



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GRASSO DO SUL
CÂMPUS DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

ADRIANA BILAR CHAQUIME DOS SANTOS

**ANÁLISE DA VULNERABILIDADE NATURAL DA PERDA DE SOLOS NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO VERMELHO/MS.**

AQUIDAUANA, MS
2022

ADRIANA BILAR CHAQUIME DOS SANTOS

**ANÁLISE DA VULNERABILIDADE NATURAL DA PERDA DE SOLOS NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIBERÃO VERMELHO/MS.**

Dissertação apresentada como exigência do curso de Mestrado em Geografia, do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Geografia, do Campus de Aquidauana da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, sob a orientação da Professora Dr^a Elisângela Martins de Carvalho e Coorientação do Professor Dr. Fábio Martins Ayres.

AQUIDAUANA, MS

2022

FOLHA DE APROVAÇÃO

ADRIANA BILAR CHAQUIME DOS SANTOS

**ANÁLISE DA VULNERABILIDADE NATURAL DA PERDA DE SOLOS NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO VERMELHO/MS.**

Dissertação apresentada, como exigência do curso de Mestrado em Geografia, do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Geografia, do Campus de Aquidauana da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, sob a orientação da Professora Dr^a Elisângela Martins de Carvalho e Coorientação do Professor Dr. Fábio Martins Ayres.

Resultado: _____

Aquidauana, 31 de março de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Professora Dr^a Elisângela Martins de Carvalho
Orientadora

Prof. Dr. Mauro Henrique Soares da Silva
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Câmpus Três Lagoas

Prof. Dr. Emerson Figueiredo Leite
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Câmpus Aquidauana

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, se não fosse pela minha fé, não teria motivos para acreditar que em algum momento da minha vida eu poderia realizar o sonho de concluir um mestrado em universidade pública.

Gratidão ao Emerson, Bianca e Beatriz, não tenho palavras para expressar o quanto vocês foram importantes nessa conquista, sempre acreditaram que eu poderia ir longe, quantas vezes suportaram meu nervoso, meu silêncio, minhas angústias, minha ausência...Muito obrigada, amo vocês!

Agradeço aos meus pais, aos meus familiares e amigos que apesar da distância física, sempre estiveram presentes em meu coração, Deus abençoe a todos!

Agradeço a Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, ao curso de Geografia unidade Campo Grande e todos que fazem parte, pois ali, em 2016, foi o início de um sonho. Aos meus colegas bacharéis que continuam na minha jornada, Ana Beatriz, Érica, Rodolfo e Édipo. Em especial ao professor Fábio Martins Ayres, pelos seus ensinamentos e sempre me motivando a crescer, disse que eu poderia fazer o mestrado e outra graduação ao mesmo tempo, e eu fiz!

Agradeço a Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, campus Aquidauana, a todos os professores e colegas de turma de 2020, não foi fácil, mas conseguimos!

Ao professor Emerson Figueiredo Leite pela confiança de ser meu orientador no primeiro ano do mestrado, por motivo de Pós Doutorado teve que se afastar, mas me deu o presente a orientação da professora Elisângela Martins de Carvalho que mesmo em pouco tempo já se tornou uma pessoa inesquecível em minha vida, me ensinou, ajudou, criticou e é um exemplo para mim. Obrigada professores, gratidão por tudo!

Agradeço a Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT) pela disponibilização da bolsa para a pesquisa.

Gratidão!

RESUMO

A fim de demonstrar as fragilidades e potencialidades que existem na região, o recorte escolhido foi a bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho, nos municípios de Aquidauana e Dois Irmãos do Buriti, inseridos na bacia hidrográfica do Rio Miranda. Nessa perspectiva, o objetivo geral da pesquisa é identificar a vulnerabilidade natural à perda de solo da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Vermelho em relação à perda de solo. Segundo a metodologia utilizada, o grau de vulnerabilidade das unidades territoriais básicas é identificado com base na morfogênese e pedogênese, com atribuição de graus de vulnerabilidade para cada unidade de paisagem, sendo elas: Geologia, Geomorfologia, Solo, Clima e Cobertura Vegetal. Os mapas temáticos foram desenvolvidos no *software QGIS 3.16 Hannover*, depois aplicada a ponderação. Os resultados obtidos mostram que 82.71% da área é considerada como moderadamente vulnerável, prevalecendo os processos de morfogênese; a classe medianamente estável/vulnerável corresponde a 17.29% da bacia; ocorre em áreas pontuais, em sua maior parte no baixo e médio curso do rio, considerado um ambiente com situações intermediárias, e ocorre um equilíbrio entre a morfogênese e a pedogênese. Portanto, o estudo sobre a vulnerabilidade natural à perda de solo da bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho demonstrou que essa bacia é naturalmente predisposta aos processos morfogênicos e que, embora apresente áreas vulneráveis, pode se manter e potencializar a conservação da vegetação, a qual é uma unidade territorial natural imprescindível para atenuar a erosão a perda de solo.

Palavras-Chave: Erosão do solo. Geoprocessamento. Cerrado.

ABSTRACT

In order to demonstrate the weaknesses and potentialities that exist in the region, the chosen cut was the watershed of Ribeirão Vermelho, in the municipalities of Aquidauana and Dois Irmãos do Buriti, inserted in the watershed of the Miranda River. In this perspective, the general objective of the research is to identify the natural vulnerability to soil loss of the Ribeirão Vermelho Watershed in relation to soil loss. According to the methodology used, the degree of vulnerability of the basic territorial units is identified based on morphogenesis and pedogenesis, with attribution of degrees of vulnerability to each landscape unit, namely: Geology, Geomorphology, Soil, Climate and Vegetation Cover. Thematic maps were developed in QGIS 3.16 Hannover software, then weighting was applied. The results obtained show that 82.71% of the area is considered as moderately vulnerable, with morphogenesis processes prevailing; the moderately stable/vulnerable class corresponds to 17.29% of the basin; occurs in specific areas, mostly in the lower and middle course of the river, considered an environment with intermediate situations, and there is a balance between morphogenesis and pedogenesis. Therefore, the study on the natural vulnerability to soil loss of the Ribeirão Vermelho watershed showed that this basin is naturally predisposed to morphogenic processes and that, although it presents vulnerable areas, it can maintain and enhance the conservation of vegetation, which is a essential natural territorial unit to mitigate erosion and soil loss.

