

Contudo, pode-se extrair que o planejamento é uma ferramenta, um instrumento multidisciplinar com procedimentos e métodos que envolvem a coleta, organização e análise crítica e reflexiva de informações, realizado a partir de um processo dinâmico e contínuo com o objetivo de decidir pelas melhores opções para que se alcance um determinado objetivo e o melhor aproveitamento dos recursos que se tem disponível.

Santos (2004) ressalta que o planejamento tem um importante papel que é o de nortear a utilização de instrumentos metodológicos, administrativos, legislativos, e de gestão para a realização de atividades no espaço e tempo determinado, e deve incentivar a participação institucional e da comunidade local, com o intuito de induzir a relações mais estreitas entre sociedade e autoridades.

A autora ainda ressalta que a ênfase do planejamento está na tomada de decisão, que é auxiliada por um diagnóstico que no mínimo norteie a melhor utilização dos recursos do meio planejado, e que como o planejamento deve objetivar a tomada de ações futuras, deve-se lançar mão sobre estimativas e cenários futuros.

No entanto, Castro (2016) chama a atenção para que não haja confusão, pois o planejador não é o mesmo que toma a decisão, visto que o primeiro é o técnico que elabora o planejamento e por meio dos instrumentos e metodologias específicas produz seu diagnóstico para a tomada de decisão do segundo, que são as forças políticas e todo o seu sistema.

Para a realização de um planejamento adequado, se deve procurar seguir algumas etapas, que de acordo com Silva (2015) são:

1. identificação de um problema;
2. determinação de objetivos;
3. diagnóstico da situação atual;
4. cronograma de execução;
5. encaminhamento das resoluções (execução);
6. avaliação de resultados;
7. replanejamento;

8. conclusões.

No entanto, o mesmo autor diz que muitos aspectos do planejamento são alterados de acordo com a área de aplicação e da atividade que se pretenda executar, bem como da função do centro de decisões ao que o mesmo se remete.

Entende-se que as etapas do planejamento podem ser alteradas, suprimidas ou incluídas, de acordo com o tipo de planejamento que se trabalha, e com as especificidades de cada um deles, e, estas especificidades podem ser vistas a partir do adjetivo que o planejamento carrega.

Nota-se uma adjetivação do planejamento de acordo com a área com que se trabalha, pois sempre se ouve falar em: planejamento organizacional, planejamento financeiro, planejamento estratégico, planejamento ambiental, entre outros (CASTRO, 2016).

Essa adjetivação tem como objetivo identificar a área de atuação, o tema, o setor de atividade, o paradigma ou o ideário ao qual aquele planejamento se identifica e que se alinha àquele trabalho (SANTOS, 2004).

Além dessas adjetivações que se fazem necessárias para se compreender em qual área de atividade este planejamento está atuando, o planejamento pode ser agrupado de maneiras diferentes, além de serem apenas nomenclaturas, “sobrenomes”.

O planejamento pode ser unificado de acordo com sua abrangência espacial, podendo ir desde a escala local a escala global e suas respectivas subdivisões, como macro e microrregiões (SANTOS, 2004; CASTRO, 2016).

Nesse íterim, temos a **escala local** que está relacionada a uma área pontual; a **escala de limites territoriais** legais, tais como municípios, estados, países; a **escala regional** que pode ser limitada por municípios, bacias hidrográficas e paisagens comuns, e por último temos os planejamentos em **âmbito nacional** ou **internacional**. Além da escala espacial, o planejamento pode estar relacionado à **natureza ou a finalidade das atividades principais**, como por exemplo: socioeconômico; agrícola; arquitetônico; recursos naturais ou ambiental, entre outros. E, por último, pode estar relacionado com a **abrangência operacional**, ou seja, ele pode estar voltado a um projeto ou atividade ou envolver várias atividades ou integrar diversas áreas de trabalho, e dessa forma serem denominados de

Planos Setoriais no primeiro caso ou Planos de áreas integradas, no segundo caso (SANTOS, 2004).

O planejamento relacionado à sua abrangência operacional é pontuado por Silva (2015) como atividade, e dividido em **planejamento geral integrado**, quando envolve várias necessidades de diversos setores que atuam naquela determinada atividade; **planejamento múltiplo**, que procura atender dois ou mais setores, mas não atuando em sua totalidade; e o **planejamento simples** que atua em apenas um setor, dentre toda a gama existente naquela determinada atividade.

O autor divide o planejamento também numa escala de tempo, situando-os em curto, médio e longo prazo, e de acordo com a complexidade, que vai do simples ao complexo. A escala de tempo varia de acordo com o tipo de atividade com a qual o planejamento está inserido e a no planejamento simples, envolve apenas um setor ou um aspecto da atividade em quanto o complexo envolve dois ou mais setores envolvidos.

O planejamento pode ser dividido quanto aos seus objetivos também, como por exemplo, planejamento físico, ou seja, uso e ocupação da terra; planejamento anticíclico, que é relacionado à Economia de um país, entre outros. “Planejamentos que procuram organizar e direcionar os setores econômicos e social de um país ou região são denominados desenvolvimentistas.” (SANTOS, 2004, p. 26).

Existem dois tipos de planejamento desenvolvimentistas, o tecnológico, também denominado de tradicional por alguns autores e o ecológico ou ambiental, o primeiro procura resolver problemas específicos num determinado tempo e não leva em consideração fatores que estejam fora do âmbito de ação imediato daquela atividade e atua no campo das ciências exatas apenas, e o segundo se preocupa com a conservação dos recursos naturais e com a qualidade de vida dos seres humanos, através de uma abordagem preditiva e sistêmica (SANTOS, 2004).

Castro (2016) afirma que muitos setores envolvidos no planejamento e que por sua vez são elencados separadamente, devem ser elaborados conjuntamente, pois as atividades destes estão integradas, ou afetam direta ou indiretamente a abrangência operacional do outro.

Assim como Santos (2004) também diz que muito tem que se avançar sobre os nomes que os planejamentos recebem, pois existem muitas denominações mal feitas, ou o adjetivo não remete realmente ao que o trabalho trata, ou a linha de ação não corresponde ao conteúdo. Uma coisa que deve sempre ser levada em

consideração é que as classes se relacionam e que não são exclusivas, o que se deve preponderar é a ênfase do conteúdo a linha do planejamento.

A partir dessa discussão, entende-se que existe uma complexidade muito grande quando se diz respeito ao planejamento, e que a nomenclatura, adjetivo, ou “sobrenome” que o planejamento leva deve ser muito bem pensado e repensado, tal qual a categoria onde o mesmo se encontra, a atividade principal, as atividades integradas direta ou indiretamente, bem como a escala, os objetivos, e demais fatores inerentes ao planejamento que se procura realizar.

Nesse sentido, dentre tantas nomenclaturas aparece o planejamento ambiental, que segundo Castro (2016) ganhou força no século XX, quando as questões ambientais começaram a ser mais difundidas, mesmo que antes disso alguns autores como Pepper (1986) identificou uma questão ambientalista no Arcadismo (século XVIII) que era um movimento que incentivava o contato com a natureza, e seus cenários eram paisagens naturais se opondo à questão industrial muito latente na época.

Já Neyman (2010) e Santos (2004) informam que nas décadas de 1980, 1990 e 2000, houve um aumento da necessidade de conservação dos recursos naturais que foram aliados à preocupação ambiental, e dado um novo enfoque ao planejamento, o ambiental, que por sua vez veio com o intuito de solucionar os conflitos entre o planejamento tecnológico e a conservação dos recursos naturais.

Santos (2004) diz que ainda não existe uma definição precisa do que seria o planejamento ambiental, pois o conceito de ambiente utilizado é aquele que envolve questões humanas, fatores físicos e bióticos. Dessa forma, são feitas diversas abordagens, definições e conceitos que muitas vezes se entrelaçam e se mesclam.

Estas questões confirmam o que Slocombe (1993) dizia, onde o planejamento ambiental muitas vezes se confunde com o planejamento territorial, e que muitas vezes é tido como um planejamento setorial de outros (urbanístico, administrativo, institucional, etc) que apenas acrescentam uma conotação ambiental ao seu planejamento macro (SANTOS 2004; NEYMAN, 2010).

Nos anos 80, o planejamento ambiental era entendido como um planejamento regional com o objetivo de obter informações, diagnosticar o ambiente, e prever ações e normatizar o uso dos recursos naturais através de uma linha ética de desenvolvimento. Com isso, este enfoque ambiental trás consigo um conceito de sustentabilidade e multidisciplinaridade que exigem uma visão holística de análise,

onde temas biológicos, físicos e socioeconômicos sejam integrados possibilitando ações práticas na resolução de problemas (SANTOS, 2004).

Nos final dos anos 80, início dos anos 90, Santos (2004) diz que surgem a maioria dos conceitos, devido ao movimento histórico, a valorização ambiental e a visão holística do território. Nesse ínterim, o planejamento ambiental busca nortear ações que trabalhem a harmonia, entre homem, ambiente físico e biológico, indicando mudanças de uso da terra, com a utilização aceitável dos recursos naturais, levando em consideração a proteção aos ecossistemas com pouca interferência humana, onde o fator social está acima do econômico.

Leva-se em consideração também, a potencialidade e fragilidade do meio, onde as questões ambientais têm prioridade sobre as sociais e econômicas, e se trabalha com o termo recurso, relacionando com a utilização do elemento natural pelo homem, e este deve contemplar três eixos: o técnico, o social e o político (SANTOS, 2004).

De acordo com Christofolletti (1999, p. 162), “o planejamento ambiental envolve-se com os programas de utilização dos sistemas ambientais, como elemento condicionante de planos nas escalas espaciais do local, regional e nacional [...]”. Além disso, o autor ainda afirma que o termo ambiental, deve ser utilizado com o objetivo de classificar os componentes e as características funcionais e dinâmicas dos sistemas que abarcam os seres vivos.

Apesar de todas essas questões complexas, Castro (2016, p. 36) também procura conceituar o planejamento ambiental “como o ordenamento e sistematização de ações e tarefas visando a conservação e a proteção ambiental, bem como um estudo de antecipação e proposição para resolução de possíveis problemas futuros no campo ambiental.”

No entanto, o autor frisa que o planejamento ambiental deve pensar as necessidades do presente, sendo pró-ativo e antecipando as questões ambientais, auxiliando as políticas públicas que regem a utilização dos recursos naturais.

[...] Planejamento Ambiental é todo o planejamento que parte do princípio da valoração e conservação das bases naturais de um dado território como base de auto-sustentação da vida e das interações que a mantém, ou seja, das relações ecossistêmicas (FRANCO, 2001, p.35).

Dessa forma, Franco (2001) corrobora com os principais objetivos do planejamento ambiental, que é a conservação dos recursos naturais, bem como a

manutenção da vida, contudo ela deixa claro que esta tem de ser baseada nas interações e relações ecossistêmicas, nas quais o homem está inserido, por mais que muitas vezes, ele se coloca a par de todo o restante da natureza.

Dentre todas as atribuições dadas ao planejamento ambiental, acredita-se que uma das mais importantes seja o fato de se pautar, predominantemente, pelo potencial e pelos limites que o meio apresenta, e não pela demanda crescente ou má gestão político-administrativa. (SANTOS, 2004, p. 28).

Com isso, entende-se que o planejamento ambiental deve ser regulado pelo potencial ecológico do meio e pelo limite que este apresenta, dessa forma o planejamento poderá auxiliar na maior longevidade da utilização daqueles recursos necessários à qualidade de vida do homem.

Scopel (2018, p. 19) diz que “O planejamento ambiental tem por objetivo principal determinar metas e estabelecer instrumentos que possam viabilizar uma situação socioambiental ideal no futuro e a mais adequada possível no presente, a partir da realidade atual.”

Com isso, o planejamento ambiental deve seguir uma série de procedimentos e fases para que obtenha êxito no que ele se propõe a apresentar, esses procedimentos envolvem pesquisa, análise e síntese. A pesquisa está relacionada com a obtenção de dados, a partir destes dados deverá ser feita a análise do meio que se estuda para posterior síntese com o objetivo de auxiliar a tomada de decisão (SANTOS, 2004).

O planejamento ambiental consiste em um grupo de metodologias e procedimentos para avaliar as conseqüências ambientais de uma ação proposta e identificar possíveis alternativas a esta ação, ou conjunto de metodologias e procedimentos que avalia as contraposições entre as aptidões dos territórios planejados. (ALMEIDA, 1993, p. 14).

Isso demonstra a complexidade que existe na elaboração de um planejamento ambiental, e na quantidade de fases e procedimentos e materiais que devem ser elaborados na busca da utilização eficiente dos recursos naturais, promovendo uma otimização do potencial ecológico e prevenindo a continuidade dos usos pelas gerações futuras.

Na figura 10, podem ser visualizadas todas as fases e procedimentos metodológicos, das fases de pesquisa, análise e síntese, que fazem parte da elaboração do planejamento ambiental.

Figura 10. Fases e procedimentos metodológicos em planejamento ambiental.



Fonte: Adaptado de Santos (2004).

Nota-se que cada fase apresenta seus métodos, processos específicos e produtos que irão auxiliar e instrumentalizar os técnicos à obtenção de informações que subsidiem o melhor uso dos recursos e propiciem aos tomadores de decisão à

fazê-los com a adequação à realidade existente e a potencialidade e fragilidade do ambiente natural, das questões econômicas, sociais e culturais.

Uma das fases é o diagnóstico no qual pode ser inserido o trabalho do geógrafo por meio a análise integrada das potencialidades e fragilidades do meio físico, no qual essa proposta se baseia através do método de Crepani et al. (2001).

4 MATERIAIS E METODOLOGIA

4.1 Materiais

Para a realização do trabalho foram utilizadas as cartas topográficas matriciais fornecidas pelo Ministério do Exército, Departamento de Serviço Geográfico, na escala numérica de 1:100.000, cartografadas para o Datum Vertical Imbituba – Santa Catarina e Datum Horizontal Córrego Alegre - Minas Gerais, com equidistância de 40 metros entre as curvas de nível, e com os *Data* georetificados de acordo com as informações da Tabela 06, das quais foram retiradas as informações da rede de drenagem.

Tabela 06. Cartas Topográficas Matriciais Utilizadas.

| NOME | INDICE DE NOMENCLATURA | DATUM | SISTEMA DE COORDENADAS | ANO |
|-------------------|------------------------|------------|------------------------|------|
| ALDEIA LALIMA | SF-21-X-A-V | WGS84 | LATLONG | 1973 |
| BARRANCO VERMELHO | SE-21-Z-C-IV | WGS84 | LATLONG | 1968 |
| CORONEL JUVÊNCIO | SF-21-X-A-I | SIRGAS2000 | LATLONG | 1968 |
| MIRANDA | SF-21-X-A-II | WGS84 | LATLONG | 1968 |
| MORRO DO PANTANAL | SF-21-V-B-III | WGS84 | LATLONG | 1967 |
| PORTO CIRÍACO | SE-21-Z-C-V | WGS84 | LATLONG | 1968 |
| PORTO ESPERANÇA | SE-21-Y-D-VI | WGS84 | LATLONG | 1967 |

Fonte: Departamento de Serviço Geográfico do Exército (2019).

Os modelos numéricos dos terrenos (MNT) utilizados para a confecção dos mapas de declividade, de dissecação horizontal e dissecação vertical foram obtidos no site do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) oriundos da missão *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM) com resolução espacial de 30 metros.

Além disso, foram adicionadas informações da rede de drenagem obtida a partir da imagem SRTM devido à escala do trabalho.

Os dados temáticos para a criação dos mapas, geológico (Escala 1:1.000.000), de vegetação (Escala 1:250.000) e pedológico (1:250.000) foram obtidos a partir do site do Sistema de Suporte Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental (SISLA) do Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul (IMASUL), que faz parte do Projeto GEOMS, que foi concebido para monitorar o espaço rural e facilitar a regularização e o licenciamento ambiental.

Os dados geomorfológicos foram retirados do projeto RADAMBRASIL (1982) e do Caderno Geoambiental (2011) do Estado de Mato Grosso do Sul.

Para as informações climáticas, foram utilizados os dados pluviométricos das Normais Climatológicas para o período de 1981 a 2010 disponibilizados pelo INMET (2020).

Para a caracterização do Uso e Cobertura da terra para o ano de 2019, foram utilizados produtos do Sensoriamento Remoto de imagens multiespectrais do satélite *Landsat 08* de 22 de novembro de 2019, com sensor OLI; com Órbita circular, polar, heliossíncrona e sua resolução de 30 metros no multiespectral.

Além disso, foi feito trabalho de campo *in loco*, para verificação de dados amostrados nos mapas confeccionados e dar maior confiabilidade aos materiais criados, onde os pontos foram marcados com GPS Garmin confeccionado com Datum WGS84.

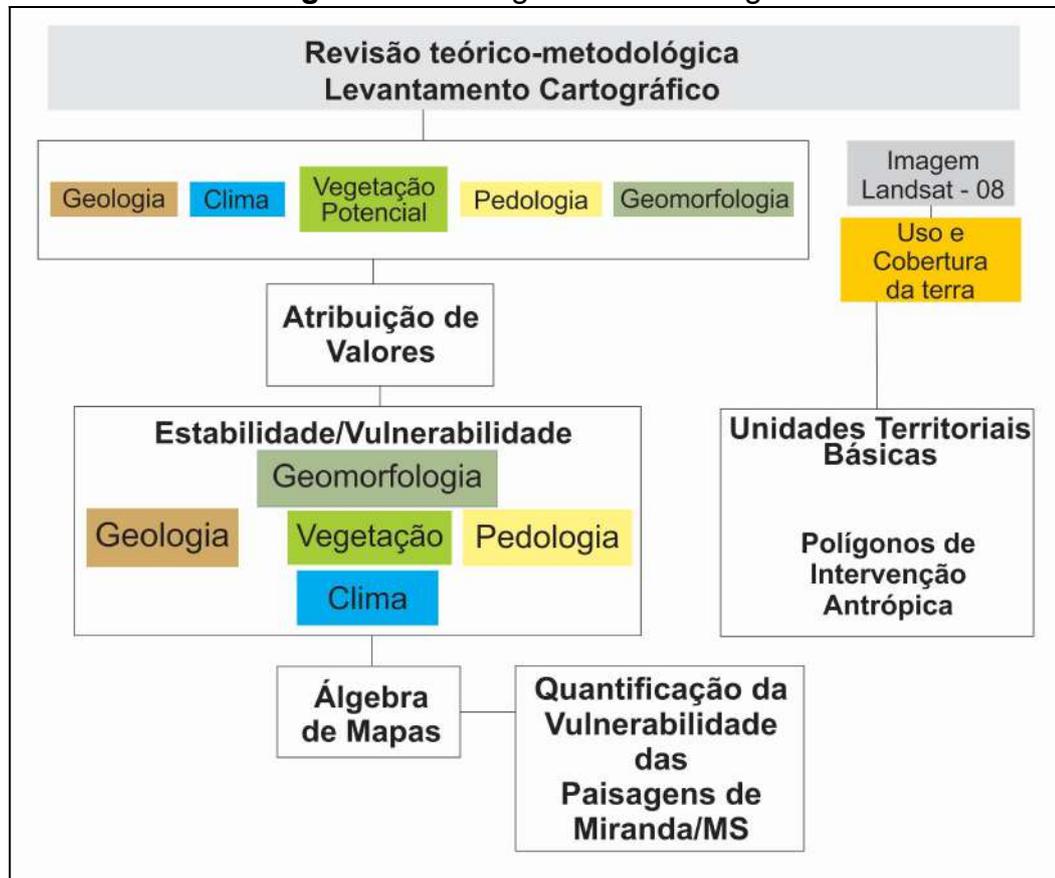
4.2 Metodologia

Para realização desta pesquisa foi utilizada a metodologia proposta por Crepani (et al. 2001) em seu Manual denominado "Sensoriamento Remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento econômico-ecológico e ao ordenamento territorial".