Keywords: Soil erosion. Geoprocessing. Cerrado.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Vermelho.....	25
Figura 2- Médio Curso do Ribeirão Vermelho	26
Figura 3 - Fluxograma metodológico.....	27
Figura 4 -Mapa de localização dos pontos coletados no campo.....	31
Figura 5- Mapa de geologia da bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho.....	33
Figura 6- Afloramento da Formação Aquidauana na bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho.....	35
Figura 7-Mapa de estabilidade/vulnerabilidade de geologia da bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho	36
Figura 8- Mapa de dissecação vertical da bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho.....	38
Figura 9- Mapa de dissecação horizontal da bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho.....	39
Figura 10- Mapa de declividade da bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho.....	41
Figura 11- Mapa de estabilidade/vulnerabilidade de geomorfologia da bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho.....	42
Figura 12 - Mapa de solos da bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho.....	44
Figura 13 -Mapa de estabilidade/vulnerabilidade dos solos da bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho.....	47
Figura 14- Mapa de cobertura vegetal da bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho.....	49
Figura 15- Mapa de estabilidade/vulnerabilidade da cobertura vegetal da bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho.....	52
Figura 16 – Mapa de pluviosidade média da bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho.....	54
Figura 17- Mapa de estabilidade/vulnerabilidade da pluviosidade média anual da bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho.....	56

Figura 18 –Mapa estabilidade/vulnerabilidade da bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho.....	57
Figura 19 -Foto da declividade plana, pastagem e vegetação Savânica em área de equilíbrio entre morfogênese/pedogênese.....	59
Figura 20 – Foto da declividade um pouco mais acentuada.....	59
Figura 21 -. Foto A preparo do solo para o plantio, na porção noroeste da bacia, foto B, plantação de soja.....	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Escala de vulnerabilidade das unidades territoriais básicas.....	29
Tabela 2-Avaliação da estabilidade das categorias morfodinâmica.....	30
Tabela 3 – Pontos, coordenadas geográficas e descrição do campo.....	31
Tabela 4-Área, percentual e vulnerabilidade para geologia.....	34
Tabela 5-Intervalos, área, percentual e vulnerabilidade para dissecação vertical da bacia.	37
Tabela 6-Intervalos, área, percentual e vulnerabilidade para dissecação horizontal.....	40
Tabela 7– Classes, área, percentual, vulnerabilidade para declividade.....	40
Tabela 8-Classificação de estabilidade/vulnerabilidade para geomorfologia.....	43
Tabela 9-Área, percentual e vulnerabilidade para solos	43
Tabela 10-Classificação de estabilidade/vulnerabilidade para solos	48
Tabela 11-Área, percentual e vulnerabilidade para cobertura vegetal	48
Tabela 12-Classificação de estabilidade/vulnerabilidade para cobertura vegetal	51
Tabela 13 – Classificação pluviométrica da bacia	55
Tabela 14-Classificação de estabilidade/vulnerabilidade para a bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho.....	57

LISTA DE SIGLAS

- BDiA - Banco de Dados de Informações Ambientais
- CEMTEC - Centro de monitoramento do tempo e do clima em MS
- DPC - Duração de Período Chuvoso
- DH - Dissecação Horizontal
- DV – Dissecação Vertical
- EUPS -Equação Universal de Perda de Solos
- GIS – Geographic Information System
- GPS - Sistema de Posicionamento Global
- GRASS – Geographic Resources Analysis Support System
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia
- IP – Intensidade Pluviométrica
- KM – Quilômetro
- MDE – Modelo Digital de Elevação
- MNT – Modelo numérico do terreno
- PMA - Precipitação Média Anual
- RGB – Red, Green, Blue
- SIG – Sistemas de Informações Geográficas
- UTB - Unidades Territoriais Básicas

LISTA DE QUADROS

Quadro 01- Fonte de dados para elaboração dos mapas temáticos.....	28
--	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVOS	12
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
3.1.A Bacia hidrográfica como unidade de planejamento.....	13
3.2. Vulnerabilidade Natural à perda de solo.....	17
3.3. Geotecnologias aplicadas a estudos ambientais.....	21
4. ÁREA DE ESTUDO	25
5. MATERIAIS E METODOLOGIA	27
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
6.1 Geologia.....	33
6.1.1 Classes de Estabilidade/Vulnerabilidade -Geologia.....	36
6.1.2 Geomorfologia.....	37
6.1.3 Classes de Estabilidade/Vulnerabilidade-Geomorfologia.....	41
6.1.4 Solos.....	43
6.1.5 Classes de Estabilidade/Vulnerabilidade -Solos.....	46
6.1.6 Cobertura Vegetal.....	48
6.1.7 Classes de Estabilidade/Vulnerabilidade -Cobertura Vegetal.....	51
6.1.8 Clima.....	52
6.1.9 Classes de Estabilidade/Vulnerabilidade -Clima.....	55
6.1.10 Classes de Estabilidade/Vulnerabilidade -Ribeirão Vermelho.....	56
6.1.11 Recomendações sobre os Polígonos de Intervenção Antrópica	60
CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64

1. INTRODUÇÃO

A relação entre o homem e o ambiente natural para a geografia é importante, pois, juntos, modificam o espaço e dão continuidade para o desenvolvimento das relações sociedade e natureza. Porém, de certa forma, a exploração e o uso da paisagem sem planejamento pode trazer impactos socioambientais. É notório que essa discussão é necessária para compreender a complexidade da relação homem e natureza.

“O homem participa dos ecossistemas em que vive. Ele os modifica e, por sua vez, os ecossistemas reagem determinando algumas adaptações do homem (TRICART, 1997, p.17).” Sendo assim, a análise da paisagem é feita pela ótica de um sistema, na qual a inserção do homem na natureza pode ser um agente modificador, pois é parte fundamental para organizar o uso adequado do solo.

Nessa perspectiva, a pesquisa é desenvolvida no Estado de Mato Grosso do Sul, localizado no Centro-Oeste brasileiro, do qual duas importantes bacias hidrográficas do Brasil fazem parte, a do Paraná e a do Paraguai. Posição estratégica para a economia do país, possui 79 municípios, cuja capital é Campo Grande; o Estado é conhecido pelas belezas naturais e apresenta-se em expansão para o agronegócio e turismo.

Mato Grosso do Sul é rico em biodiversidade: os biomas Cerrado, Pantanal e Mata Atlântica fazem parte desse arcabouço de qualidades distintas. Dessa forma, a fim de demonstrar as fragilidades e potencialidades que existem na região, o recorte escolhido é a bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho inserida entre os municípios de Aquidauana e Dois Irmãos do Buriti, que estão localizados na bacia hidrográfica do Rio Miranda. A área é a bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho, envolta de paisagens cênicas, que possui um grande potencial para diversos segmentos econômicos, desde a agricultura até o ecoturismo.

Segundo Ross e Dell Prette (2011), utilizar a bacia hidrográfica como recorte natural permite uma análise integrada do ambiente, onde ocorrem diferentes formas de atuação no espaço físico, seja natural ou antrópico. Analisar diversos atributos dispostos na bacia que podem evidenciar a forma como essa paisagem está respondendo aos seus respectivos usos ou demonstrar sua vulnerabilidade natural torna-se relevante.

Nesse contexto, a dependência entre homem e ambiente natural compõe paradigmas para a ciência, na qual o âmbito da pesquisa científica contribui com informações relevantes para a sociedade como um todo. Nesse sentido, vale enfatizar a bacia hidrográfica como um sistema dinâmico cuja formação consiste em áreas distintas, naturais e antropizadas.

Diante dos processos de compreender o ambiente, o conceito de vulnerabilidade é aplicado em várias perspectivas. Belato et. al (2018) ressalta que o enfoque ambiental pode-se integrar a abordagem sistêmica visando entender as relações que ocorrem na área de estudo, enfatizando que o ambiente pode ser vulnerável e potencializado pelas ações que ali ocorrem.

Assim, é necessário analisar a paisagem e os aspectos físicos que são as variáveis que atestam as interversões diante a suscetibilidade existente, pois “[...] a vulnerabilidade envolve uma perspectiva multidimensional e que compreende a exposição de um sistema complexo aos riscos e a sua capacidade de resposta[...]” (SANTOS, 2015, p.79).

Para compreender como é e está a bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho, pode-se atribuir a perspectiva de vulnerabilidade, haja vista que a complexidade é a tensão entre a área e sua exposição suscetível aos danos, a qual pode ser natural ou antrópica (Luers,2005).

Diante da aplicação do conceito, “[...] o termo vulnerabilidade é utilizado na literatura com conotação negativa, sendo associado frequentemente à perda, desastre ou perigo. Sua acepção tem origem do verbo latim *Vulnerare*, cujo significado é ferir, causar danos” (SANTOS, 2014, p.13).

Dos elementos que caracterizam uma determinada área, o solo e a vegetação são os mais impactados pelas ações antrópicas. Dessa forma, a modificação da paisagem é resultado da conversão de áreas de vegetação nativa por monoculturas, como a soja, a cana-de-açúcar, a expansão agrícola e pastagem, resultando na perda da cobertura vegetal nativa (Fernandes; Pessoa, 2011).

A erosão é um processo natural do solo que acontece pelos arraste das partículas (SPÖRL,2007; PRUSKI, 2009), podendo ser potencializada pelo manejo inadequado do solo.

Nessa perspectiva, os elementos físicos como a rocha, a geomorfologia, o solo, a cobertura vegetal e a intensidade de chuvas na bacia, são subsídios conforme Crepani et. al (2001) para se entender a configuração da vulnerabilidade na paisagem.

Para o ordenamento e planejamento do território, seja em diversas escalas, é necessário um estudo técnico no qual as características físicas possam ser analisadas, correlacionando a ocupação antrópica, para que situações adversas possam ser evitadas, e o potencial do local possa ser explorado adequadamente.

Nesse contexto, a geografia tem um grande diferencial, porque é uma ciência que busca compreender essas relações, homem e meio, permitindo aos geógrafos uma análise crítica, a qual visa entender a dinâmica do meio natural e antrópico a partir de uma análise sistêmica integrada.

O uso do Geoprocessamento auxilia no processo de manipulação dos dados adquiridos, como o uso do sensoriamento remoto, que capta as imagens aéreas ou orbitais. Esses dados são transformados em informações, que podem ser aplicadas em diversos fins, como a vulnerabilidade natural relacionada à perda de solo de uma bacia.

Diante desse contexto, o trabalho pretende responder os seguintes questionamentos: as condições do uso do solo têm impactado a Bacia Hidrográfica do Ribeirão Vermelho? Como os condicionantes naturais potencializam a perda de solo na bacia?

A justificativa para o desenvolvimento da pesquisa e a escolha da área é a relevância ambiental e econômica da região, que está na transição do bioma pantanal, além de ser rico em biodiversidade, também pode ser explorado pela agricultura e pecuária e por isso faz-se necessário o conhecimento dessa paisagem e suas especificidades.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Analisar a vulnerabilidade natural da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Vermelho em relação à perda de solo.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar e mapear as unidades territoriais básicas;
- Aplicar álgebra de mapas na produção cartográfica de síntese;
- Avaliar a influência natural da vulnerabilidade à perda de solo na bacia.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. A Bacia hidrográfica como unidade de planejamento

As questões ambientais tornam-se evidentes a partir da década de 70, em que as grandes potências mundiais começam a elaborar diretrizes para amenizar os impactos causados pela ação antrópica sobre o meio. Diante disso, os recursos hídricos despertam a necessidade de gestão pelo uso, e a bacia hidrográfica é o recorte espacial atribuído a partir da década de 90 (PORTO; PORTO, 2008).