A Metodologia supracitada foi desenvolvida a partir do conceito de Ecodinâmica de *Tricart (1977)* e da potencialidade para estudos integrados de imagens de satélite que auxiliam numa visão holística da paisagem através da interpretação de Planos de Informação e Bancos de Dados Geográficos realizados por meio de utilização de imagens como âncora, e aplicação de valores de vulnerabilidade e/ou estabilidade da paisagem, e para este trabalho ser realizado os

procedimentos foram os apontados na figura 11.

Figura 11. Fluxograma Metodológico.



Fonte: Crepani et al. (2001).

A atividade foi desenvolvida da seguinte forma:

1. Reinterpretação das informações temáticas disponíveis (mapa geomorfológico, geológico, pedológico, vegetação e uso da terra) e geração de curvas de Intensidade Pluviométrica;
2. Definição dos Planos de Informação temáticos georreferenciados (PI Geomorfologia, PI Geologia, PI Pedologia, PI Vegetação e Uso e PI Intensidade Pluviométrica);
3. Definição do mapa de Unidades Territoriais Básicas (UTB) através da interseção vetorial dos Planos de Informação, este é composto de Unidades de Paisagem Natural e Polígonos de Intervenção Antrópica;
4. Ao PI UTB (cadastral) é associado um banco de dados com as classes dos PI's Temáticos com valores, **relativos e**

empíricos, de vulnerabilidade à perda de solo de cada uma delas;

5. E, por fim, é realizada uma classificação do grau de vulnerabilidade para cada unidade territorial baseada nos processos de morfogênese e pedogênese, essa classificação varia de 1 a 3, num total de 21 valores para cada unidade de paisagem (CREPANI, et al., 2001).

Essa última etapa do processo significa de acordo com Crepani (et al., 2001), que as unidades com valores mais próximos de 1,0 apresentam uma maior estabilidade, as mais próximas de 2,0 apresentam estabilidade ou vulnerabilidade intermediária, as mais próximas de 3,0 apresentam alta vulnerabilidade.

Como se pode ver no item 5, a Metodologia apresenta as Unidades de Paisagem Natural (UPN) e as Unidades Territoriais Básicas (UTB). Para analisar uma UPN é necessário conhecer a gênese, a constituição física, forma e estágio de evolução e a vegetação que se desenvolve sobre ela. Isso é dado pelas informações geológicas, geomorfológicas, pedológicas e fitogeográficas, auxiliado pelos dados climáticos, para que se possa prever o comportamento da Unidade frente às ocupações que a mesma sofrer (CREPANI, et al., 2001).

A análise morfodinâmica das UPNs é feita com base nos princípios da Ecodinâmica de Tricart (1977), que estabelece categorias morfodinâmicas que resultam dos processos de morfogênese, onde os processos erosivos predominam, modificando o relevo e pedogênese, quando prevalecem os processos formadores do solo. (CREPANI, et al., 2001).

Referente à Geologia, a contribuição para a análise morfodinâmica está relacionada com a história da evolução geológica da unidade, bem como ao grau de coesão das rochas, ou seja, a intensidade da ligação entre os minerais ou partículas que compõem essas rochas. O grau de coesão das rochas é a informação básica da Geologia para a Ecodinâmica, pois nas rochas mais coesas prevalecem os processos de formação de solos e nas com menos coesão prevalecem os processos que alteram as formas de relevo. (CREPANI, et al., 2001).

Com relação à caracterização da estabilidade/vulnerabilidade das UPNs, Geomorfologia contribui através das informações morfométricas, sendo que as mesmas são: a declividade, a amplitude do relevo (dissecação horizontal) e o grau

de dissecação (dissecação vertical). As mesmas estão relacionadas à quantificação empírica da energia potencial disponível para o escoamento superficial (“runoff”), ou seja, a transformação de energia potencial em energia cinética que é responsável pelo transporte de materiais e que esculpe as formas de relevo. Isso significa que em UPNs com morfometria com valores elevados prevalecem os processos morfogenéticos e com valores menores prevalecem os processos pedogenéticos.

Então para se obter o Mapa Geomorfológico é necessário realizar uma média simples dos valores de Declividade, de Amplitude do Relevo e do Grau de Dissecação de Relevo, sendo obtido por meio da equação aritmética abaixo.

$$G = D + AR + GDR / 3$$

Onde:

G = Geomorfologia

D = Declividade

AR = Amplitude do Relevo

GDR = Grau de Dissecação do Relevo

Já a Pedologia, de acordo com Crepani (et al., 2001), atua na caracterização morfodinâmica fornecendo o indicador básico da Ecodinâmica, a maturação dos solos, nesse sentido, os solos mais jovens, pouco desenvolvidos são formados a partir da morfogênese, ou seja, dos processos erosivos, e os solos mais maduros, lixiviados e mais desenvolvidos, e são formados a partir de um predomínio da pedogênese, isso significa que apresentam condições de estabilidade.

As informações da cobertura vegetal apresentam grande importância, pois protegem as UPNs contra os processos modificadores do relevo, através do aumento da capacidade de infiltração do solo, evitando que as gotas de chuva cheguem diretamente ao solo e promova a desagregação das partículas, impede a compactação do solo, entre outras funções.

Isso significa que a vegetação pode retardar o processo de entrada das águas das chuvas nas correntes de drenagem, pois aumentam a infiltração, e diminui o “runoff”, que aumenta o processo de erosão devido à conversão da energia potencial em cinética, sendo assim, na caracterização morfodinâmica das UPNs ela está diretamente ligada à proteção.

Nesse ínterim, os processos morfogenéticos relacionam-se as coberturas vegetais com menor densidade, e os processos pedogenéticos ocorrem em situações onde a vegetação mais densa permite o desenvolvimento e maturação do solo.

E, por fim, a questão do clima, mais precisamente da pluviosidade anual e a duração do período chuvoso, que é a **Intensidade Pluviométrica**, está relacionada com seu papel no processo de “runoff”, pois com alta intensidade pluviométrica, significa que existe uma grande quantidade de chuva em um curto período de tempo (aumento do “runoff”), e o inverso, diminui a transformação da energia potencial da água pluvial em energia cinética.

Posteriormente ao entender as Unidades de Paisagem Natural, procura-se conhecer e localizar os Polígonos de Intervenção Antrópica (PIA), que pode estar em uma ou várias UPNs. Compreender a atuação humana nas UPNs permite entender as forças que estarão atuando naquelas Unidades e o que elas provocam. Isso significa que, conhecer a natureza e os impactos que as atividades econômicas causam na mesma, é o limite entre o desastre natural e o desenvolvimento econômico sustentável.

Com todo esse conhecimento, parte-se para a elaboração de uma carta de vulnerabilidade natural à perda do solo, essa vulnerabilidade/estabilidade é baseada nos conceitos da Ecodinâmica de Tricart (1977), onde os meios morfodinâmicos são distinguidos em três grandes tipos: os estáveis, os meio intergrades e os fortemente instáveis, sendo sua distinção baseadas em função da intensidade dos processos atuantes.

Sendo assim, os meios estáveis devem apresentar cobertura vegetal densa, dissecação moderada e ausência de manifestações vulcânicas; os meios intergrades devem apresentar balanço entre as interferências morfogenéticas e pedogenéticas e os meios fortemente instáveis devem apresentar condições bioclimáticas agressivas, com ocorrências de variações fortes e irregulares de ventos e chuvas, relevo com vigorosa dissecação, presença de solos rasos, inexistência de cobertura vegetal densa, planícies e fundos de vales sujeitos a inundações e geodinâmica interna intensa (CREPANI et al., 2001; TRICART, 1977).

A partir desses princípios foi criado um modelo, com o objetivo de avaliar, de forma **empírica** e **relativa**, o estágio de evolução morfodinâmica das unidades

territoriais básicas, com os respectivos valores de estabilidade e vulnerabilidade, conforme a tabela 07.

Tabela 07. Categorias Morfodinâmicas e seus valores.

| Categoria Morfodinâmica | Relação Pedogênese/Morfogênese | Valor |
|--------------------------------|---------------------------------------|--------------|
| Estável | Prevalece a Pedogênese | 1,0 |
| Intermediária | Equilíbrio Pedogênese/Morfogênese | 2,0 |
| Instável | Prevalece a Morfogênese | 3,0 |

Fonte: Crepani et al. (2001)

Essas variáveis recebem valores que variam de 1,0 a 3,0; como dito anteriormente, o que totaliza, 21 classes, divididas em estabilidade e vulnerabilidade, que recebem cores temáticas, conforme a Tabela 08.

Tabela 08. Unidades de Paisagem e suas respectivas cores.

| UNIDADE DE PAISAGEM | MÉDIA | GRAU DE VULNERAB. | GRAU DE SATURAÇÃO | | | |
|---------------------|-------|------------------------------|-------------------|-------|------|-------|
| | | | VERM. | VERDE | AZUL | CORES |
| U1 | 3,0 | VULNERÁVEL | 255 | 0 | 0 | |
| U2 | 2,9 | | 255 | 51 | 0 | |
| U3 | 2,8 | | 255 | 102 | 0 | |
| U4 | 2,7 | | 255 | 153 | 0 | |
| U5 | 2,6 | | 255 | 204 | 0 | |
| U6 | 2,5 | MODERADAM. VULNERÁVEL | 255 | 255 | 0 | |
| U7 | 2,4 | | 204 | 255 | 0 | |
| U8 | 2,3 | | 153 | 255 | 0 | |
| U9 | 2,2 | MEDIANAM. ESTÁVEL/VULNERÁVEL | 102 | 255 | 0 | |
| U10 | 2,1 | | 51 | 255 | 0 | |
| U11 | 2,0 | | 0 | 255 | 0 | |
| U12 | 1,9 | | 0 | 255 | 51 | |
| U13 | 1,8 | MODERADAM. ESTÁVEL | 0 | 255 | 102 | |
| U14 | 1,7 | | 0 | 255 | 153 | |
| U15 | 1,6 | | 0 | 255 | 204 | |
| U16 | 1,5 | | 0 | 255 | 255 | |
| U17 | 1,4 | | 0 | 204 | 255 | |
| U18 | 1,3 | ESTÁVEL | 0 | 153 | 255 | |
| U19 | 1,2 | | 0 | 102 | 255 | |
| U20 | 1,1 | | 0 | 51 | 255 | |
| U21 | 1,0 | | 0 | 0 | 255 | |

Fonte: Crepani et al. (2001)

Esses valores são aplicados a todos os temas: Geologia, Geomorfologia, Solos, Vegetação e Clima, que compõem cada Unidade Territorial Básica, depois recebem um valor final a partir da média aritmética dos valores individuais de cada tema, de acordo com a equação empírica abaixo, objetivando representar a posição da unidade dentro da escala de vulnerabilidade natural à perda do solo.

$$V = \frac{(G + R + S + Vg + C)}{5}$$

Onde:

V= Vulnerabilidade

G= vulnerabilidade para o tema Geologia

R= vulnerabilidade para o tema Geomorfologia

S= vulnerabilidade para o tema Solos

Vg= vulnerabilidade para o tema Vegetação

C= vulnerabilidade para o tema Clima

Para a representação cartográfica da estabilidade, da vulnerabilidade das unidades territoriais básicas, os autores optaram por um esquema de cores a partir da combinação das cores primárias (azul, verde e vermelho), sendo o valor estabilidade (1,0) é azul, o valor intermediário (2,0) verde e o maior valor de vulnerabilidade (3,0) vermelho, e os valores que ficam entre estes, é feito pela combinação das cores conforme a tabela 08.

Prosseguindo com a metodologia de Crepani et al. (2001) foi necessária a confecção dos mapas de Geologia, Pedologia, Geomorfologia, Vegetação Potencial e do Clima.

Para confecção do mapa geológico os dados oriundos do SISLA são do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) do ano de 2006 na escala 1:1.000.000, que foi recortado para o limite do município de Miranda, e posterior identificação das unidades geológicas e classificação dos valores de vulnerabilidade/estabilidade para o tema conforme a tabela 09.

Tabela 09. Classes de Vulnerabilidade para o tema Geologia.

| Formação | Área (%) | Valor de Vulnerabilidade |
|--|-----------------|---------------------------------|
| Depósitos aluvionares | 6,94 | 3,0 |
| Pantanal, fácies depósitos aluvionares. | 35,06 | 3,0 |
| Formação Aquidauana | 0,05 | 2,4 |
| Cerradinho, calcário dolomítico | 0,48 | 2,9 |
| Cerradinho, calcário calcítico | 0,27 | 2,9 |
| Puga | 2,02 | 2,5 |
| Cuiabá, mármore | 3,11 | 2,3 |

| | | |
|--|---------------|-----|
| Cuiabá, filito | 3,14 | 2,1 |
| Cuiabá, xisto | 31,03 | 2,0 |
| Cuiabá, quartzito | 4,42 | 1,0 |
| Rio Bacuri, filitos e xistos | 0,01 | 2,0 |
| Rio Bacuri, grafita xistos | 0,06 | 2,0 |
| Rio Bacuri, quartzito e filito hematítico | 0,04 | 1,0 |
| Rio Bacuri, Anfibólio xisto | 0,08 | 1,8 |
| Rio Apa | 13,29 | 1,7 |
| Total | 100,00 | |

O mapa pedológico foi recortado para o limite do município, a partir do mapa de solos do Macrozoneamento realizado entre os anos de 1984 e 1985 na escala de 1:250.000, neste foram encontradas várias classes de solos que não são mais utilizadas e devido a isso elas foram atualizadas para o Sistema Brasileiro de Solos (SBPC) da EMBRAPA (1999), e depois foram classificadas com os valores de vulnerabilidade/estabilidade de Crepani et al. (2001) para o tema conforme a tabela 10.

Tabela 10. Classes de Vulnerabilidade para o tema Pedologia.

| Classe | Área (%) | Valor |
|--------------------|-----------------|--------------|
| Argissolo | 32,1 | 2,0 |
| Chernossolo | 8,6 | 2,0 |
| Gleissolo | 6,2 | 3,0 |
| Planossolo | 19,8 | 2,0 |
| Neossolo | 11,3 | 3,0 |
| Plintossolo | 3,2 | 3,0 |
| Vertissolo | 18,8 | 3,0 |
| Total | 100,0 | |

Para confecção do mapa de Vegetação Potencial, os dados do SISLA foram retirados do Macrozoneamento realizado entre os anos de 1984 e 1985, e foi feito um recorte para o limite da área de estudo. Após a identificação das classes, notou-se áreas de encaves e ecótonos com encontros de formações vegetais, e para a aplicação dos valores de estabilidade/vulnerabilidade foi necessário fazer uma

média simples com os valores específicos de cada uma delas, e o resultado desta foi inserido no mapa, bem como os valores das outras formações vegetais encontradas conforme a tabela 11.

Tabela 11. Classes de Vulnerabilidade para o tema Vegetação.

| Tipo de Vegetação | Área (%) | Valor de Vulnerabilidade |
|--|-----------------|---------------------------------|
| Savana | 13,34 | 2,2 |
| Floresta Estacional Decidual | 15,61 | 2,0 |
| Encrave SavEstép/FloEstDecidual | 0,75 | 1,85 |
| Savana Arbórea Aberta | 1,80 | 2,0 |
| Savana Estépica Arbórea Densa | 0,04 | 2,0 |
| Savana Arbórea Densa | 11,92 | 1,7 |
| Ecótono Savana/Savana Estépica | 0,38 | 1,9 |
| Encrave Savana/Savana Estépica | 6,54 | 1,9 |
| Encrave Savana/Floresta Estacional Decidual | 19,01 | 2,1 |
| Vegetação Ciliar Aluvial | 9,63 | 2,4 |
| Savana Gramíneo-Lenhosa | 1,88 | 3,0 |
| Savana Parque | 19,10 | 2,6 |
| Total | 100 | |

Já o mapa do Clima foi recortado das Normais Climatológicas de 1981 a 2010. O mesmo foi georreferenciado, depois recortado para o limite do município de Miranda. Após esse recorte, obteve-se a Pluviosidade Acumulada Anual, que é a pluviosidade média para o ano. A partir disso, busco-se encontrar o valor da Intensidade Pluviométrica, conforme a metodologia adotada, em que ele é o valor da precipitação média anual (PMA) pela duração do período chuvoso das regiões encontradas, foi feita uma média para cada uma de acordo com a quantidade de meses chuvosos, que por sua vez denota o Índice de Pluviosidade (IP).

Conforme o informado por Mato Grosso do Sul (2011) a respeito da duração do período chuvoso (DPC), para a região norte do município seria 7,5 meses chuvosos e para o restante do município, 8,5 meses, mas assim como o adotado por Leite (2011), utilizamos os valores de 07 e 08 meses, o que resultou na intensidade pluviométrica, que foi classificada com os valores de estabilidade/vulnerabilidade conforme a tabela 12.