Para Almeida (2016, p.4), “a bacia hidrográfica é uma área que recebe água de chuva e consiste de um emaranhado de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem que formam os cursos d’água que fluem até o exutório”. Dessa forma, o escoamento superficial irá favorecer diretamente a erosão do solo na bacia hidrográfica.

A partir da adoção da bacia hidrográfica como objeto de análise, o ambiente é entendido a partir da relação dos seus condicionantes naturais e uso antrópico, pois a compreensão desse recorte espacial é feita de maneira integrada. Em relação à delimitação da bacia hidrográfica, Carvalho explica:

A delimitação da área e o reconhecimento do ambiente físico da bacia hidrográfica como visão estratégica do planejamento, traz à bacia hidrográfica a concepção de recorte territorial como célula de análise integrada, que permite a conexão entre a organização espacial dos grupos sociais e os aspectos do ambiente físico (CARVALHO, 2020, p.146).

Sob a perspectiva de análise e gestão, “é preciso considerar que a bacia hidrográfica facilita a gestão dos recursos hídricos, pois é por excelência a unidade geográfica para estudo de rede de drenagem por onde escoam a água, e integra a gestão da água e o gerenciamento dos recursos hídricos” (BARBOSA, 2019, p.138).

Dessa forma:

Deve-se assumir as bacias e micro bacias como a menor unidade de planejamento e ordenamento da paisagem e maior escala, fundamentalmente para elaboração de Zoneamentos Ecológicos-Econômicos -ZEE municipal pela sua capacidade de permear entre os ambientes urbano e rural e expor o caráter técnico-científico para transparente. (AYRES et al, 2021, p.20).

A área da bacia hidrográfica muitas vezes vai para além do recorte espacial político administrativo, pois, dependendo da sua escala, a bacia hidrográfica atinge diversos estados e até países. Nesse sentido, é necessário a integração para a gestão e diretrizes para políticas voltadas para o cuidado com as águas, tudo o que ocorre na bacia hidrográfica. De acordo com Wolkmer e Pimmel:

[...] a bacia hidrográfica impõe uma nova integração entre a divisão administrativa do espaço e os espaços naturais geográficos. A bacia hidrográfica como limites geográficos e administrativos foi recomendada em conferências internacionais para a governança da água, portanto, é preciso criar mecanismos institucionais e participativos neste nível (WOLKMER; PIMMEL, 2013, p.175).

Nesse sentido, a denominação de bacia hidrográfica fica em evidência nas discussões ambientais, porque através desse recorte espacial pode-se compreender a dinâmica desse sistema, cujo ambiente é organizado e dependente, sendo sistema:

[...] um conjunto de unidades com relações entre si. A palavra ‘conjunto’ implica que as unidades possuem propriedades comuns. O estado de cada unidade é controlado, [...], condicionada ou dependente do estado das outras unidades. Desta maneira, o conjunto encontra-se organizado em virtude das inter-relações entre as unidades, e o seu grau de organização permite que assume a função de um todo que é maior que a soma das suas partes (CHRISTOFOLETTI, 1979, p.1).

Nessa perspectiva, “o pensamento sistêmico empregado nos estudos geográficos tem em vista interpretar a complexidade que explica a organização de um sistema espacial segundo as interações que se processam entre os atributos formadores e que lhes confere caráter dinâmico e não-linear” (MARQUES NETO, 2008, p.69).

“A Teoria Geral do Sistema define sistema como complexo de componentes em interação, conceitos característicos das totalidades organizadas tais como interação, soma, mecanização, centralização, competição, finalidade, etc., e aplica-o a fenômenos concretos.” (VALE, 2012, p.91).

Então, um conjunto de unidades é estruturado de forma que suas características de elementos interligados sejam comuns, mas se interagem de forma dependente, cujo resultado é a resposta do conjunto total. Nessa perspectiva, a matemática auxilia na modelagem desse sistema:

A teoria “clássica” dos sistemas aplica a matemática clássica; isto é, o cálculo. Tem por finalidade enunciar princípios que se aplicam aos sistemas em geral ou a subclasses definidas (por exemplo, sistemas fechados e abertos), fornecer técnicas para sua investigação e descrição e aplicar estas técnicas para sua investigação. Devido à generalidade desta descrição, pode-se afirmar que certas propriedades formais se aplicarão a qualquer entidade enquanto sistema (sistema aberto ou sistema hierárquico etc.), mesmo quando sua natureza particular, suas partes e relações sejam desconhecidas ou não pesquisadas (BERTALANFFY, 1968, p.40).

Para Trevisan (2011), através do ciclo hidrológico, a bacia hidrográfica faz parte do sistema na qual a entrada de água se dá através da precipitação, e a saída de água do sistema se

dá pelo balanço hídrico, após o escoamento superficial que converge até o exutório, compreendendo a dinâmica das águas, sendo um indicativo da qualidade das águas superficiais.

Dessa forma,

Os sistemas apresentam ainda entrada e saída, input e output, respectivamente. A entrada é composta por aquilo que o sistema recebe, é o alimento do sistema, por exemplo, um rio recebe água da precipitação e sedimentos fornecidos pelas vertentes; a Terra recebe energia solar; um animal recebe alimentação. Pode-se exemplificar com outros tipos de entrada como uma fábrica que recebe matéria-prima para sua produção. Cada sistema é alimentado por determinados tipos de entradas. Essas entradas que o sistema recebe sofrem transformações em seu interior e, posteriormente, são enviadas para fora, isso constitui a saída ou o output, portanto, toda entrada corresponde a um tipo de saída (VALE, 2012, p.92).

Lima e Nery (2017, p.727) relatam que “a bacia hidrográfica como unidade de planejamento pode ser analisada a partir de uma abordagem sistêmica, pois existe um conjunto de elementos e de relações entre ela, o território e outros componentes”.

A quantidade das entradas de matéria e energia no sistema bacia hidrográfica associada aos condicionantes ambientais, como infiltração dos solos, declividades, ausência de vegetação natural, podem intensificar processos de degradação principalmente quando associado ao uso antrópico (CARVALHO, 2012, p.32).

A análise dos atributos existentes na bacia hidrográfica em seus aspectos físicos demonstra as interações ocorrentes, permitindo a compreensão da sua organização estrutural. Ao compreender a bacia hidrográfica sob a perspectiva sistêmica, é importante observar todas as interações dessa paisagem, não descartando a análise temporal, na qual a resiliência do meio é um fator relevante para entender os fatores que ali ocorrem

o sistema complexo pode ser definido como sendo composto por grande quantidade de componentes interatuantes, capazes de trocar informações com seu entorno e capazes, também, de adaptar sua estrutura interna como sendo consequências ligadas a tais interações [...] Neste sentido, entende-se que a natureza é não-linear (a resposta a um determinado distúrbio não é necessariamente proporcional à intensidade deste distúrbio), comportando-se como sistemas dinâmicos e caóticos (LIMBERGER, 2006, p.107).

Partindo desse pressuposto, analisar e modelar uma paisagem não é simples, pois trazer o mundo real para cenários matemáticos requer metodologias, especificamente tratando-se da ciência geográfica. Para integrar esse ambiente complexo, há os elementos estruturais naturais junto com elementos antrópicos que, através da dinâmica sistêmica, moldam a paisagem.

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. (SILVA; LEITE, 2020, p.16).

Assim, “...a bacia hidrográfica pode ser então considerada um ente sistêmico” (PORTO; PORTO, 2008, p.4), na qual os elementos que configuram esse recorte natural da paisagem são as interações das trocas de energias. Através do balanço hídrico, entrada da chuva e saída de água, a cobertura vegetal e ações antrópicas no uso do solo são componentes que podem evidenciar o comportamento dessa bacia.

“O princípio básico do estudo de sistemas é o da conectividade. Pode-se compreender um sistema como um conjunto de elementos com um conjunto de ligações entre esses elementos; e um conjunto de ligações entre o sistema e seu ambiente, isto é, cada sistema se compõe de subsistemas, e todos são parte de um sistema maior, onde cada um deles é autônomo e ao mesmo tempo aberto e integrado ao meio, ou seja, existe uma inter-relação direta com o meio.” (LOPES et al, 2015, p.4).

A bacia hidrográfica é utilizada para entender o sistema integrado na paisagem, assim, pode-se observar os aspectos naturais e antrópicos, sendo que suas interações vão demonstrar como está o meio em detrimento a esse recorte espacial. Essa unidade da paisagem corrobora o planejamento ambiental:

Cresceu enormemente o valor da bacia hidrográfica como unidade de análise e planejamento ambientais. Nela é possível avaliar de forma integrada as ações humanas sobre o ambiente e seus desdobramentos sobre o equilíbrio hidrológico, presente no sistema representado pela bacia de drenagem. (BOTELHO; SILVA, 2004, p. 155).

Através das interações que acontecem na bacia hidrografia, pode-se compreender de que forma o meio está respondendo às ações recorrentes na perspectiva de uma visão integrada. “Não podemos estudar o solo, o clima, a água, a vegetação de forma isolada e sim deve prevalecer a visão integrada e sistêmica” (TROPPEMAIR, 1980, p. 99).

O sistema é conjunto de acontecimentos que ocorrem perante os fluxos de matéria e energia e, para entender o comportamento diante da dependência entre si, contudo, a dinâmica própria é a resposta da propriedade de um sistema (Tricart, 1977).

Na perspectiva de análise da paisagem, é necessário um recorte espacial para compreender as dinâmicas de interação, seja natural ou antrópica. Assim, as bacias hidrográficas são as divisões geográficas naturais que traduzem o comportamento e as especificidades desta área, conforme seus atributos e arranjos espaciais.

Como escala de análise da paisagem para diversos fins socioambientais, “a bacia hidrográfica é a unidade fundamental, considerando seu caráter integrador e sistêmico, presente nos instrumentos de legais e de gestão, sobretudo ambiental” (AYRES 2018, p.19).

A abordagem de análise de uma bacia hidrográfica não se limita ao recorte administrativo de um espaço geográfico, mas compreende-se as inter-relações sistêmicas que acarretam diferentes respostas, conforme Barbosa (2019). Faz-se necessário entender a disposição dos componentes naturais e o uso do solo, para que, dessa forma, os aspectos correspondentes exponham a qualidade da bacia em questão.

Nesse contexto, a forma como está a cobertura do solo na bacia vem influenciar diretamente a qualidade e a quantidade da água nesse ambiente. Em ambientes rurais, as atividades agropecuárias devem ser desenvolvidas visando a preservação das áreas ocupadas.

No ambiente das atividades rurais existe, de forma geral, uma grande interação entre vegetação, solo e a água. Podemos até dizer que não há como considerar diretamente a preservação da quantidade e da qualidade da água. Deve-se, isso sim, considerar, planejar e realizar a preservação do solo e da vegetação e, apenas como consequência dessa ação, haverá a preservação das águas (ROMERA E SILVA, 2009, p.27).

Para Chueh (2004, p.28) “compreender as alterações decorrentes das transformações dos tipos de uso do solo é essencial na manutenção do equilíbrio ambiental, principalmente na preservação dos recursos hídricos e dos solos”. Assim, é fundamental compreender as respostas das atividades decorrentes sobre a cobertura do solo, para que ações de preservação e mitigação dos impactos sejam realizadas.

Considerando a vertente de analisar e compreender a bacia hidrográfica na ótica sistêmica, busca-se compreender a paisagem e seu comportamento mediante as relações do meio natural e as atividades antrópicas recomendáveis para a área desenvolvida na bacia.