Tabela 12. Níveis de intensidade pluviométrica e classes de vulnerabilidade.

| Região | PMA (mm) | DPC (meses) | IP (mm) | Valor de Vulnerabilidade |
|---------------|-----------------|--------------------|----------------|---------------------------------|
|---------------|-----------------|--------------------|----------------|---------------------------------|

| | | | | |
|---------------|------|---|-------|-----|
| Norte | 1050 | 7 | 150 | 1,4 |
| Centro | 1250 | 8 | 156,3 | 1,5 |
| Sul | 1450 | 8 | 181,3 | 1,6 |

Fonte: Adaptado de INMET (2020)

Para o mapa Geomorfológico, foi necessária a confecção de 03 mapas, o de declividade, o de dissecação vertical e o de dissecação horizontal. Estes mapas foram confeccionados com base nos trabalhos de Guimarães et al. (2017) e Souza Lima (2018), a partir da imagem de radar SRTM, nos softwares ArcMap e QGIS.

Os índices de menor declividade apresentam grau de vulnerabilidade menor, pois o seu “runoff” é menor em áreas com declives menos acentuados, isso significa que a transformação da energia potencial em energia cinética é menor em áreas com baixa declividade, de até 20%, e áreas com valores acima disso apresentam valores mais altos de vulnerabilidade.

O Polígono de Intervenção Antrópica é dado pelo mapa de uso e ocupação da terra. Para elaboração deste foi utilizada uma imagem espectral do satélite Landsat-8, de 22 de novembro de 2019. A mesma foi trabalhada através de técnicas de processamento digital conforme Moreira (2007), com pré-processamento através das técnicas de realce de histograma, recorte das imagens, aplicação da composição colorida falsa-cor e para a classificação foi utilizado o Método Híbrido conforme Moreira (2007), aplicando a segmentação da imagem com limiar 10 e similaridade 30, classificador Iseog e as classes foram adaptadas do Manual de Uso e Cobertura da Terra do IBGE (2013).

Os recortes dos mapas foram feitos no software *ArcGis* e *QGIS*, e o Mapa de Uso e Cobertura da terra foi feito no software *Spring* 5.5.6, utilizando como hardware o notebook da *Acer Aspire 3*, com processador Intel Core i-5.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a aquisição do referencial teórico e a elaboração do material cartográfico pôde-se realizar a caracterização do município de Miranda que é a área de estudo desta pesquisa.

Com base nessa caracterização foi possível trabalhar a metodologia adotada, e com ela inserir os valores de vulnerabilidade/estabilidade para cada

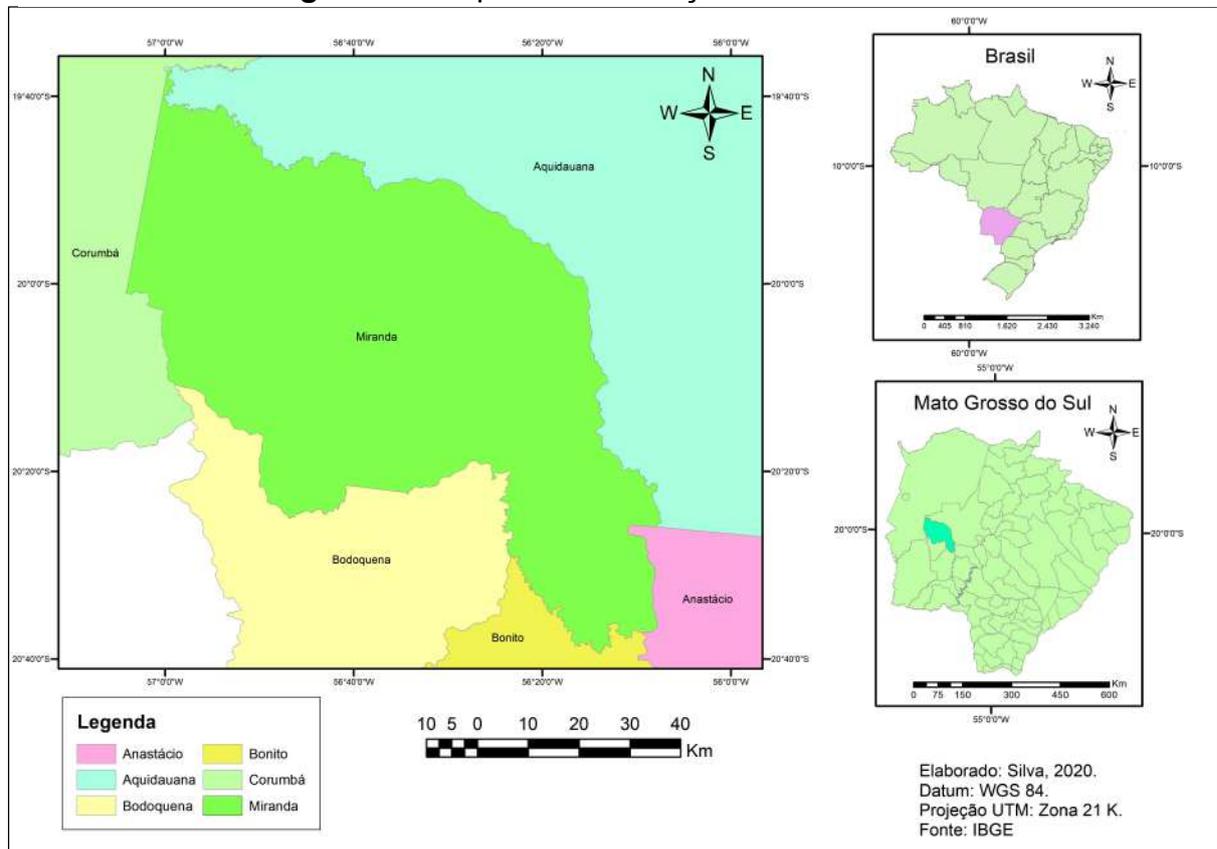
categoria em análise, e com isso se pode identificar as áreas com maior e menor estabilidade/vulnerabilidade conforme Crepani et al. (2001).

Além dessa obtenção cartográfica para caracterização da área e identificar os fatores ambientais que resultam no mapa de vulnerabilidade/estabilidade para o município de Miranda, também foi realizado o tratamento de imagens de satélite para a classificação e caracterização do Polígono de Intervenção Antrópica através do mapa de uso/ocupação e cobertura da terra.

5.1 Caracterização da Área de Estudo

Miranda é um município do Estado de Mato Grosso do Sul, localizado na porção sudoeste, faz parte da microrregião de Aquidauana bem como é pertencente à mesorregião dos Pantanaís Sul-matogrossenses (IBGE, 2020). Possui uma extensão territorial de 5.478,825 km², dos quais 93% estão situados na Bacia Hidrográfica do Rio Miranda, importante afluente do Rio Paraguai.

Figura 12. Mapa de Localização de Miranda-MS.



O município é antigo com mais de 240 anos de fundação, a economia gira em torno dos serviços, da administração pública, e da agropecuária, principalmente com a criação de gado e a produção de arroz irrigado. Na pecuária, o município apresentou um rebanho bovino de 346.900 cabeças no ano de 2018, e na agricultura temporária do arroz, houve uma produção de 30.357 toneladas no ano de 2017 (IBGE, 2020).

5.1.1 Geologia

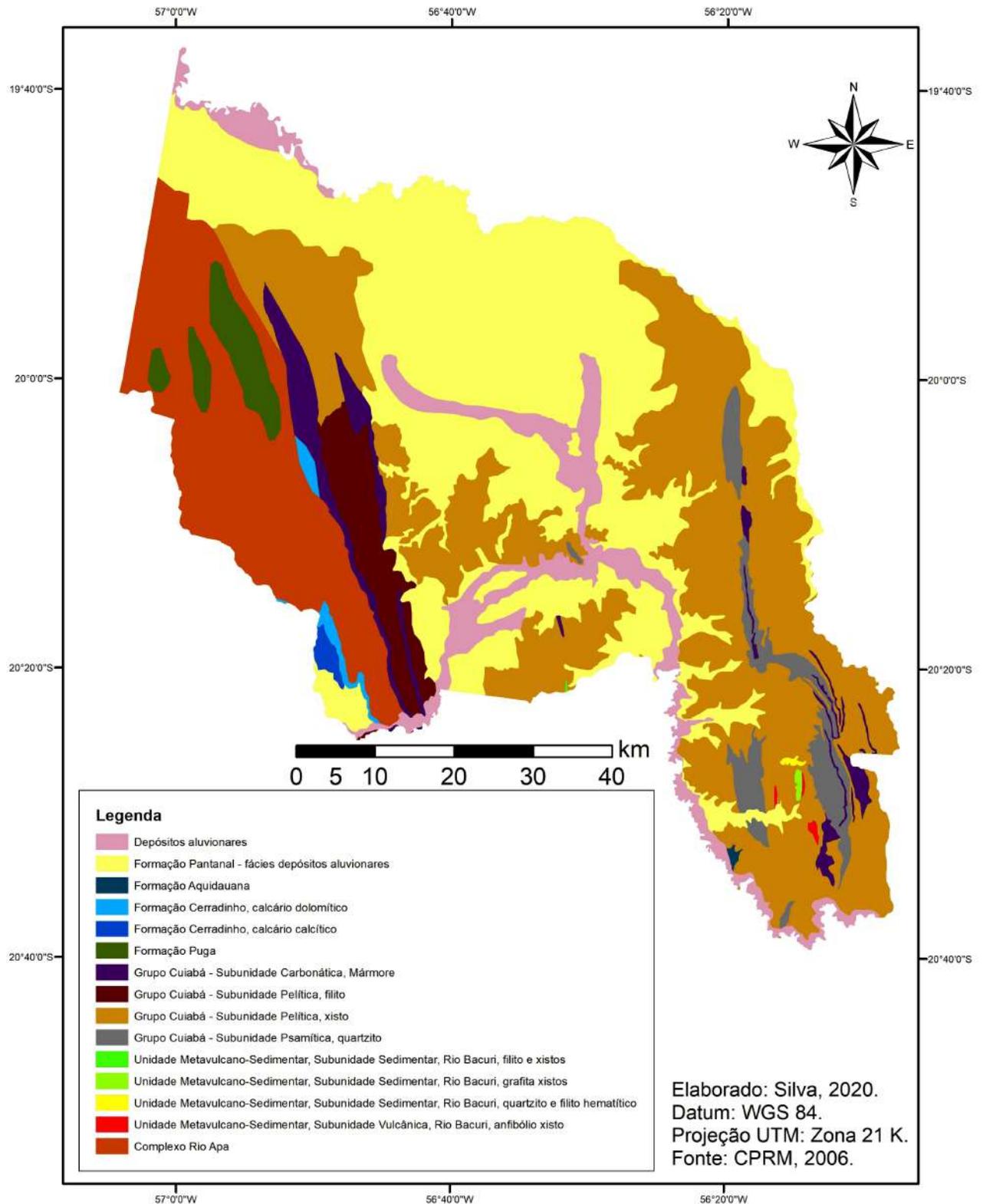
Conforme a figura 13, o município de Miranda apresenta em sua área **Depósitos Aluvionares**, localizado ao longo do rio Miranda, ocupando 6,94% área do município, os mesmos são compostos, conforme CPRM (2006), de areia, areia quartzosa, cascalho, silte, argila e localmente turfa de ambiente continental fluvial.

Na área também é encontrada, a **Formação Pantanal**, localizada nas áreas interfluviais periodicamente inundáveis da planície pantaneira, na porção central do município, seguindo o curso do rio Miranda e áreas adjacentes, bem como no vale do rio Salobra, e na margem esquerda do córrego Agachi, a mesma ocupa 35,06% da área, compreende a porção de **Fácies de Depósitos Aluvionares**, que são a porção topo da Formação constituído de sedimentos argilo-siltico-arenosos. (CPRM, 2006; Figueiredo et al. 1974; BRASIL, 1982)

A formação geológica de Miranda compreende a **Formação Aquidauana**, 0,05% da área, localizado ao sul do município, próximo ao rio Miranda, incrustado na Formação do Grupo Cuiabá – Unidade Pelítica – Xisto. A Formação pertence ao Grupo Itararé, e está compreendida no intervalo entre o Carbonífero Superior e o Permiano Inferior de acordo com o Brasil (1982). A mesma é de ambiente continental, fluvial e lacustre com associação em direção ao sul da bacia, com depósitos glaciais apresentando arenito vermelho a róseo, médio a grosso, diamictito, arenito esbranquiçado, conglomerado, siltito, folhelho e arenito fino laminado, vermelho a róseo, intercalações de diamictito e folhelho de cor cinza-esverdeado. (CPRM, 2006)

Miranda apresenta também a unidade geológica denominada **Complexo Rio Apa**, apresentando em sua composição principal (litologia 1) biotita gnaisse, hornblenda gnaisse em 13,29% da sua área, e abrangea porção sudoeste do município.

Figura 13. Mapa Geológico de Miranda.



Como pode ser visto na Figura 14, a existência do calcário nos resquícios da Serra da Bodoquena é corroborado por esta, que foi feita em uma expedição

espeleológica realizada no abismo encontrado na Unidade de Conservação, Reserva Biológica de Miranda.

Figura 14. Rocha calcária. Serra da Bodoquena. Abismo da Reserva Biológica Marechal Candido Mariano Rondon.



Fonte: Expedição Espeleológica Internacional da Serra da Bodoquena (2019).

A **Formação Puga** aparece na área também na porção oeste mais ao norte do município, sob o Complexo Rio Apa, e compreende a borda oeste da Serra da Bodoquena, ocupa 2,02% da área.

Compreende diamictitos, paraconglomerados, arenitos, siltitos e folhelhos (Alvarenga et al., 2000). Os paraconglomerados contêm blocos e seixos de quartzito, calcário, gnaíse, anfíbolito, granito e riodacito, de até 10 cm de diâmetro, caoticamente dispersos em matriz argilo-silto-arenosa incipientemente carbonática, com clorita e sericita (Ribeiro Filho et al., 1975). Segundo Maciel (1959), os seixos possuem forma, marcas de percussão, compressão e estrias, características de clastos glaciais. As camadas são cinza na base e roxas, no topo. A matriz varia de arenosa a argilosa. (CPRM, 2006, p. 34).

O Grupo Cuiabá aparece no município de Miranda, e é dividido em Subunidades, visto que as que aparecem na área de estudo são, a **Subunidade Carbonática - Mármore**, localizado na porção sul do município, e compreende 3,11% da área, e é formada por mármore calcíticos e dolomíticos com filitos subordinados; a **Subunidade Pelítica – Filitos** é localizada na porção sudoeste do

município representando 3,14% da área. A **Subunidade Pelítica – Xistos** é representada pela segunda maior área do município com 31,03% da área, aparecendo de Sul a Nordeste, e na porção sudoeste, central e noroeste do município; e por último nesse Grupo, aparece a **Subunidade Psamítica - Quartzito**, localizado ao sul do município onde os quartzitos são predominantes e os filitos e xistos são subordinados, passando pelo distrito de Duque Estrada, essa Subunidade representa 4,42% da área.

Segundo Almeida (1965) as primeiras observações dessas rochas são de 1850 nos arredores de Miranda, feita por Francis de Castenau. É corroborado por Paiva (1937) a existência de mármore, filitos e xistos nesse grupo de rochas (BRASIL, 1982).

No distrito de Duque Estrada foi encontrado o afloramento de quartzitos, que fazem parte deste grupo e foi classificado primeiramente como gnaisses e incluído no “Complexo Cristalino” por Paiva e Leins (1939), devido ao quartzito ser cortado por veios pegmatíticos ricos em microclina, que de acordo com Almeida (1965) é o responsável pela grande quantidade de feldspatos. Segundo Almeida (1965a), atribuiu ao Grupo Cuiabá uma sedimentação do tipo *flysh* lutáceo marinho que com a falta ou ausência de rochas carbonatadas, faz com que este grupo tenha equivalência às grauvacas e folhelhos com graptólitos cambrianos dos geossinclíneos caledonianos da Europa (BRASIL, 1982).

A **Seqüência Metavulcano-Sedimentar Rio Bacuri** aparece na área e ela está dividida de acordo com o componente principal de sua rocha, foram encontradas **Subunidades Sedimentares**: com xistos filitosos (Rio Bacuri – filitos, xistos) em uma pequena área de 0,01% a sudoeste, bem próxima a porção sul, incrustada sob o Grupo Cuiabá – Subunidade Pelítica – Xisto; com xistos grafitosos (Rio Bacuri – grafita, xisto) e com filitos hematíticos e quartzitos ferríferos bandados (Rio Bacuri – quartzito, filito hematítico) localizado ao sul do município, com 0,06% e 0,04% de área, respectivamente.

No município, a **Seqüência Metavulcano-Sedimentar Rio Bacuri** apresenta também, a Subunidade Vulcânica do Rio Bacuri com anfibólitos e clorita xistos (Rio Bacuri – anfibólio, xisto), encontrado ao Sul de Miranda, em 0,08% da área.

5.1.2 Classes de Vulnerabilidade/Estabilidade - Geologia

O município de Miranda apresentou 10 valores de vulnerabilidade/estabilidade para o tema Geologia, que juntos foram convertidos para se obter as classes de estabilidade/vulnerabilidade de Crepani et. al (2001) conforme a figura 15.

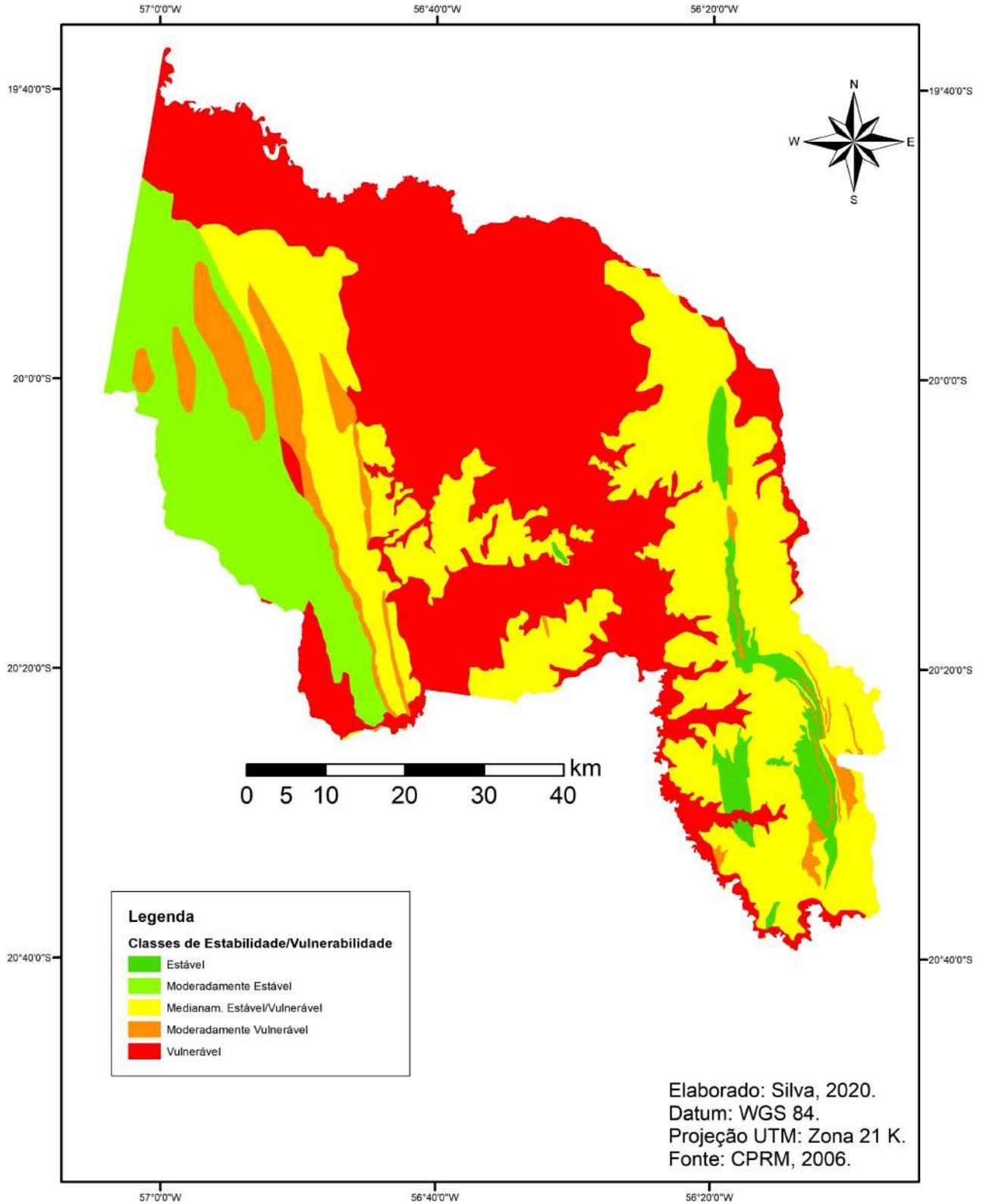
Os valores de vulnerabilidade/estabilidade dos aspectos geológicos estão relacionados com o grau de coesão das rochas, ou seja, quanto maior o grau de coesão das rochas, maior o valor da estabilidade das mesmas e o inverso da mesma forma, quanto menor o grau de coesão das rochas, maior o valor de vulnerabilidade para esta formação.

Nesse ínterim, para a geologia local, o município de Miranda apresenta uma grande área vulnerável com 42,75% do total. Isso acontece principalmente pelos depósitos aluvionares, as fácies da planície pantaneira, e os depósitos de calcário, estes últimos que possuem um grau de coesão baixo sendo muito frágeis.

A área de estudo apresentou uma pequena área de estabilidade, com 4,46% do total, 13,29% com estabilidade moderada e 34,32% da área apresenta uma estabilidade/vulnerabilidade média e 5,18% de vulnerabilidade moderada.

Com isso para o tema Geologia, o município de Miranda apresenta uma área de 82,25% do total, que varia de estabilidade média para vulnerável, sendo uma informação importante para atividades de extração de materiais minerais, e usos do solo.

Figura 15. Mapa de Estabilidade/Vulnerabilidade – Geologia.



5.1.3 Pedologia

As classes de solo encontradas foram atualizadas para o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (1999) da Embrapa, conforme a Tabela 13, a mesma utilizada por Crepani (et al. 2001) em sua Metodologia de vulnerabilidade ambiental, ficando classificada em sete classes, Argissolo, Chernossolo, Gleissolo, Neossolo, Planossolo, Plintossolo e Vertissolo, que foi corroborado pelos trabalhos de Soares, Silva e Ferrari (2006) e Fernandes et al. (2007).

Tabela 13. Solos encontrados para Miranda-MS.

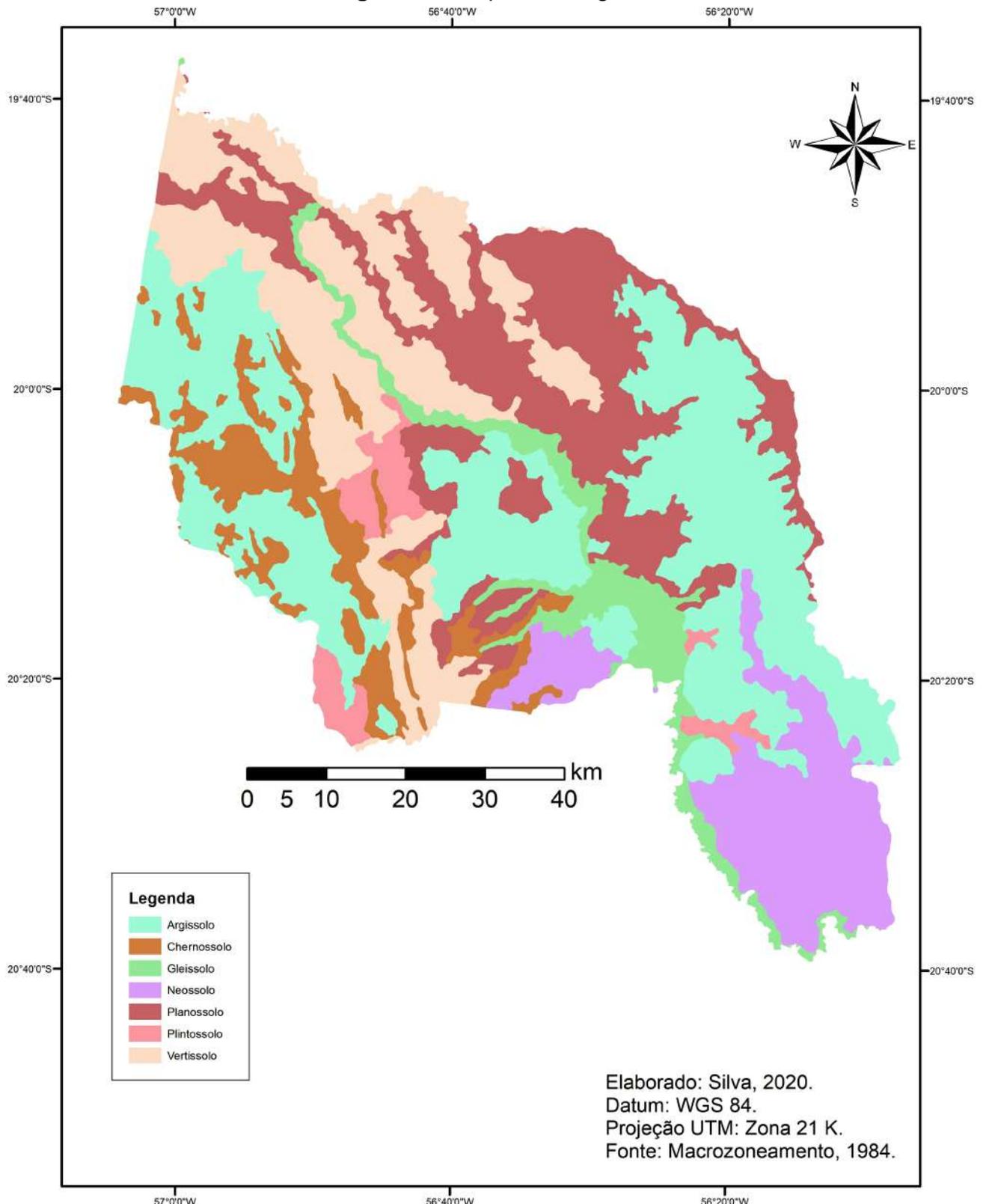
| Nome | EMBRAPA (1999) |
|--|---|
| Brunizém Avermelhado | Chernossolos |
| Glei Pouco Húmico Distrófico | Gleissolos Plintossolos |
| Podzólico Vermelho-Escuro Eutrófico | Argissolos Luvisolos Alissolos Nitossolos |
| Podzólico Vermelho-Escuro Latossólico | Argissolos Luvisolos Alissolos Nitossolos |
| Planossolo Álico | Planossolo |
| Planossolo Eutrófico Solódico | Planossolo |
| Plintossolo Álico | Plintossolo |
| Podzólico Vermelho-Amarelo Álico | Argissolos Luvisolos Alissolos Nitossolos |
| Regossolo Álico | Neossolos Regolíticos |
| Rendzina | Chernossolos |
| Solonetz Solodizado | Plintossolo |
| Vertissolo | Vertissolos |

Fonte: SISLA (2020)

Nesse íterim, o mapa de Unidades Pedológicas foi reclassificado para o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (1999) da Embrapa, ficando representado conforme a figura 16.

O solo do tipo Gleissolo é encontrado em 6,2% da área do município, localizado nos fundos de vale e na porção do pantanal sul nas margens direita e esquerda do rio Miranda. São solos minerais e hidromórficos, não apresentam textura exclusivamente arenosa em todos os horizontes dentro dos primeiros 150 cm a partir da superfície do solo ou até um contato lítico ou lítico fragmentário. Os solos desta classe se encontram permanente ou periodicamente saturados por água, e esta permanece parada internamente ou a saturação ocorre por fluxo lateral no solo,

Figura 16. Mapa Pedológico.



e a água pode se elevar por ascensão capilar até atingir a superfície (EMBRAPA, 2018).

Os Plintossolos representam 3,2% da área, localizados em pequenas manchas na margem esquerda do rio Miranda a sudoeste na porção sul do município próximo aos Córregos Cachoeirinha e Poeira. São solos minerais

formados sob condições de restrição à percolação da água sujeitos ao efeito temporário de excesso de umidade, de maneira geral imperfeitamente ou mal drenados, em sua grande maioria, ocorrência relacionada a terrenos de várzeas, áreas com relevo plano ou suave ondulado e menos frequentemente ondulado, em zonas geomórficas de depressão (EMBRAPA, 2018).

Foram encontrados solos do tipo Chernossolos e Argissolos ocupando áreas adjacentes a Serra da Bodoquena e inserida na sub-bacia do Rio Salobra em pequenas manchas correspondendo cerca de 8,6% e 32,1%, respectivamente.

Os Chernossolos compreendem solos constituídos por material mineral que têm como características diferenciais: alta saturação por bases e horizonte A chernozêmico sobrejacente a horizonte B textural ou B incipiente, ambos com argila de atividade alta ou sobrejacente a horizonte C carbonático, horizonte cálcico ou petrocálcico ou ainda sobrejacente à rocha, quando o horizonte A apresentar alta concentração de carbonato de cálcio. Vão de bem a imperfeitamente drenados (EMBRAPA, 2018).

Já os Argissolos, são solos constituídos por material mineral, que têm como características diferenciais a presença de horizonte B textural de argila 3 de atividade baixa, ou atividade alta desde que conjugada com saturação por bases baixa ou com caráter alumínico, grande parte dos solos desta classe apresenta um evidente incremento no teor de argila do horizonte superficial para o horizonte B (EMBRAPA, 2018).

Os solos do tipo Neossolos correspondem a 11,3%, ocorrendo em sua maior parte ao sul do município, e uma pequena porção à sudoeste, na margem esquerda do rio Miranda. São solos constituídos por material mineral ou por material orgânico pouco espesso que não apresenta alterações expressivas em relação ao material originário devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos, seja em razão de características inerentes ao próprio material de origem (como maior resistência ao intemperismo ou composição químico-mineralógica), seja em razão da influência dos demais fatores de formação (clima, relevo ou tempo), que podem impedir ou limitar a evolução dos solos (EMBRAPA, 2018).

Já os solos do tipo Planossolos e Vertissolos, estão bem distribuídos na área e ocupam 19,8% e 18,8%, respectivamente, com relação a representatividade, estes ficam atrás apenas dos Argissolos.

Planossolos são solos minerais imperfeitamente ou mal drenados, com horizonte superficial ou subsuperficial eluvial, de textura mais leve, que contrasta abruptamente com o horizonte B imediatamente subjacente, adensado, geralmente de acentuada concentração de argila, permeabilidade lenta ou muito lenta, constituindo, por vezes, um horizonte pã, responsável pela formação de lençol d'água sobreposto (suspenso) e de existência periódica durante o ano (EMBRAPA, 2018).

E, por fim, os Vertissolos, são solos constituídos por material mineral apresentando horizonte vértico e pequena variação textural ao longo do perfil, insuficiente para caracterizar um horizonte B textural, apresentando pronunciadas mudanças de volume com o aumento do teor de água no solo, fendas profundas na época seca e evidências de movimentação da massa do solo sob a forma de superfícies de fricção (slickensides). São de consistência muito plástica e muito pegajosa devido à presença comum de argilas expansíveis ou mistura destas com outros argilominerais (EMBRAPA, 2018).

5.1.4 Classes de Vulnerabilidade/Estabilidade – Pedologia

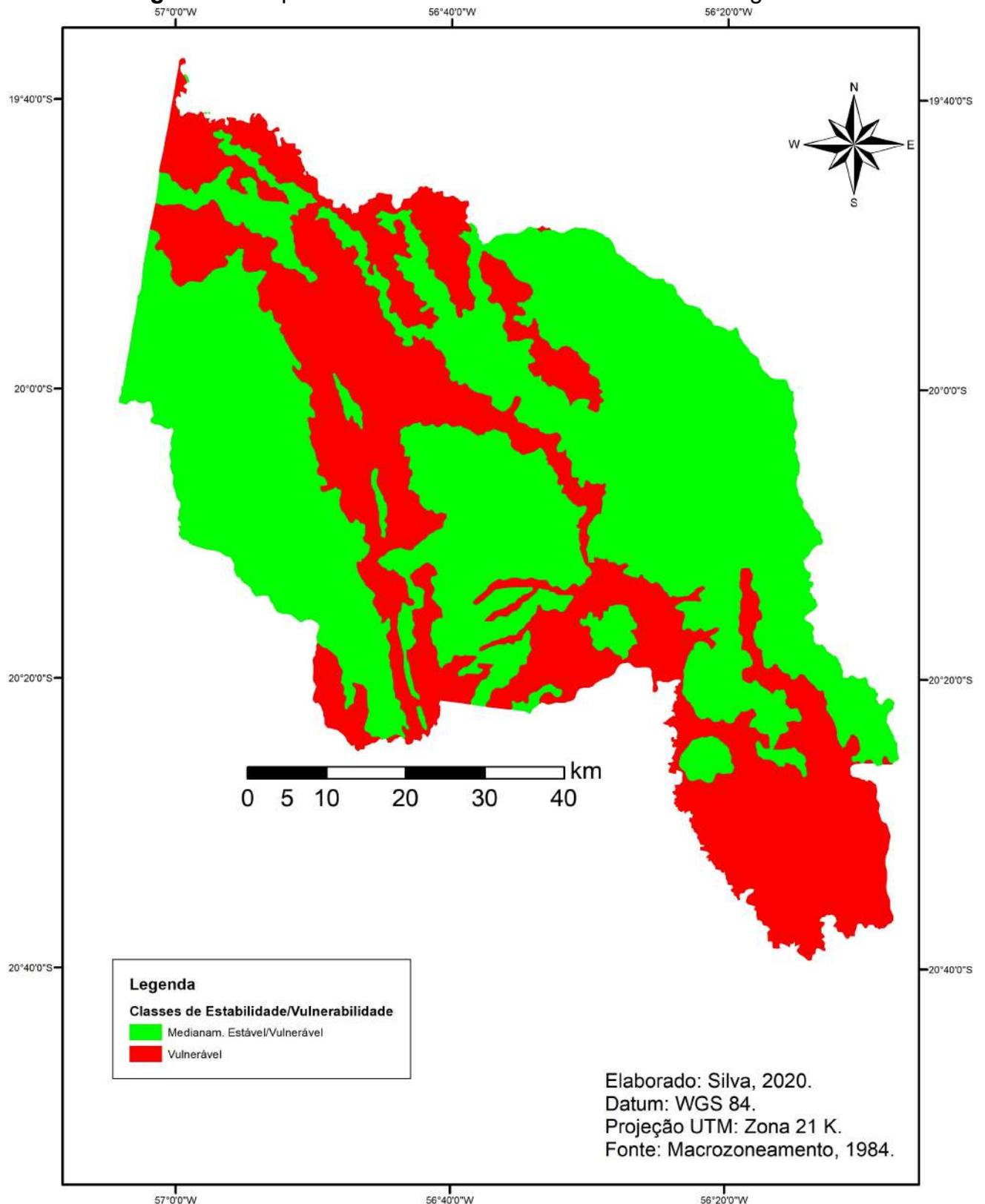
Em Miranda são encontrados em sua maior parte solos com estabilidade/vulnerabilidade média, com valor 2,0, isso ocorre em 60,5% da área do município e no restante apresentam solos com vulnerabilidade alta, com valor 3,0, conforme a figura 17.

Os solos meio estáveis/vulneráveis são os argissolos, chernossolos e planossolos, isso significa existe um equilíbrio entre a pedogênese e a morfogênese, então se pode afirmar que estes estão presentes no Cerrado e os solos mais vulneráveis, que são os gleissolos, neossolos, plintossolos e vertissolos sofrem mais por fatores pedogenéticos por isso apresentam o grau máximo de vulnerabilidade.

De acordo com a valoração das classes de vulnerabilidade, os solos mais jovens, apresentam uma morfogênese maior, e sua vulnerabilidade conseqüentemente se torna maior, e com solos mais antigos, mais maduros existe

uma predominância da pedogênese, e estes tipos de solos estão próximos da estabilidade, recebendo valores adequados a este tipo de classe.

Figura 17. Mapa de Estabilidade/Vulnerabilidade – Pedologia.



Miranda é um município que apresenta um Ecótono entre Pantanal e Cerrado, e de acordo com Ross (2003) e Leite (2011), o Cerrado é formado basicamente por solos empobrecidos em nutrientes, pois o mesmo está associado com deposição antiga de lixiviação, ou seja, existe um trabalho muito forte de pedogênese nos solos deste tipo de bioma.