Nesse contexto, todos os elementos são relevantes para compreender o meio, para que as informações sejam norteadoras e possam mitigar os possíveis impactos. Assim, é importante analisar quais as vulnerabilidades de determinadas áreas considerando os aspectos naturais e as possíveis influências antrópicas.

3.2. Vulnerabilidade Natural à perda de solo

Diante dos processos de compreender o ambiente, o conceito de vulnerabilidade é aplicado em várias perspectivas. Belato et al. (2018) ressalta que o enfoque ambiental pode se integrar à abordagem sistêmica visando entender as relações que ocorrem na área de estudo, enfatizando que o ambiente pode ser vulnerável e potencializado pelas ações que ali ocorrem.

É importante salientar que todo e qualquer local se encontra susceptível e influenciável por mais de um elemento, como por exemplo pelo tipo de solo, declividade do terreno, uso e ocupação do solo e clima. Consequentemente, a vulnerabilidade associada ao local também dependerá de um conjunto de variáveis (PAGLIARINI, 2018, p.14).

Assim, cabe analisar o meio físico de acordo com as variáveis que atestam as interversões diante a suscetibilidade existente, pois “[...] a vulnerabilidade envolve uma perspectiva multidimensional e que compreende a exposição de um sistema complexo aos riscos e a sua capacidade de resposta[...]” (SANTOS, 2015, p.79).

As relações dos fatores físicos, como as condições geológicas, geomorfológicas, pedológicas e de cobertura vegetal natural indicam, pela sua própria classificação, a vulnerabilidade natural, pois desconsidera até aí, uma influência do homem como condicionante das vulnerabilidades (OLIVEIRA; MATTOS, 2014, p.161).

“Vulnerabilidade ambiental é definida como sendo o grau, numericamente quantificado, de susceptibilidade, fragilidade ou risco que determinado espaço geográfico possui frente à ocorrência de algum impacto em seu ecossistema” (PAVININ, 2017, p.19).

Vulnerabilidade pode ser definida ainda pela ausência de condições que sustentam a integridade da estrutura e dinâmica de uma determinada paisagem, resultando em mudanças e transformações representativas no contexto da totalidade. Este conceito pode significar estar susceptível à transformação de um estado inicial a um estado atual transfigurado pela ação antrópica (SILVA NETO; ALEIXO, 2016, p.255).

Os processos morfogênicos e pedogênicos são fatores relevantes para compreender a paisagem, nessa perspectiva, a vulnerabilidade à perda de solos acontece de forma natural, mas o uso do solo pode influenciar esse dano. “A vulnerabilidade erosiva é discutida como fator potencial a perda de camadas superficiais do meio físico (solos). Tem influência de variáveis naturais (declividade e chuvas), impulsionadas por atividades humanas que alteram o ambiente” (OLIVEIRA; FEHR, 2019, p.2429).

Em relação aos processos erosivos, Corrêa (2018) destaca que normalmente elas começam como um procedimento de limpeza superficial dos solos, nomeada como lixiviação ou erosão laminar, na qual a ação das chuvas e dos ventos intensificadas ocasiona buracos e linhas sobre o solo ou erosões em sulcos ou sulcos erosivos.

As erosões em sulcos são pequenas incisões em forma de filetes muito rasos e ocorrem nas linhas de maior concentração das águas de escoamento superficial (Almeida Filho, 2014).

Tomazini e Guimarães (2005) descrevem que, embora seja muito relevante, a erosão laminar é um tipo de erosão que não é tão nítida, ocorre quando as gotas de chuva ao cair no

solo rompem os grânulos e torrões, dificultando a infiltração da água no solo, ocasionando a erosão laminar.

Corroborando a discussão:

As feições erosivas lineares (sulcos, ravinas e voçorocas) são descritas como sinais de instabilidade dos sistemas geomorfológicos. Sua classificação é sintetizada como sendo: sulcos, feições de pequenas dimensões resultantes do escoamento concentrado da água na encosta; ravinas, feições alongadas resultantes do processo do escoamento concentrado da água; e voçorocas, canais esculpidos pelo afloramento do lençol (ALMEIDA FILHO, 2014, p.694).

Logo, sobre as consequências do manejo do solo, pode-se observar que “os processos de erosão laminar, ravinas e voçorocas provocadas pelo uso e ocupação do solo, baseados em uma política desenvolvimentista e expansionista do país, ocasionaram diversos níveis de degradação do solo no estado de Mato Grosso do Sul” (MATO GROSSO DO SUL, 2015, p.40).

De acordo com Demarchi et al. (2019), a inclinação da área é outro fator que influencia fortemente as perdas de solo e água por erosão hídrica, pois, quanto maior a declividade, maior será o volume de água e a velocidade do escoamento superficial e assim, a diminuição da infiltração de água no solo, na qual as partículas de chuva ocasionam a desagregação do solo, e os sedimentos são depositados nas áreas mais baixas.

O mapa de suscetibilidade à erosão representa uma importante ferramenta de diagnóstico ambiental, pois facilita a obtenção de informações para a gestão visando o desempenho de tempo e recursos. Além disso, o mapa de índices é um instrumento efetivo para o ordenamento territorial, pois tem a capacidade de apontar os conflitos de uso e direcionar técnicas para a contenção das perdas de solo e, conseqüentemente, reduzir a produção de sedimentos (CECONI et al, 2018, p.15).

Carvalho (2012) salienta que, dependendo do tipo de uso e ocupação da terra, além de comprometer o solo, também afeta a qualidade das águas superficiais. Assim, os sedimentos são depositados nos corpos hídricos, podendo afetar a quantidade e a qualidade da água.

Castro (2019) ressalta a ausência de cobertura vegetal como um dos fatores relacionados aos processos erosivos. Muito embora os processos erosivos dependam de outras variáveis como das características físicas dos solos, a permeabilidade, a capacidade de armazenamento, a topografia, o uso e ocupação dos solos, é notável a importância do escoamento superficial e da pluviosidade (PETSCH; SANTOS, 2015).