5.1.5 Vegetação

Foram mapeadas 12 classes de vegetação conforme a figura 18, sendo encontradas: Ecótono Savana/Savana Estépica; Enclave Savana Estépica/Floresta Estacional Decidual; Enclave Savana/Floresta Estacional Decidual; Enclave Savana/Savana Estépica; Floresta Estacional Decidual; Savana; Savana Arbórea Aberta (Campo Sujo); Savana Arbórea Densa; Savana Estépica Arbórea Densa; Savana Gramíneo-lenhosa; Savana Parque e Vegetação Ciliar Aluvial.

De acordo com BRASIL (1982), **Savana** é um conceito fitogeográfico antigo, sendo que no Centro-oeste brasileiro é conhecido como Cerrado. A Savana dessa região (Folha SF. 21), à qual Miranda está inserida, é variada, de arbórea a gramínea-lenhosa, apresenta vegetação lenhosa com brotos floríferos protegidos com casca grossa e rugosa.

As fitofisionomias de Savana encontradas são: Savana Arbórea Densa (Cerradão); Savana Arbórea Aberta (Campo Cerrado, Cerrado, Cerrado Aberto); Savana Gramíneo-Lenhosa (Campo Limpo); Savana Parque (Campo sujo), no entanto, este último com formações pioneiras. (SILVA, et al., 2011)

Savana Arbórea Densa ou Florestada (Cerradão) é caracterizada por agrupamentos vegetais arbóreos, xeromorfos, de fustes finos e tortuosos de casca grossa e rugosa, com galhos profusos com folhas coriáceas e perenes. Ocorre em áreas com variados tipos de solos, em sua maioria com baixa fertilidade e igualmente recobertos por um tapete gramíneo hemicriptofítico. Apresentam espécies baixas, dispostas de maneiras mais ou menos ordenadas, algumas espécies perdem as folhas no inverno. O estrato superior apresenta uma média de altura de 10 m (dez metros), com ecótipos característicos de Cerrado, tem baixa proporção de outros ecótipos, sem o andar arbustivo diferenciado e estrato herbáceo ralo, com gramíneas geralmente em forma de tufo (BRASIL, 1982).

Figura 18. Mapa de Vegetação Potencial.

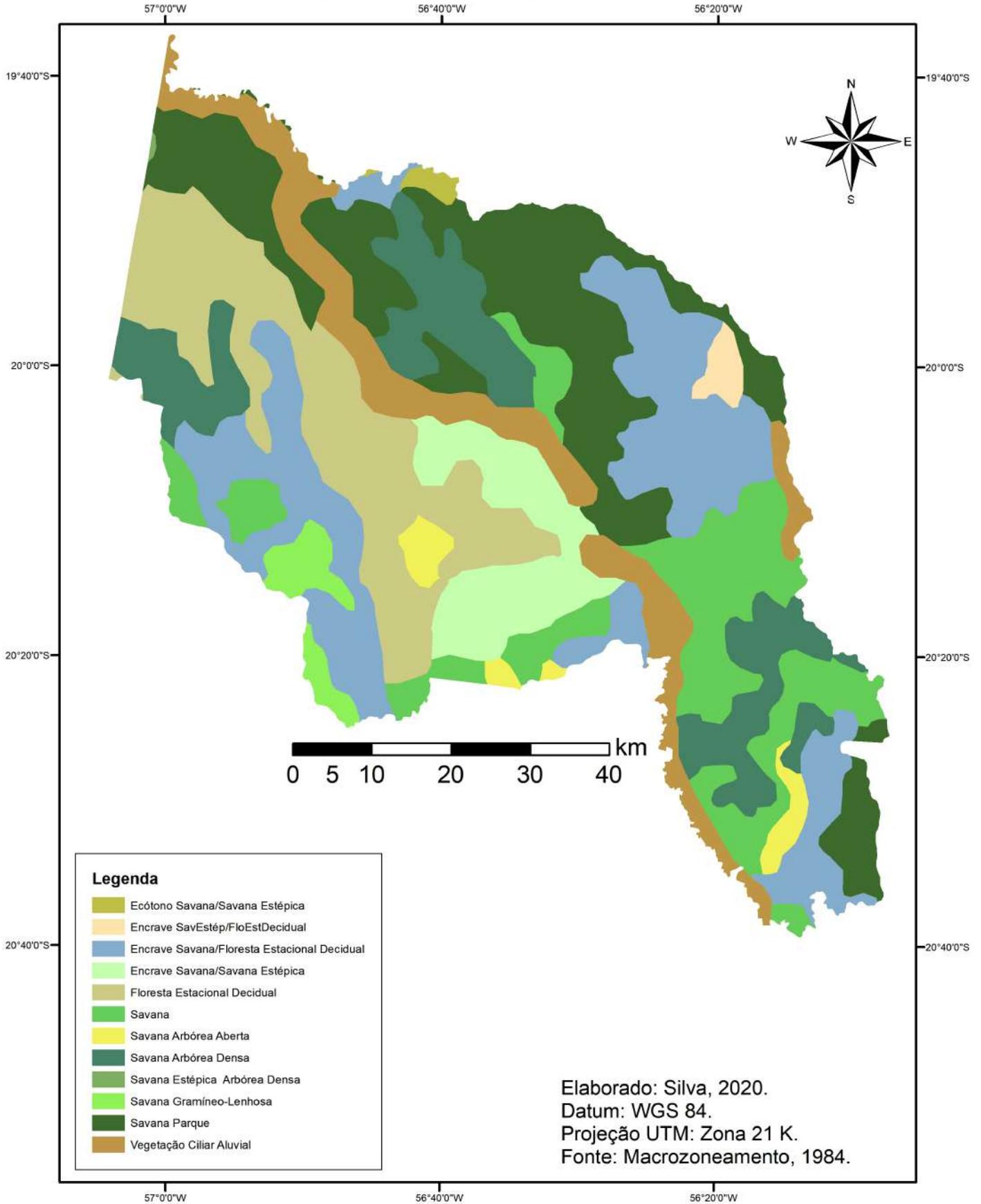


Figura 19. Cerradão com encraves de braquiária e vegetação em regeneração.



Fonte: Secretaria de Turismo de Miranda (2020).

Já a **Savana Arbórea Aberta ou Arborizada (Campo Cerrado, Cerrado, Cerrado Aberto)**, é de acordo com Brasil (1982), uma formação vegetal campestre, formada por espécies baixas, finas e tortuosas, distribuídos de formas esparsas em um solo recoberto por estratos graminóides contínuos, com palmeirinhas acaules e plantas lenhosas raquíticas, são exclusivas de áreas areníticas lixiviadas com composição florística parecida com a da Savana Arborizada, no entanto tem espécies mais baixas e de disposição mais esparsa.

Savana Gramíneo-Lenhosa (Campo Limpo) é a forma de campo, com ou sem arbustos e subarbustos, sendo estes esparsos ou densos, quanto mais inundação, a existência de arbustos é menor. (SILVA et al., 2011)

Savana Parque (Campo sujo) é uma formação vegetal estritamente campestre também, no entanto é formada por um estrato graminóide contínuo ou em forma de touceiras, entremeadas por espécies arbóreas raquíticas, dispostas de maneiras mais ou menos ordenadas e muito espaçadas. Algumas vezes podem ser encontrados agrupamentos vegetais arbóreos onde se destacam algumas espécies com a *Curatella americana* (lixreira) e a *Tabebuia caraíba* (ipê-caraíba). São de solos predominantemente oligotróficos, caracterizados por sobreposição de camadas pouco espessas e com lençol freático não muito superficial. (BRASIL, 1982)

Figura 20. Cerrado (Campo sujo) com resquícios de pastagem.



Fonte: Autor.

As fitofisionomias de **Savana Estépica (Chaco)** encontradas são: Savana Estépica Arbórea Densa ou Arborizada e Savana Estépica Parque (Carandazal) com e sem Floresta de Galeria.

Figura 21. Área de banhado com vegetação de Savana Estépica, próximo à divisa entre Miranda e Corumbá.



Fonte: Autor.

Savana Estépica (Chaco) é formada por vegetação lenhosa, baixa e espinhosa, associado a uma campina. Quando a vegetação lenhosa é alta, parecida com Cerradão, a campina é praticamente ausente, isso ocorre na subregião de Miranda, onde existem áreas de carandazais e paratudaissob solos argilosos com alto teor de sódio. (SILVA et al., 2011)

Savana Estépica Arbórea Densa ou Arborizada é uma formação vegetal de estrutura fanerofítica baixa, semicaducifolia, com submata de caméfitas espinhosas e algumas cactáceas colunares. O estrato rasteiro é composto de gramíneas de Cerrado, geralmente em tufos entremeadas de plantas lenhosas com muitos espinhos. (BRASIL, 1982)

É verificado também Floresta Estacional Decidual, nas quais podem coexistir a de Terras Baixas (Floresta das Terras Baixas), a Submontana - Mata, Mata Seca, Mata Calcária (Floresta Submontana); além disso verifica-se a Vegetação ciliar aluvial (Floresta aluvial); e as áreas de Encraves e Ecótonos (Áreas de Tensão Ecológica), que são muito presentes no município.

Floresta Estacional Decidual - Terras Baixas (Floresta das Terras Baixas) esta formação ocorre nos terraços do rio Miranda e na depressão pantaneira mato-grossense com altitude inferior a 130 metros, apresenta florestas com altura entre 10 e 20 metros. As maiores árvores presentes são jatobá-mirim, mandovi e pau-de-sal. Outras espécies muito presentes são maria-mole, espeteiro e canela de cotia (SILVA et al., 2011).

A **Floresta Estacional Decidual Submontana - Mata, Mata Seca, Mata Calcária (Floresta Submontana)** apresenta como características principais, a presença de árvores emergentes, como *Cariniana* ssp. (jequitibás), *Aspidosperma* spp. (perobas), *Cedrella fissilis* (cedro), *Parapiptadenia rígida* (angico vermelho) e *Peltophorum dubium* (canafístula). A submata é de arbustos com uma grande quantidade de plantas da regeneração das árvores, dentre os arbustos destacam-se várias *Cyatheaceae* e alguns arbustos das famílias *Rubiaceae* e *Myrtaceae*, sendo o *Arecastrum ramonzoffianum* (pindó) é um representante típico nesta formação (BRASIL, 1982).

Figura 22. Floresta Estacional Decidual Submontana.



Fonte: Autor.

De acordo com Brasil (1982), a **Vegetação ciliar aluvial (Floresta aluvial)**, que são formações florestais ribeirinhas, que ocupam lugar nas acumulações fluviais quaternárias. **Vegetação com influência fluvial e ou lacustre (Área de Influência Fluvial)** é caracterizada por revestir os depósitos aluvionares recentes com estágios de desenvolvimento herbáceo (graminoso) e arbustivo.

Figura 23. Vegetação ciliar no rio Miranda.



Fonte: Autor.

Para Silva et al. (2011) os **Ecótonos** são áreas de transição entre dois tipos de vegetação vizinhas, onde se misturam espécies de flora distintas. Devido à dinâmica de inundação do Pantanal, alguns ecótonos foram mapeados na planície e podem ocorrer em solos arenosos e areno-argilosos.

Já, os **Encraves** são transições florísticas, onde as floras de diferentes regiões Fitoecológicas se interpenetram, mas as espécies não se misturam, sendo áreas disjuntas que se contatam. Localizam-se, geralmente em encostas de serra, linhas de drenagem, bordas de platô e pode ocorrer em relevos escarpados e no Pantanal da Subregião de Miranda também ocorre. (SILVA et al., 2011)

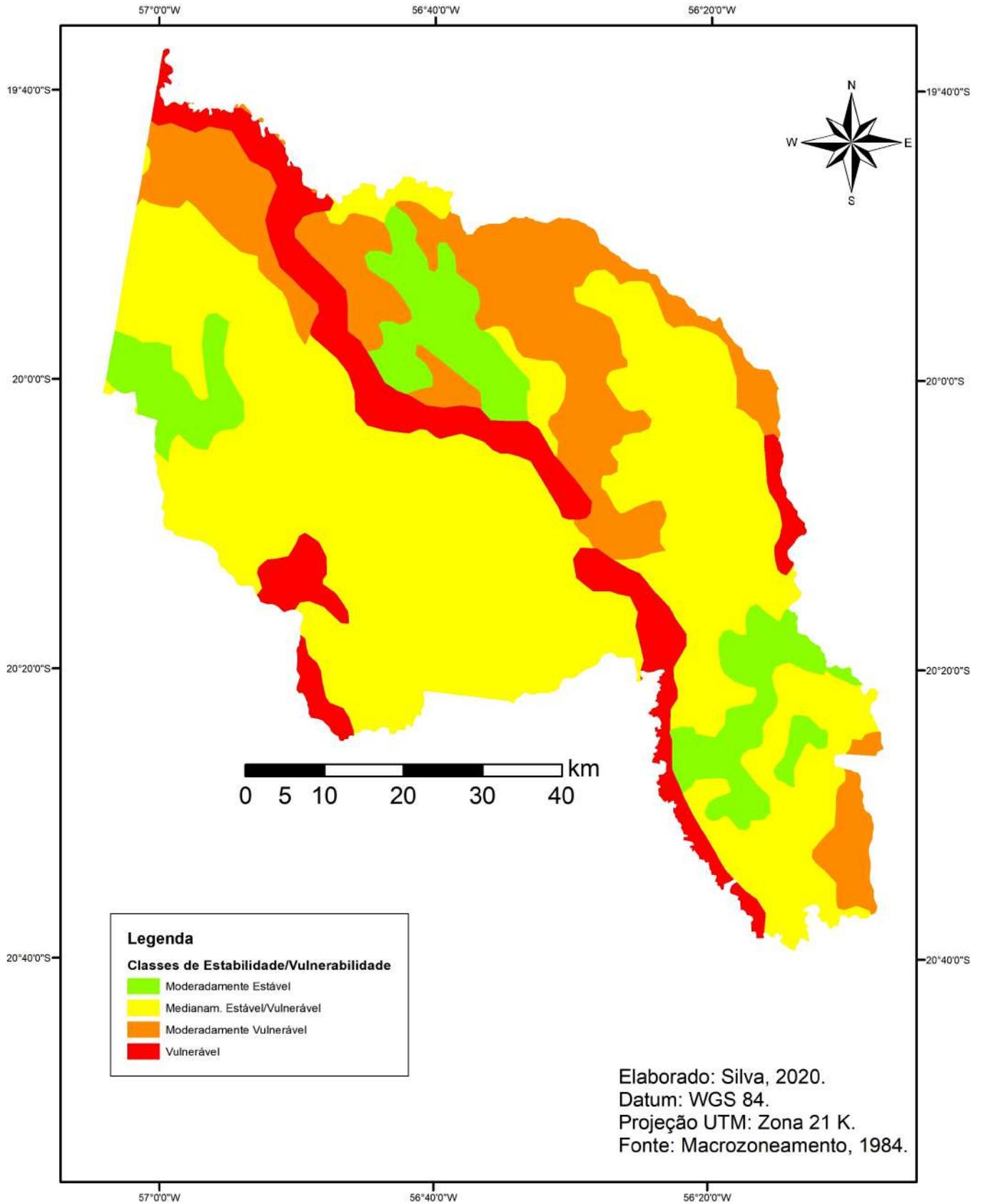
5.1.6 Classes de Vulnerabilidade/Estabilidade - Vegetação

Foram identificados 09 valores de vulnerabilidade/estabilidade para o tema vegetação, estes foram convertidos de acordo com a metodologia, e representam 04 classes de vulnerabilidade conforme a figura 24.

Para o tema vegetação, mais da metade da área de estudo apresenta estabilidade/vulnerabilidade média, com 57,47% do total. Já 28,73% da área apresenta vulnerabilidade moderada, principalmente na planície pantaneira.

O município apresenta também uma pequena área de 11,92% com estabilidade/vulnerabilidade moderadamente estável e 1,88% de área com vulnerabilidade alta, principalmente em áreas de vegetação ciliar, próximo ao rio Miranda (região central do município), córrego Agachi (leste) e rio Salobra (sudoeste).

Figura 24. Mapa de Estabilidade/Vulnerabilidade – Vegetação.

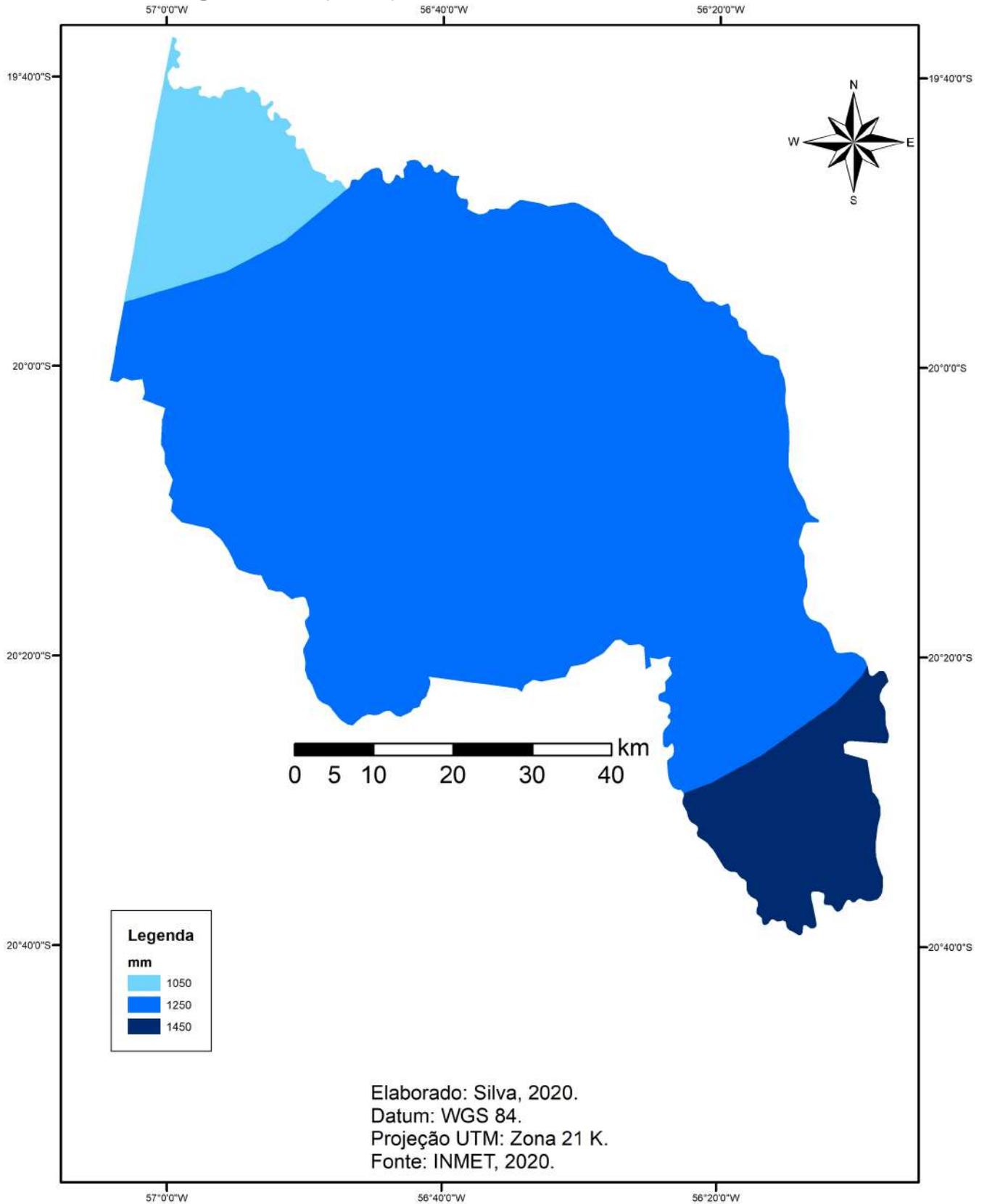


5.1.7 Clima

O município de Miranda apresenta um período seco que dura em torno de três a quatro meses e no norte do município esse período dura de quatro a cinco meses. A temperatura média do mês mais frio varia entre 20° e 24° C, e as temperaturas médias variam entre 23° e 25°C (MATO GROSSO DO SUL, 2011).

Os dados de clima utilizados para determinação do clima, neste caso, os dados pluviométricos, foram retirados das normais climatológicas para o período de 1981 a 2010 disponibilizados pelo INMET (2020), as Normais são de acordo com a Organização Meteorológica Mundial como “valores médios calculados para um período relativamente longo e uniforme, no mínimo três décadas consecutivas e padrões climatológicos normais como médias de dados climatológicos calculadas para períodos consecutivos de 30 anos” (INMET, 2020).

Os dados de pluviosidade anual acumulada para o município de Miranda para o período supracitado ficaram entre 1.050mm e 1.450mm, sendo o menor valor identificado no norte do município e os maiores valores, centro e sul do município com 1.250mm, e 1.450mm, conforme a Figura 25.

Figura 25. Mapa de pluviosidade média anual de 1981 a 2010.

5.1.8 Classes de Vulnerabilidade/Estabilidade – Clima

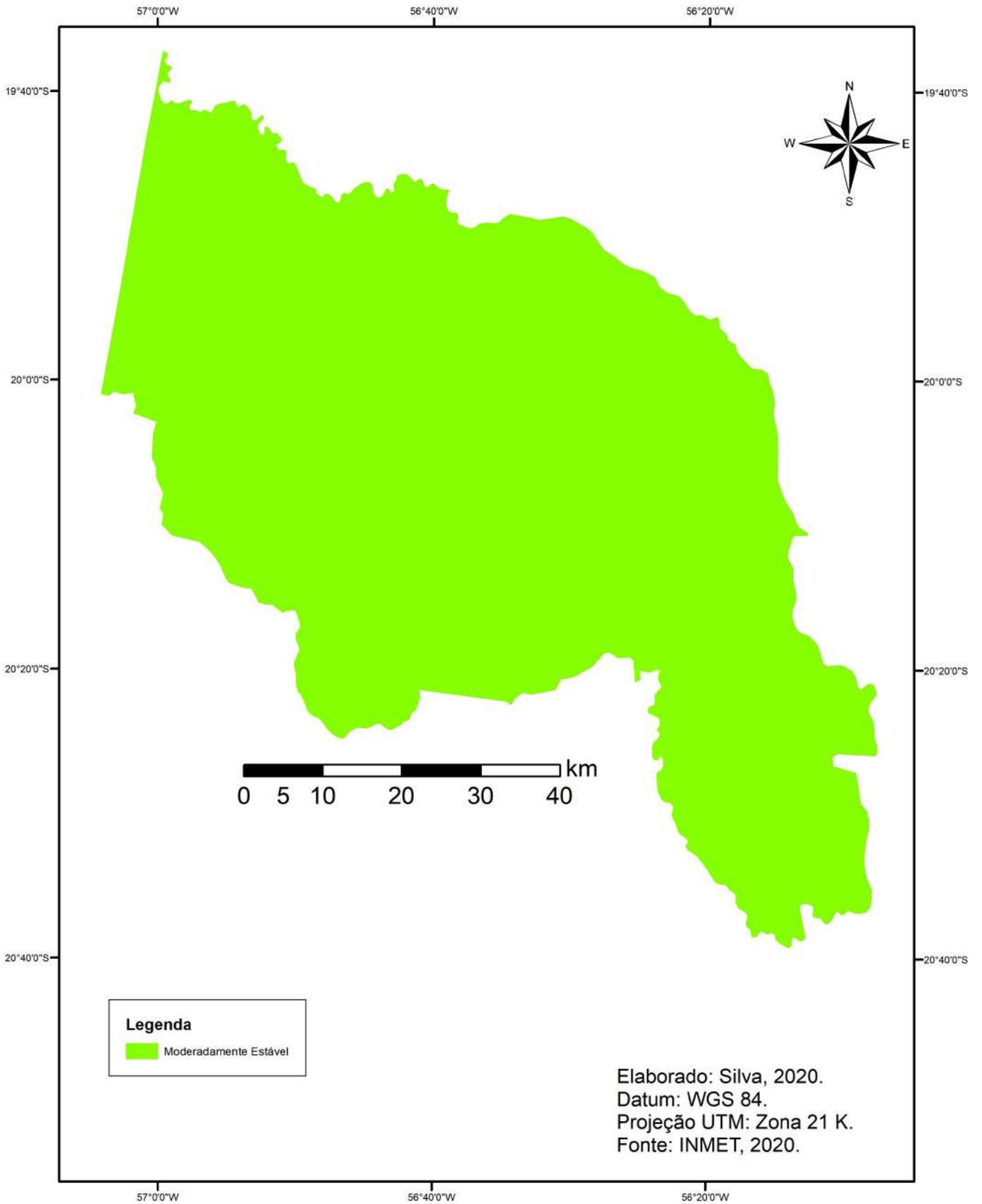
Para o Clima de Miranda foram identificados 03 valores de vulnerabilidade/estabilidade que se enquadram como Moderadamente Estável conforme a figura 26.

Mesmo que os valores de precipitação que ocorrem no município demonstram que existe uma estabilidade moderada, isso não significa que as chuvas não sejam um fator importante para o resultado final de estabilidade/vulnerabilidade do município.

Ele é de suma importância, pois o Clima, neste caso, as chuvas estão diretamente ligadas ao “runoff” que a mesma acarreta no solo, ou seja, na transformação da energia da água das chuvas, por meio de sua alta precipitação em um curto período de tempo.

Mesmo que o município apresente, uma estabilidade moderada, ela deve ser levada em consideração para a realização da confecção do mapa final de vulnerabilidade/estabilidade para o município de Miranda, pois todos os índices são importantes para que se chegue o mais próximo da realidade local.

Figura 26. Mapa de Estabilidade/Vulnerabilidade – Clima.



5.1.9 Geomorfologia

De acordo com Mato Grosso do Sul (2011), o município de Miranda apresenta em praticamente toda sua porção sudoeste, uma topografia com escarpas, cristas, pontões e topos aguçados, e o restante é composto de áreas planas e suaves onduladas.

O relevo é constituído por um planalto a leste, e a borda ocidental se estende da vasta superfície rebaixada em direção a oeste até atingir o rio Paraguai, em meio à planície rebaixada surge relevos residuais da Serra da Bodoquena (BRASIL, 1982).

A geomorfologia de Miranda é dividida em 03 regiões: **Região da Depressão do Alto Paraguai** com as Unidades de Planícies Colúviais Pré-Pantanal, da Depressão de Bonito e da Depressão de Miranda; **Região da Bodoquena e Morrarias do Urucum-Amolar** com a Unidade Serra da Bodoquena e a **Região do Pantanal Matogrossense** com as Unidades de Pantanal do Aquidauana-Miranda e Pantanal do Negro-Miranda (MATO GROSSO DO SUL, 2011).

Conforme Mato Grosso do Sul (2011) a Serra da Bodoquena compreende litologias calcárias, sobre as quais se desenvolveram solos Rendzina com vegetação de Floresta Submontana, e nos trechos com relevo aplanado são realizadas as atividades agropastoris.

De acordo com Leite (2007), a região de Duque Estrada que abrange a Bacia Hidrográfica do Córrego Vilas Boas compreende Planície e terraços fluviais, com Formas aguçadas, Formas tabulares e áreas de acumulação inundáveis. As Formas aguçadas apresentam relevo de topo contínuo e aguçado e com diferentes ordens de grandeza, geralmente separado por vales em “V”.

Brasil (1982) refere-se a região rebaixada (Planície pantaneira) situada entre a Borda Ocidental do Planalto do Centro-Meridional do Brasil, onde se localiza o vale do rio Miranda e a Depressão Periférica do Miranda, e o relevo muda, mas não se torna mais “pé de serra” e fica mais harmonioso e plano, afirmando que essa depressão se estende até os testemunhos calcários e dolomíticos da serra da Bodoquena.

Figura 27. Morro no Distrito de Duque Estrada.



Fonte: Autor.

Figura 28. Resquícios da Serra da Bodoquena.



Fonte: SECTUR (2020).

As litologias da Formação Bocaina (Planalto da Bodoquena), apresentam um relevo serrano, com superfície bastante dissecada com formas de topo convexo de pequena dimensão com drenagem pouco aprofundada (BRASIL, 1982).

Para Brasil (1982) a Planície do Pantanal do Miranda localiza-se a nordeste da serra da Bodoquena, e na Depressão do Rio Paraguai afloram litologias permocarboníferas na parte oriental, e nas demais áreas dominam as rochas pré-cambrianas, às vezes capeadas por sedimentos quaternários.

Miranda apresenta em grande parte de sua área, valores entre 2% e 20%, sendo que estes se alteram apenas nos resquícios da Serra da Bodoquena, e nos morros próximos ao distrito de Duque Estrada e Aldeia Lalima, conforme figura 29.

Após a confecção do Mapa de Declividade foi feito o recorte e fatiamento das classes a partir dos valores adotados na metodologia conforme tabela 14.

Tabela 14. Classes de Vulnerabilidade para o tema declividade.

| Classes de Declividade | Área (%) | Valores de Vulnerabilidade |
|-------------------------------|-----------------|-----------------------------------|
| < 2% | 47,41 | 1,0 |
| 2 – 6% | 34,11 | 1,5 |
| 6 – 20% | 16,38 | 2,0 |
| 20 – 50% | 1,98 | 2,5 |
| > 50% | 0,12 | 3,0 |

Figura 29. Mapa de Declividade.

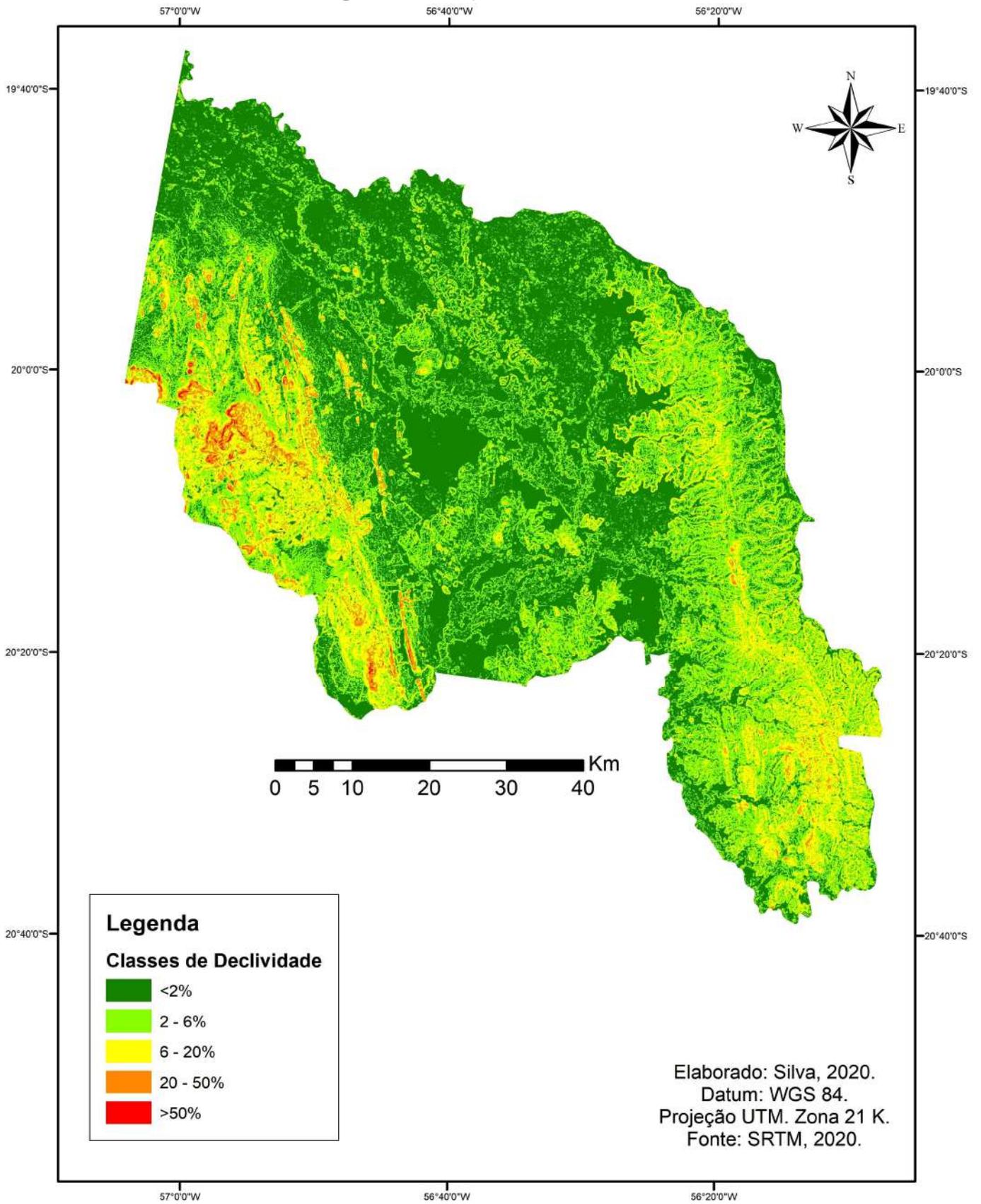
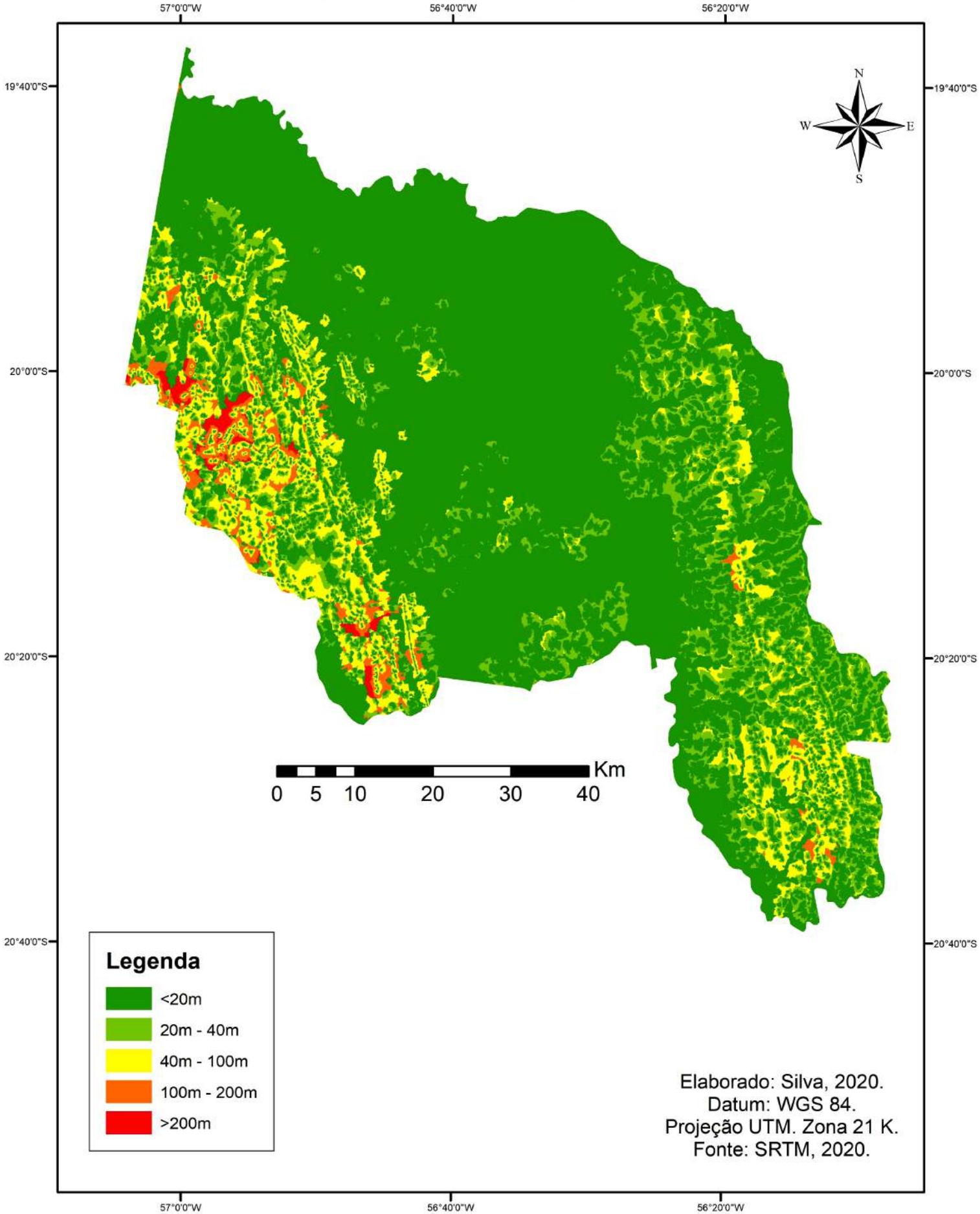


Figura 30. Mapa de Dissecação Vertical.