A perda de solo está diretamente intrínseca ao fator cobertura vegetal e suas interações e, nessa perspectiva, o bioma Cerrado está em constante processo de vulnerabilidade, haja vista

que a conversão da mata nativa em áreas produtivas é característica marcante desse ambiente, conforme Campos Filho (2010):

Uma das características do Cerrado brasileiro o torna estrategicamente importante na disputa por ampliação de áreas para produção de alimentos. A rica hidrografia, aliada às situações climáticas bem definidas, sem as grandes alterações que ocorrem em outras regiões, fazem deste bioma um objeto de cobiça disputado por grandes empresas agrícolas (p.93).

Entre as variadas metodologias para demonstrar a perda de solo, a modelagem utilizada pode ser qualitativa (origem da erosão) e quantitativa (estimar os fenômenos). A mais utilizada para quantificar a perda de solo é a Equação Universal de Perda de Solos (EUPS), a sua Equação (1) é descrita como: $A = R.K.L.S.C.P$, que significa:

A = perda de solo calculada por unidade de área, t/ha;

R = fator chuva: índice de erosão pela chuva, (MJ/ha.mm/ha)

K = fator erodibilidade do solo: intensidade de erosão por unidade de índice de erosão da chuva, para um solo específico que é mantido continuamente sem cobertura, mas sofrendo as operações culturais normais, em um declive de 9% e comprimento de rampa de 25m, t/ha/ (MJ/ha.mm/ha);

L= fator comprimento do declive: relação de perdas de solo entre um comprimento de declive qualquer e um comprimento de rampa de 25m para o mesmo solo e grau de declive;

S = fator grau de declive: relação de perdas de solo entre um declive qualquer e um declive de 9% para o mesmo solo e comprimento de rampa;

C = fator uso e manejo do solo: relação entre perdas de solo de um terreno cultivado em dadas condições e as perdas correspondentes de um terreno mantido continuamente descoberto, isto é, nas mesmas condições em que o fator K é avaliado.

P = fator da prática conservacionista: relação entre as perdas de solo de um terreno cultivado com determinada prática e as perdas quando se planta morro abaixo. (CARVALHO; LEITE,2015, p. 91).

Alguns autores utilizaram a EUPS para avaliar a erosão hídrica, como, Maciel (2000), Oliveira (2004), Matos (2015), Petsch; Santos (2015). “Enquanto o modelo EUPS prevê os transportes e perdas anuais de solo por erosão hídrica, a MEUPS prevê a produção de sedimentos oriundos de pequenas e médias bacias hidrográficas e em determinado exutório (talvegue, córrego ou reservatório)” (CORRÊA et. al, 2018, p.4655).

“[...] A vulnerabilidade à perda de solos merece indispensável atenção e cuidados, pois consiste no desprendimento e carregamento de suas partículas pela ação da água e do vento” (SANTOS; ALMEIDA,2019, p. 292). Os autores supracitados aplicaram a metodologia de Crepani et.al. (2001) e concluíram que o solo exposto e a pastagem estão associadas à alta vulnerabilidade dos processos erosivos do solo, na concepção de Martins:

A degradação ambiental está diretamente relacionada com as atividades antrópicas em uma bacia hidrográfica, enquanto que a vulnerabilidade natural

está relacionada às modificações naturais que um ecossistema apresenta devido à conformação geomorfológica da área. Assim, é necessário compreender as características morfométricas de bacias hidrográficas para definir a vulnerabilidade natural de um sistema (MARTINS, 2020, p.12).

A metodologia de Crepani et al (2001) recomenda as unidades territoriais básicas e podem ser divididas em duas categorias: as “unidades de paisagem natural” e os “polígonos de intervenção antrópica”, para que possam promover a integração de dados sobre uma imagem e assim, sendo interpretada de acordo com o meio físico e antrópico.

Silva (2020) abordou em sua pesquisa a metodologia de Crepani et al (2001) para mensurar a vulnerabilidade das paisagens de Miranda, os resultados foram satisfatórios, porém, indicou que se utilize uma escala menor para análise.

Nessa perspectiva, sobre a aplicação da metodologia de Crepani et al (2001), “é importante salientar que todo e qualquer local se encontra susceptível e influenciável por mais de um elemento, como por exemplo pelo tipo de solo, declividade do terreno, uso e ocupação do solo e clima (PAGLIARINI, 2018, p.14)”.

Dessa forma, o auxílio tecnológico é imprescindível para trabalhar os dados geoespaciais. Nesse sentido, o *hardware* e o *software* são instrumentos para modelar a paisagem de acordo com os objetivos propostos na pesquisa, resultando num arcabouço de informações para a análise da bacia.

3.3 - Geotecnologias aplicadas a estudos ambientais

Para modelar a paisagem e interpretá-la, de modo que as informações obtidas sejam mais precisas possíveis, “as geotecnologias se apresentam como importante instrumento na identificação de áreas vulneráveis, principalmente em locais de relevo acidentado e áreas nas quais estão inseridas as bacias e microbacias hidrográficas” (NASCIMENTO-MACHADO et al., 2017, p.161).

Os softwares e os programas computacionais estão cada vez mais inteligentes para processar algoritmos de precisão, nos quais pode-se analisar o espaço geográfico e extrair dados com finalidade diversificada. Todavia, ainda é fundamental que um técnico/pesquisador saiba o que fazer com tantas informações existentes.

As geotecnologias são o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e oferta de informação com referência geográfica. As geotecnologias são compostas por hardware, software e peopleware que juntas constituem poderosas ferramentas para tomada de decisão. Dentre as geotecnologias podemos destacar: sistemas de informação geográfica, cartografia digital, sensoriamento remoto e o sistema de posicionamento global (ROSA, 2005, p. 81).