Além dos valores de declividade é necessária a classificação dos graus de amplitude altimétrica (Dissecação Vertical) que são os valores dos topos de morros até o seu interflúvio, conforme a figura 30.

Quanto menor os valores da amplitude altimétrica do relevo, ou seja, quanto menores os topos de morros/relevo, menor será o índice de vulnerabilidade. O município de Miranda apresenta uma grande área com amplitude altimétrica menor que 20m, quase $\frac{3}{4}$ de sua área está nessa classe de amplitude, na maior parte de sua área, conforme visto na tabela 15.

Tabela 15. Classes de Vulnerabilidade para a Dissecação Vertical.

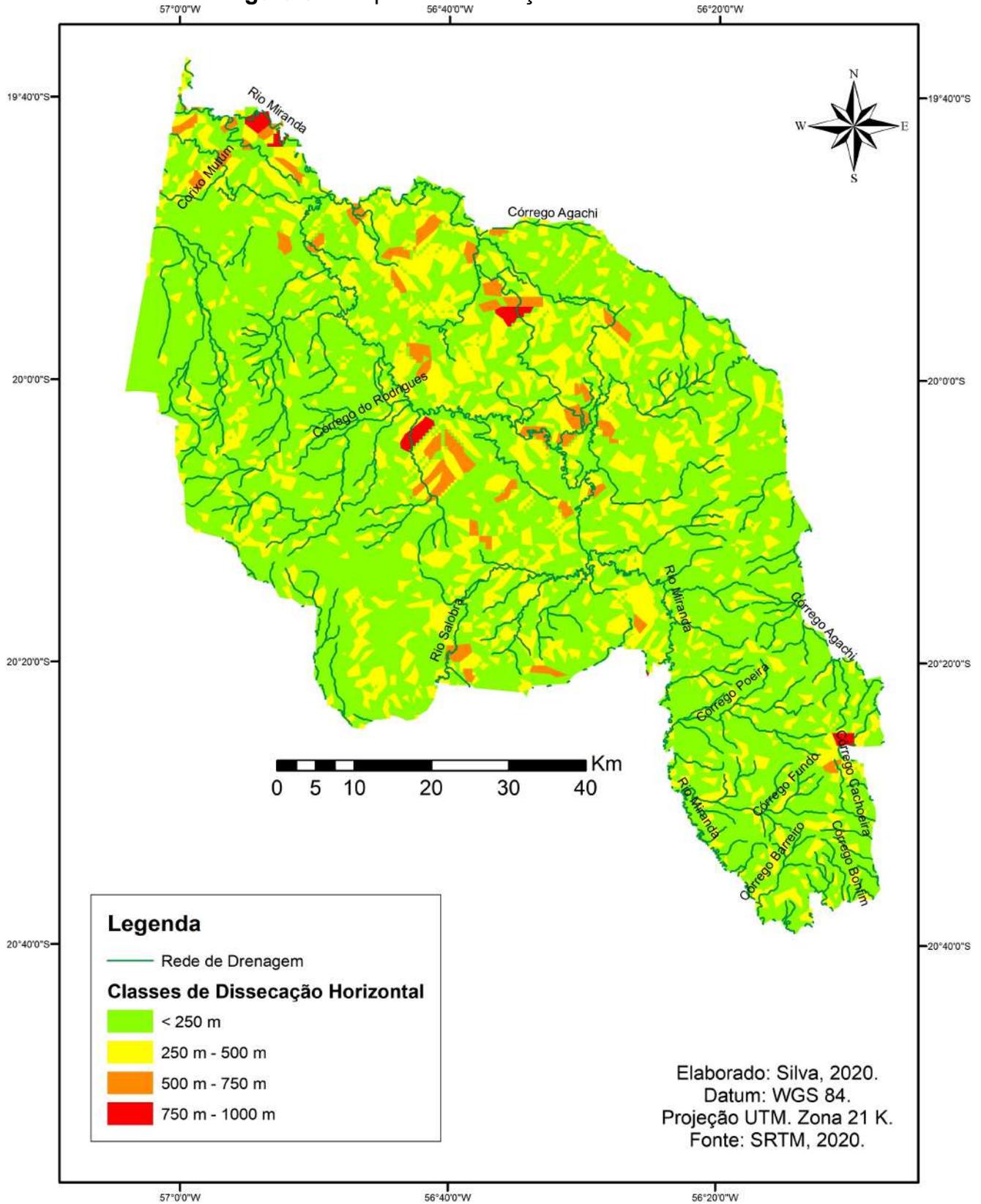
| Classes | Área (%) | Valor de Vulnerabilidade |
|--------------------|-----------------|---------------------------------|
| < 20m | 73,37 | 1,0 |
| 20m – 40m | 13,90 | 1,5 |
| 40m – 100m | 10,02 | 2,0 |
| 100m – 200m | 2,11 | 2,5 |
| > 200m | 0,61 | 3,0 |

Além dos mapas de declividade e dissecação vertical, de acordo com Crepani et al. (2001), outro índice utilizado para a confecção do mapa Geomorfológico é o da dissecação horizontal (amplitude interfluvial), nesse parâmetro foram encontradas as seguintes classes para o município de Miranda, conforme a tabela 16 e figura 31.

Tabela 16. Classes de Vulnerabilidade para o tema Dissecação Horizontal.

| Classes de Declividade | Área (%) | Valores de Vulnerabilidade |
|-------------------------------|-----------------|-----------------------------------|
| >=750m - <1000m | 0,54 | 2,7 |
| >=500m - <750m | 3,04 | 2,8 |
| >=250m - <500m | 24,85 | 2,9 |
| <250m | 71,57 | 3,0 |

Figura 31. Mapa de Dissecação Horizontal.



5.1.10 Classes de Vulnerabilidade/Estabilidade - Geomorfologia

Foram identificados 13 valores de estabilidade/vulnerabilidade para o tema Geomorfologia, esses foram obtidas a partir da intersecção dos mapas de declividade, dissecação vertical e dissecação horizontal, que por sua vez são traduzidas em classes de estabilidade/vulnerabilidade conforme a figura 32.

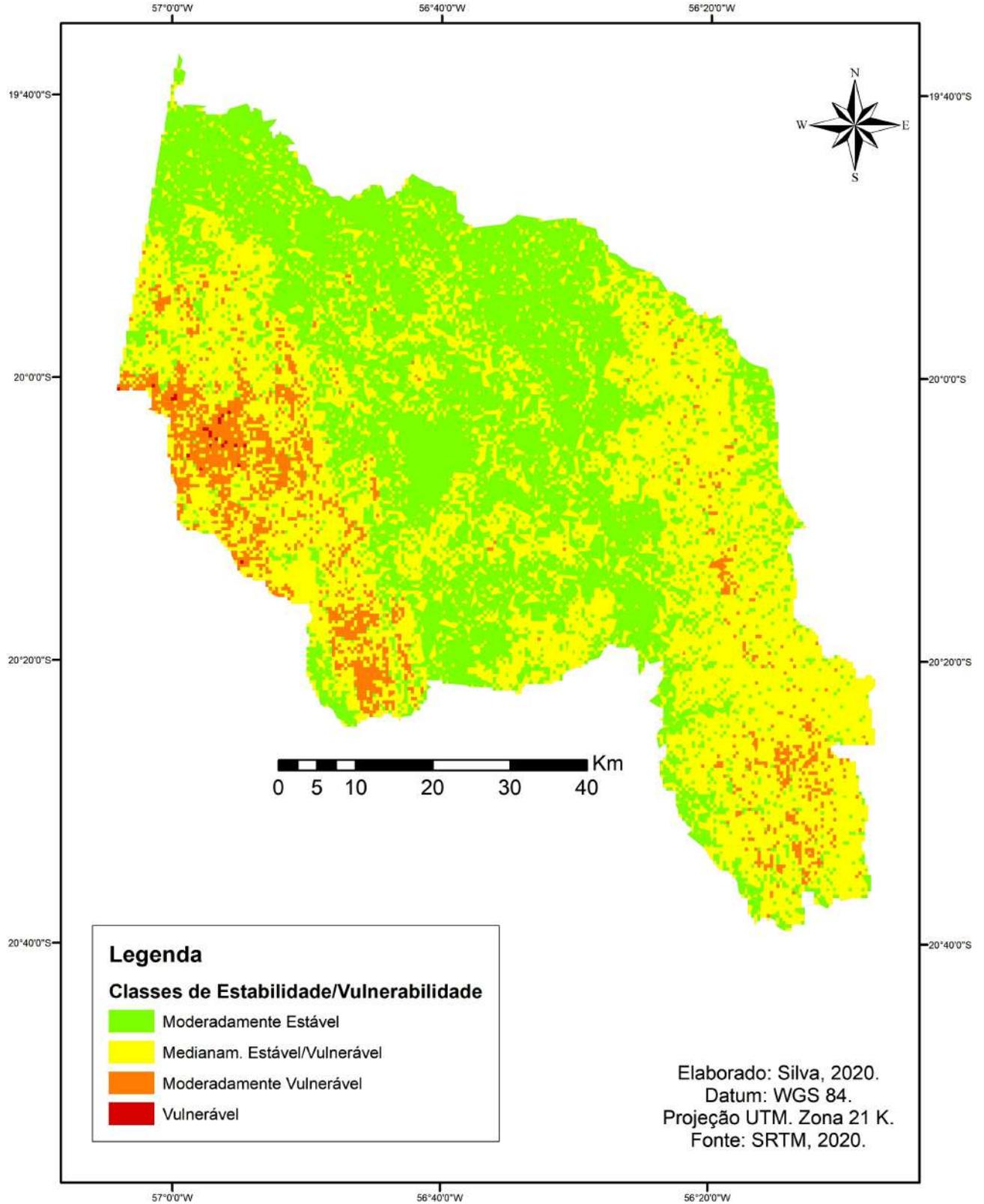
As classes de estabilidade/vulnerabilidade encontradas vão de moderadamente estáveis à vulneráveis, não existindo nenhuma classificação totalmente estável.

Nesse ínterim, duas classes se sobressaem, com estabilidade/vulnerabilidade média com 48,79% da área, seguida da moderadamente estável com 44,13%.

As classes mais próximas da vulnerabilidade apresentam uma representatividade bem menor quando comparadas às mais próximas da estabilidade, com a classe com vulnerabilidade moderada em 7,01% da área e as áreas com vulnerabilidade alta em 0,07% da área, visto que esta aparece na região da serra da Bodoquena apenas.

Com relação à geomorfologia do município, pode-se inferir que a pedogênese e a morfogênese atuam na alteração da paisagem, no entanto em sua maior parte a paisagem sofre mudanças principalmente da pedogênese, isso ocorre devido às rochas apresentarem certo grau de coesão baixo e a grande quantidade de rochas de deposição da planície pantaneira.

Figura 32. Mapa de Estabilidade/Vulnerabilidade - Geomorfologia.



5.1.11 Classes de Vulnerabilidade/Estabilidade de Miranda/MS

A figura 33 nos mostra que o município de Miranda apresenta em grande parte de sua área, 84,70%, vulnerabilidade e estabilidade média, seguida de moderadamente vulnerável em 12,52% de sua área e com uma pequena área de 2,78% do total, moderadamente estável.

A vulnerabilidade e estabilidade média (84,70% da área) significa que os processos de pedogênese e morfogênese atuam em certo equilíbrio na transformação da paisagem, com exceção de alguns locais próximos aos cursos d'água e morros na região sul do município onde a vulnerabilidade é moderada e de maneira bem dispersa, a paisagem se apresenta como moderadamente estável.

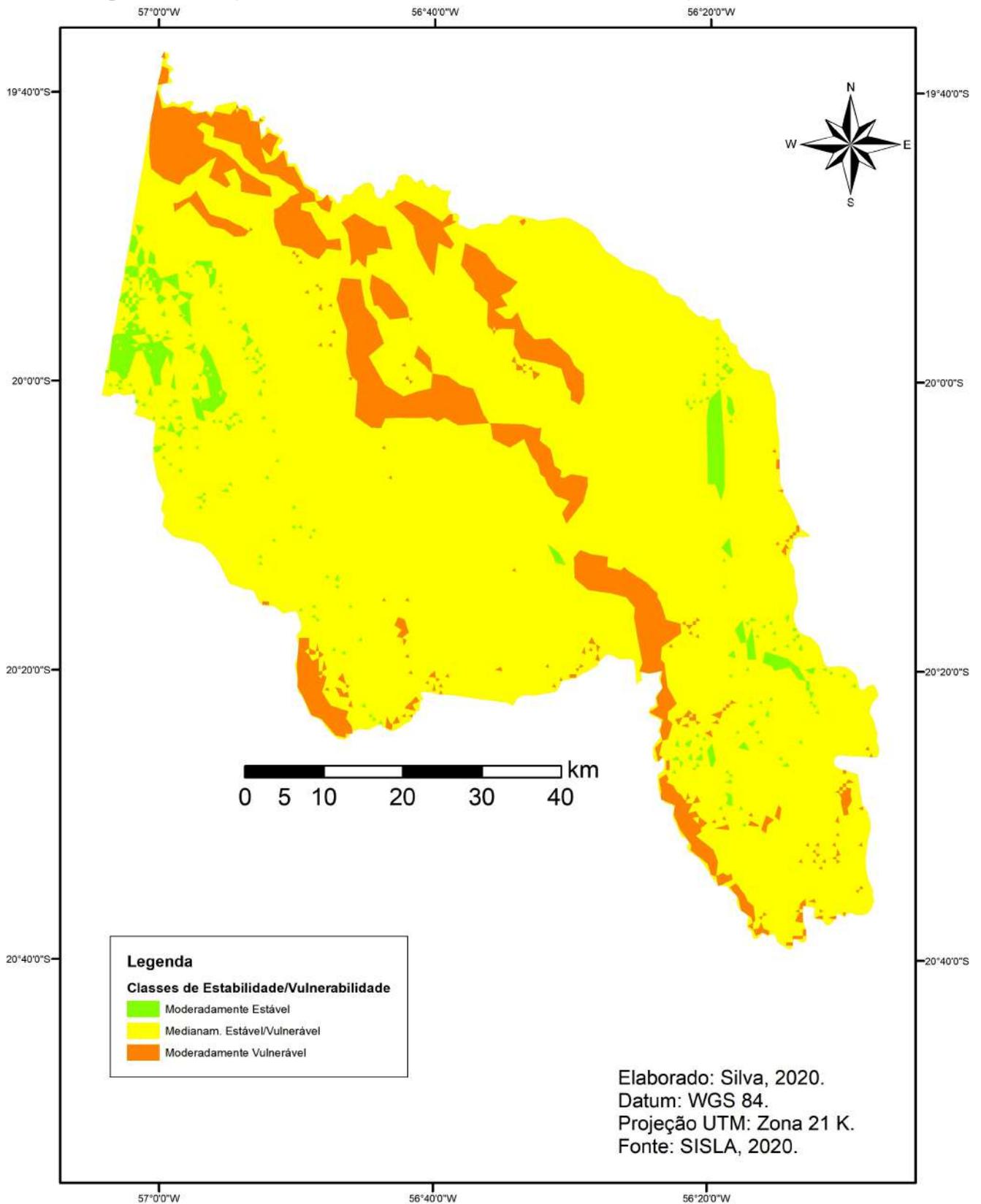
Esses dados corroboram que 97,22% da área apresentam vulnerabilidade, ou seja, as atividades que forem realizadas no município devem levar em consideração os fatores ambientais para que o potencial ecológico não seja perdido com o tempo, bem como para manutenção e conservação dos recursos naturais para a manutenção da biodiversidade.

A vulnerabilidade e estabilidade média encontradas em grande proporção no município se dão principalmente devido à grande quantidade de cursos hídricos, visualizado por meio dos interflúvios, a vegetação com exceção da ciliar, e, aos tipos de solos presentes, bem como ao relevo plano e ondulado.

Além disso, os topos de morros, que apresentam alta vulnerabilidade geomorfológica, ainda possuem vegetação não degradada em sua grande parte, e por sua vez, na álgebra de mapas resultam em um aumento na estabilidade da paisagem.

E, as áreas com vulnerabilidade moderada estão associadas aos depósitos aluvionares e à vegetação ciliar encontrada principalmente na região central do município, onde está localizada uma parte do curso do rio Miranda e áreas próximas ao córrego Agachi na região sudeste, e na região noroeste do município.

Figura 33. Mapa de Estabilidade/Vulnerabilidade - Município de Miranda/MS.



5.1.12 Polígono de Intervenção Antrópica

Além de se compreender a vulnerabilidade da paisagem, para se ter uma informação real dos impactos ambientais causados, é necessário conhecer as atividades que ocorrem nestas paisagens, sendo estas denominadas de Polígonos de Intervenção Antrópica, que é dado pelo mapa de uso e cobertura da terra, conforme a figura 34.

O mapa de uso e cobertura da terra de Miranda apresenta seis classes, sendo estas: água, área de influência urbana, cicatriz de queimada, cobertura vegetal, cultura temporária e pastagem, com representatividade na área conforme a tabela 17.

Tabela 17. Classes de Vulnerabilidade para a Uso e Cobertura da terra.

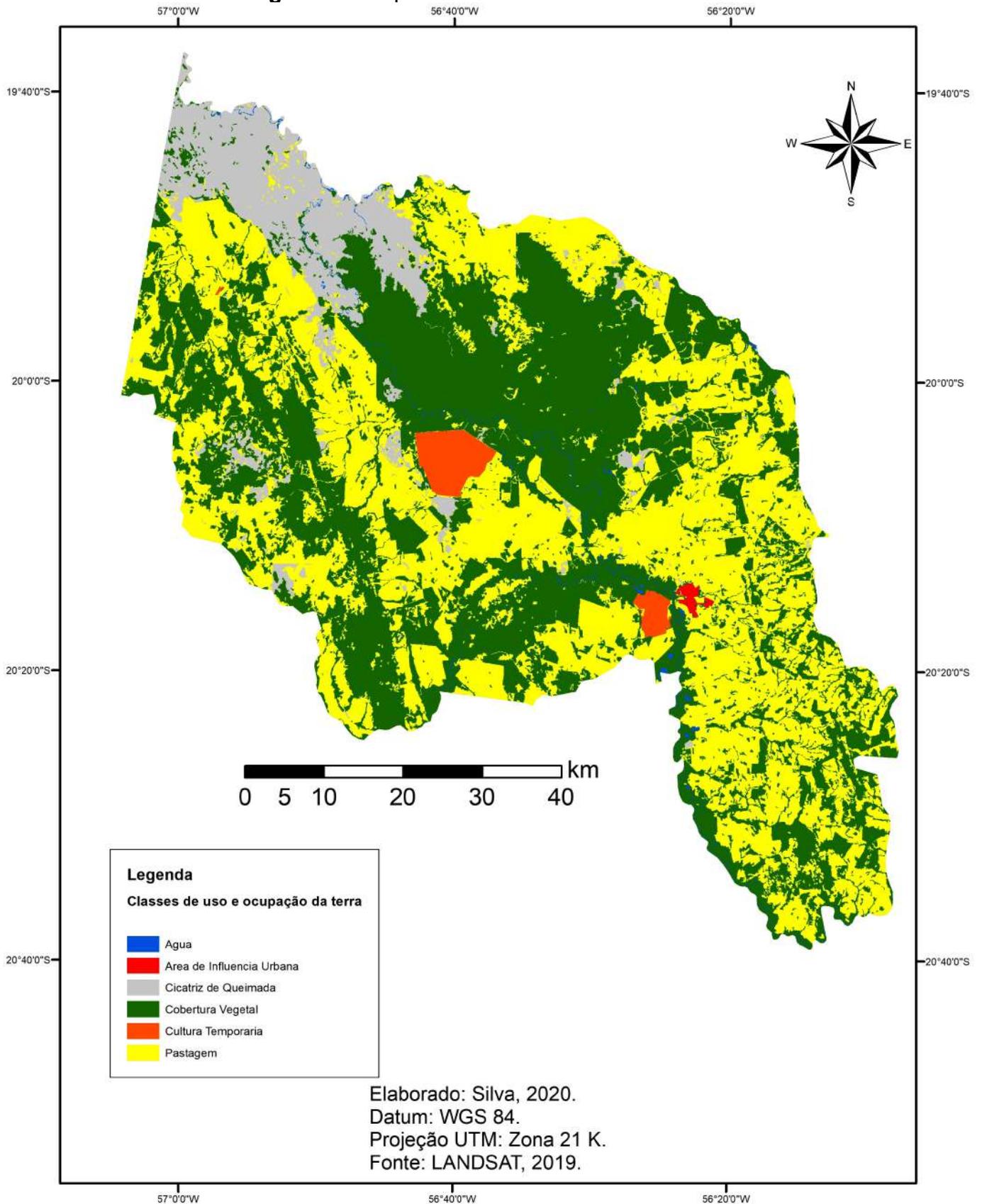
| Classes | Área (%) | Valor de Vulnerabilidade |
|----------------------------------|-----------------|---------------------------------|
| Cicatriz de Queimada | 8,78 | 3,0 |
| Cobertura Vegetal | 44,93 | 3,0 |
| Pastagem | 44,23 | 2,8 |
| Água | 0,48 | 3,0 |
| Área de Influência Urbana | 0,14 | 3,0 |
| Cultura Temporária | 1,44 | 3,0 |
| Total | 100 | |

Esse mapa de 22 de novembro de 2019 demonstra uma grande cicatriz de queimada na região da planície pantaneira principalmente, e em outros locais em menor proporção, atingindo 8,78% da área.

O município apresenta valores bem próximos quando se fala em pastagem e cobertura vegetal, com 44,23% e 44,93% respectivamente. Essa informação nos reforça ainda mais a atividade principal do município que é a pecuária, seguida do arroz irrigado que aparece como cultura temporária em 1,44% da área. A área de influência urbana (cidade) representa 0,14% e a água 0,48% da área.

Com cobertura vegetal em mais de 40% da área do município, e pensando na vulnerabilidade ambiental da paisagem de Miranda, pode-se frisar que para a inserção de atividades econômicas, devem ser realizados estudos de impacto ambiental com muita responsabilidade, pois além da vulnerabilidade, o município apresenta uma grande quantidade de cursos hídricos em sua rede de drenagem, além de suas áreas úmidas.

Figura 34. Mapa de Uso e Cobertura da Terra.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

A teoria sistêmica e/ou geossistêmica é de suma importância no que tange o entendimento das mudanças que acontecem na paisagem e que dão origem aos processos de alteração da mesma através das ações antrópicas ou dos fenômenos naturais, ou dos dois sendo o primeiro um fator decisivo para o impacto negativo do segundo.

A análise da paisagem mostra um retrato do que existe e facilita o entendimento sobre as ações que podem ser realizadas da maneira correta para diminuir os impactos negativos das atividades, e a compreensão de como essa paisagem se comportará ao longo do tempo.

Utilizar o município como escala para este tipo de análise é bem interessante, pois mesmo que se saiba que as questões naturais ultrapassem os limites político-administrativos, esse tipo de análise pode auxiliar na gestão ambiental, através da conservação e/ou preservação dos recursos naturais e da utilização do potencial ecológico de maneira responsável.

O uso das ferramentas de geoprocessamento para a análise da paisagem é feita com base em um banco de informações geográficas, georreferenciados e que possibilita identificar, qualificar e quantificar os elementos da paisagem por meio de técnicas mais baratas e com mais agilidade.

A partir da metodologia adotada foi possível quantificar a vulnerabilidade das paisagens de Miranda, a partir dos elementos ambientais, que agem de maneira sistêmica, sendo eles, as rochas (geologia); os solos (pedologia); a vegetação; os morros, interflúvios, a declividade (geomorfologia) e as chuvas (clima) que fazem parte do todo complexo que é a paisagem, e estão envolvidos em toda a dinâmica ambiental à qual a mesma está sujeita.

Não obstante, visualizou-se os Polígonos de Intervenção Antrópica, nos quais deixou bastante claro a grande área de cobertura vegetal que o município apresenta, e corroborou com a influência da pecuária no mesmo, por meio da área de pastagem presente.

Os dados geográficos encontrados apresentaram algumas diferenças de escala, mas, é o que se pode encontrar no momento, e apesar disso, pode-se realizar um trabalho no qual o resultado satisfizesse as respostas à problematização que foi feita no início da realização da pesquisa.

Com isso, foram identificadas as áreas que apresentam meios estáveis, instáveis e intermediárias que poderão indicar os cuidados necessários na utilização das mesmas, e/ou para a manutenção do potencial ecológico imprescindível à conservação do ambiente natural e conseqüentemente da paisagem.

Os objetivos propostos foram alcançados satisfatoriamente com a quantificação da vulnerabilidade das paisagens da área de estudo por meios dos dados georreferenciados encontrados e recortados para o município.

A metodologia utilizada proporcionou essa quantificação, bem como a caracterização dos Polígonos de Intervenção Antrópica, traduzindo essas paisagens em regiões Estáveis, Intermediárias (Intergrades) e Vulneráveis, mesmo que esta última seja moderada, ainda assim é uma área vulnerável.

A partir deste trabalho se espera que os dados possam colaborar com o planejamento de ações ambientais de conservação e preservação do ambiente natural, e que a vulnerabilidade/estabilidade da paisagem seja levada em consideração em relação aos aspectos modificadores da mesma, sendo elas antrópicas ou não.

E, para ações mais pontuais, da gestão e do planejamento ambiental, sugere-se que se utilize uma escala menor para o trabalho, visto que o que se apresenta neste trabalho é uma visão macro da Paisagem em Miranda/MS.

BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, J.R. et al. **Planejamento Ambiental**. Rio de Janeiro: Thex Ed.: Biblioteca Estácio de Sá, 1993.

ALBANEZ, A. C. M. P. **Caracterização dos Fragmentos Florestais a partir de Estudos de Ecologia da Paisagem para o município de Ponte Nova-MG**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG, 2000.

BAXENDALE, C. **Geografía, organización del territorio y Sistemas de Información Geográfica**. Geografía y Sistemas de Información Geográfica. Aspectos conceptuales y aplicaciones. Universidad Nacional de Luján. Luján, p. 37-49, 2010.

BERTALANFFY, L. V. **General Theory Sistem**. New York, 1969.

BERTOTTI, L. G. **Unidades de paisagem: problemas ambientais nos municípios de São José dos Pinhais, Mandirituba e Tijucas do Sul/PR. 2006**. 218 f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Universidade Federal do Paraná, UFPR, Curitiba, 2006.

BRANCO, S. M. **Ecossistêmica: uma abordagem integrada dos problemas do meio ambiente**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999. 2. ed.

BERTRAND, Georges. **Paisagem e geografia física global. Esboço metodológico**. Raega-O Espaço Geográfico em Análise, v. 8, 2004.

BERTRAND, C. Y BERTRAND, G. 2007. Geografía del Medio Ambiente. **El Sistema GTP: Geosistema. Territorio y Paisaje**. Universidad de Granada. 403 pp.

BOLÓS, M. de et al. **Manual de Ciencia del Paisaje. Teoría, métodos y aplicaciones**. Colección de Geografía, Masson SA, Barcelona, 1992.

BRASIL. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. IBGE Cidades, disponível em <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>, acesso em 08 de julho de 2020.

BRASIL. Projeto RADAMBRASIL. **Folha SF-21-Campo Grande**. Rio de Janeiro: Ministerio das Minas e Energia, 1982. 412p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos: Rio de Janeiro, 2013.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Análise de Sistemas em Geografia**. São Paulo: Hucitec, 1979.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Modelagem de sistemas ambientais**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1999, 236p.

CAMARA, Gilberto; CASANOVA, Marco A.; HEMERLY, Andrea S.; MAGALHAES, Geovane C.; MEDEIROS, Claudia M. B. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica (SIG)**. Curitiba: Sagres, 1997. 190p.

CAMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antonio Miguel Vieira. **Introdução a Ciência da Geoinformação**. Sao Jose dos Campos: DPI/INPE, www.dpi.inpe.br acessado em 2020.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J.S. Mapa e suas representações computacionais. In: ASSAD, E.D.; SANO, E.E. **Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura**. Brasília: Embrapa, SPI; Embrapa, CPAC, 1998. cap.3. p.31-43.

CÂMARA, G.; ORTIZ, M. J. **Sistemas de informação geográfica para aplicações ambientais e cadastrais: uma visão geral**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. sn, 1998. p. 59-82.

CASTRO, C. M. de. **Planejamento ambiental**. Volume único / Cleber Marques de Castro, Clara Carvalho de Lemos. – Rio de Janeiro : Fundação Cecierj, 2016.

CHORLEY, R. J.; KENNEDY, B. A. **Physical Geography: a system approach**. London: Prentice Hall, 1971.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; AZEVEDO, L.G.; DUARTE, V.; HERNANDEZ, P.; FLORENZANO, T & BARBOSA, C. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico Econômico e ao Ordenamento Territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001.

COSTA, A. B. da; SILVA, D. M. da. **Diagnóstico do processo de gestão do turismo no município de Bodoquena/MS**. Monografia. Curso de Turismo. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Aquidauana, 2008.

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 2006. **Mapa Geológico do Estado de Mato Grosso do Sul**. Campo Grande. Disponível: <http://geosgb.cprm.gov.br/> Acesso: 28 nov. 2019.

MATO GROSSO DO SUL, Governo do Estado do., 2011. **Caderno Geoambiental das Regiões de Planejamento do MS**. SEMAC, Campo Grande. Disponível: <https://goo.gl/YBhNif> Acesso: 27 nov. 2019.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. Arquitetura de sistemas de informação geográfica. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, v. 35, 2001.

DI MAIO, A.; RUDORFF, B. F. T.; MORAES, E. C.; PEREIRA, G.; MOREIRA, M. A.; SAUSEN, T. M.; FLORENZANO, T. G. **Sensoriamento Remoto: Formação Continuada de Professores**. Curso Astronáutica e Ciências do Espaço. Agência Espacial Brasileira, 2008, p.3-12.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de Solos**. 3.ed. Brasília, 2018. 353p.

FERNANDES, F.A.; FERNANDES, A.H.B.M.; SOARES, M.T.S.; PELLEGRIN, L.A.; LIMA, I.B.T. de. **Atualização do mapa de solos da planície pantaneira para o sistema brasileiro de classificação de solos**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2007. 6p. (Embrapa Pantanal. Comunicado técnico, 61).

FORMAN, R.T.T.; GODRON, M. **Landscape ecology**. New York: John Wiley, 1986. 619p.

FRANCO, M. de A. R. **Planejamento Ambiental: para a cidade sustentável**. São Paulo: Annablume: FAPESP: EDIFURB, 2001.

GUIMARÃES, F. S. et al. **Uma Proposta para Automatização do Índice de Dissecação do Relevo**. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 18, n. 1, 2017.

IBRAHIN, F. I. D. **Introdução ao geoprocessamento ambiental**. 1. ed. – São Paulo: Érica, 2014.

INMET. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DO BRASIL – **Normais Climatológicas (1981/2010)**. Brasília - DF, 2020. Acesso em 25 de fevereiro de 2020.

JELLYCOE, G.; JELLYCOE, S. **El paisaje del hombre: la conformación del entorno desde la prehistoria hasta nuestros días**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 1995.

LEITE, E. F. **Caracterização, Diagnóstico e Zoneamento Ambiental: O exemplo da bacia hidrográfica do Rio Formiga – TO**. Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia. Orientador: Roberto Rosa. Uberlândia: UFU, 2011.

LEITE, E. F.; CARVALHO, E. **Mudanças no uso e cobertura do solo no município de Miranda-MS analisados a partir da classificação de imagens-frações e cruzamentos matriciais**. Anais 5º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Campo Grande, MS, 22 a 26 de novembro 2014 Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p. 764.

LEITE, V.A.W. LEITE, E.F., 2016. **Suscetibilidade à erosão laminar no município de Miranda/MS**. Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, [online] 6. Disponível: <https://goo.gl/TCyAEu>. Acesso: 03 fev. 2017.

LOPES, L. G. N.; SILVA, A. G.; GOURLART, A. C. O. **A teoria geral do sistema e suas aplicações nas ciências naturais**. Natureza online, v. 13, n. 1, p. 1-5, 2015.

MARQUES-NETO, R. **A abordagem sistêmica e os estudos geomorfológicos: algumas interpretações e possibilidades de aplicação**. Geografia (Londrina), v. 17, n. 2, jul./dez, 2008.

MARTINS, S. S. **Fundamentos teóricos do planejamento e suas concepções.** In: Gestão e planejamento em serviço social. MARTINS, S. S.; SILVA, K.; LIMA, A. da S.; SANTOS, G. M. dos. Porto Alegre: SAGAH, 2018.

MATEO RODRÍGUEZ, J., VICENTE DA SILVA E.; CAVALCANTI, A.P.B. **Geoecologia das Paisagens. Uma visão geossistêmica da análise ambiental.** Editora UFC Fortaleza, Ceará, 2004, 222 p.

MATEO RODRÍGUEZ, J.- **Paisajes Naturales. Geografía de los Paisajes.** Primera Parte., Editorial Félix Varela, La Habana, 2011, 198 p.

MATEO RODRÍGUEZ, J.,E.V. da SILVA, R.SANCHEZ VICENS. **O legado de Sotchava.** Geographia. Ano 17. n.33. 2015. p.225-233.

MATEO RODRÍGUEZ, J. 2005. **La concepción sobre los paisajes vista desde la geografía.** Facultad de Geografía. Universidad de La Habana. La Habana.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. de. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto.** Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação.** 3. ed. UFV, 2012.

NEYMAN, Z. RABINOVIC, A. **Turismo e meio ambiente no Brasil.** Barueri – SP. Manole, 2010.

PCBAP. Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai, 1997. **Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai (Pantanal): Análise integrada e prognóstico da Bacia do Alto Paraguai.** Brasília.

POLETTE, M. **Paisagem: uma reflexão sobre um amplo conceito.** Turismo-Visão e Ação, v. 2, n. 3, p. 83, 1999.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y.; KUPLICH, T. **Sensoriamento remoto da vegetação.** Atualizada e ampliada. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

SANTOS, M. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção.** 1. ed. São Paulo: Edusp, 1996.

_____. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção.** 2. reimpr. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, v. 1, 2006.

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

SCOPEL, V. G. **Planejamento ambiental urbano: definições e objetivos.** In: Planejamento urbano. SCOPEL, V. G.; ARAÚJO, D.; GUERINI, E. E. S.; WAGNER, J.; MACHADO, V. de S. Porto Alegre: SER – SAGAH, 2018.

SILVA, V. C. de L.; SILVA, R. M. da. **Análise da Cobertura Vegetal em Lucena entre 1970/2005 usando Ecologia da Paisagem, SIG e Sensoriamento Remoto.** Caminhos da Geografia: Uberlândia v. 12, n. 37 mar/2011 p. 8 - 20. ISSN 1678-6343.

SILVA, R. C. da. **Planejamento e projeto agropecuário - mapeamento e estratégias agrícolas.** São Paulo : Érica, 2015. 1. Ed.

SILVA, J. S. V.; POTT, A.; ABDON, M. M.; POTT, V. J.; SANTOS, K. R. **Projeto GeoMS: cobertura vegetal e uso da terra do Estado de Mato Grosso do Sul.** Campinas, SP: Embrapa Informática Agropecuária, 2011a. 64 p. ISBN: 978-85-86168-05-5.

SOARES, A.F.; SILVA, J.S.V.; FERRARI, D.L. **Solos da paisagem do Pantanal brasileiro – adequação para o atual sistema de classificação.** In: 1º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Campo Grande, 11-15 novembro 2006, Anais. Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.275-284, 2006.)

SOTCHAVA, V. B. **O estudo de geossistemas. Métodos em questão.** São Paulo: Instituto de Geografia. USP. 1977. 51 p.

SOUZA LIMA, J. **Estudo Integrado da Paisagem, Geomorfologia e Geotecnologias: Proposta de Automatização dos Índices de Dissecação do Relevo.** Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto de Geociência. Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2018.

SUERTEGARAY, D. M. **Espaço geográfico uno e múltiplo.** Scripta Nova. Revista electrónica de Geografía y ciencias sociales, v. 5, n. 79-104, 2001.

VALENTE, R. O. A. **Análise da Estrutura da Paisagem na Bacia do Rio Corumbataí, SP.** Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba-SP, 2001.

OLAYA, V. **Sistemas de información geográfica.** Cuadernos internacionales de tecnología para el desarrollo humano, n. 8, p. 15, 2012.

YOUNG, R.H.; GREEN, D.R.; COUSINS, S. **Landscape ecology and geographic information systems.** New York: Taylor & Francis, 1993. 288 p.