Rosa (2005) vem contribuir sobre as geotecnologias como práticas da geografia, nas quais o geoprocessamento engloba os sistemas de informações geográficas, o sensoriamento remoto, a cartografia digital, o sistema de posicionamento global (GPS) e topografia, que são sistematizadas pela coleta, armazenamento, tratamento e análise, que resulta no produto final desses dados espaciais

Para o referido autor, “também conhecidas como ‘geoprocessamento’, as geotecnologias são o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e oferta de informações com referência geográfica” (ROSA, 2005, p.81).

“O geoprocessamento ou processamento de dados geográficos é feito através de técnicas matemáticas e computacionais e realiza o tratamento de informações geográficas em ambiente virtual” (OLIVEIRA *et al*, 2018, p.27).

O geoprocessamento engloba diversos segmentos de tecnologias, como os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), um conjunto de instrumentos para modelar os dados e transformar em informações para a análise da paisagem. “*A Geographic Information System (GIS) is a computer-assisted system for the acquisition, storage, analysis and display of geographic data*” (EASTMAN, 2003, p.9).

Nesse contexto, a otimização do tempo é um fator relevante, pois a tecnologia associada aos dados geoespaciais permite a análise da paisagem de forma rápida e eficaz, portanto:

Atualmente a utilização de Sistemas de Informação Geográfica, juntamente com técnicas de geoprocessamento, permite que o levantamento e o processamento dos dados sejam realizados mais rapidamente, exigência, muitas vezes, da dinâmica do próprio evento modelado, possibilitando a obtenção de resultados mais consistentes, confiáveis e de fácil validação (CORREIA *et. al*, 2015, p.1200).

O geoprocessamento possibilita uma diversidade de estudos que podem ser aplicados na paisagem. Por este viés, as questões ambientais são fundamentais não só para a geografia, mas em todo contexto científico e profissional, para a compreensão de fatores relacionados ao uso do solo. Nessa perspectiva:

Uma das formas consagradas da aplicação do uso das geotecnologias é nas pesquisas ligadas a análise ambiental, sobretudo, nos estudos relacionados às bacias hidrográficas por meio de dados orbitais de sensoriamento remoto, em que por meio do processamento digital de imagens é possível obter-se uma análise sobre a cobertura e o uso da Terra, subsídios aos estudos de potencialidades e fragilidades ambientais (NUNES; LEITE, 2014, p.122).

Nesse contexto, a cartografia auxilia no produto final das informações geradas a partir dos processamentos dos dados, e seu resultado, o mapa final, propicia na análise e resultado da

pesquisa. Dessa maneira, uma das técnicas utilizadas para captar as informações geoespaciais que subsidiará os dados para investigação do espaço geográfico é o Sensoriamento Remoto.

É importante compreender a reflectância de cada elemento físico, ou seja, cada resposta espectral do solo, das rochas e da cobertura vegetal, pois é através desses parâmetros que as técnicas do geoprocessamento irão transformar em algoritmos matemáticos que poderão ser modelados e espacializados, traduzindo o mundo real para o computacional.

No Sensoriamento Remoto, a plataforma é o suporte para os sensores, que são de características diversas, com várias especificações desde a captura da cena de altitudes diferentes até observações fixas e temporais. Para compreensão das informações obtidas, os sensores trabalham (captam) de diversos ângulos e basicamente dependem da resolução espacial, da resolução espectral e da resolução radiométrica dos dados obtidos pelo sensoriamento remoto (NOVO, 2010).

Uma das grandes vantagens do auxílio do sensoriamento remoto é o baixo custo em suas aplicações, pois os dados disponíveis são públicos, então, qualquer imagem do globo terrestre pode ser captada e analisada. Essas imagens (cenas) servem para qualquer tipo de pesquisas sobre o espaço geográfico e assim compreender as ações antrópicas sobre o meio.

Over land surfaces, we can measure tectonic motion, topography, temperature, albedo (reflectance) and soil moisture content, and determine the nature of the land cover in considerable detail, for example by characterizing the type of vegetation and its state of health or by mapping man-made features such as roads and towns (REES, 2012, p.5).

Para processar e analisar os dados, é necessário quantificar o raster ou vetor, que pode ser distância, perímetro, área e volume. Para os dados no formato raster, a precisão das medidas é limitada pelo tamanho da célula e, nos dados no formato vetorial, a precisão das medidas é limitada pela precisão da localização dos dados armazenados, segundo Câmara e Medeiros (1998).

As álgebras de mapa são equações aplicadas a um grupo de rasters que contenham características semelhantes quanto ao seu retângulo envolvente, linhas e colunas. Isso porque durante o processo matemático o software precisa encontrar relação numérica pixel a pixel de todas as camadas raster de entrada (MINAS GERAIS, 2019, p.101).

Diante desse contexto, Câmara e Medeiros (1998) descrevem sobre a tabulação cruzada que possibilita calcular a área de cruzamento entre as classes de dois planos de informação na qual os dados no formato raster são utilizados para realizar esta operação. Assim, os Operadores de vizinhança selecionam uma área localizada da bacia para uma certa distância de uma feição de interesse, como raio e cota, com o resultado do entorno da área.

Câmara e Medeiros (1998) enfatizam que existem várias metodologias para proporcionar a precisão dos dados durante o tratamento; podem ser usadas para apresentar um relatório resumido do banco de dados, ou para gerar um novo dado durante as análises. Nesses métodos estão a Estatística Descritiva, o Histograma, os Valores Extremos e a Correlação, que podem ser aplicados para diversos fins.

Também a aplicação da álgebra de mapas que “compõe uma linguagem especializada para realizar operações que tem tanto um sentido matemático quanto cartográfico e espacial” e são agrupadas em três grupos: Pontuais, Vizinhança e Zonais, assim são produzidos novos resultados a partir da manipulação dos mapas (BARBOSA et al, 1998, p. 488).

Portanto, analisar e modelar a paisagem desenvolve subsídios para “determinar como uma ação se insere na dinâmica natural, para corrigir certos aspectos desfavoráveis e para facilitar a exploração dos recursos ecológicos que o meio oferece” (TRICART, 1977, p. 35).

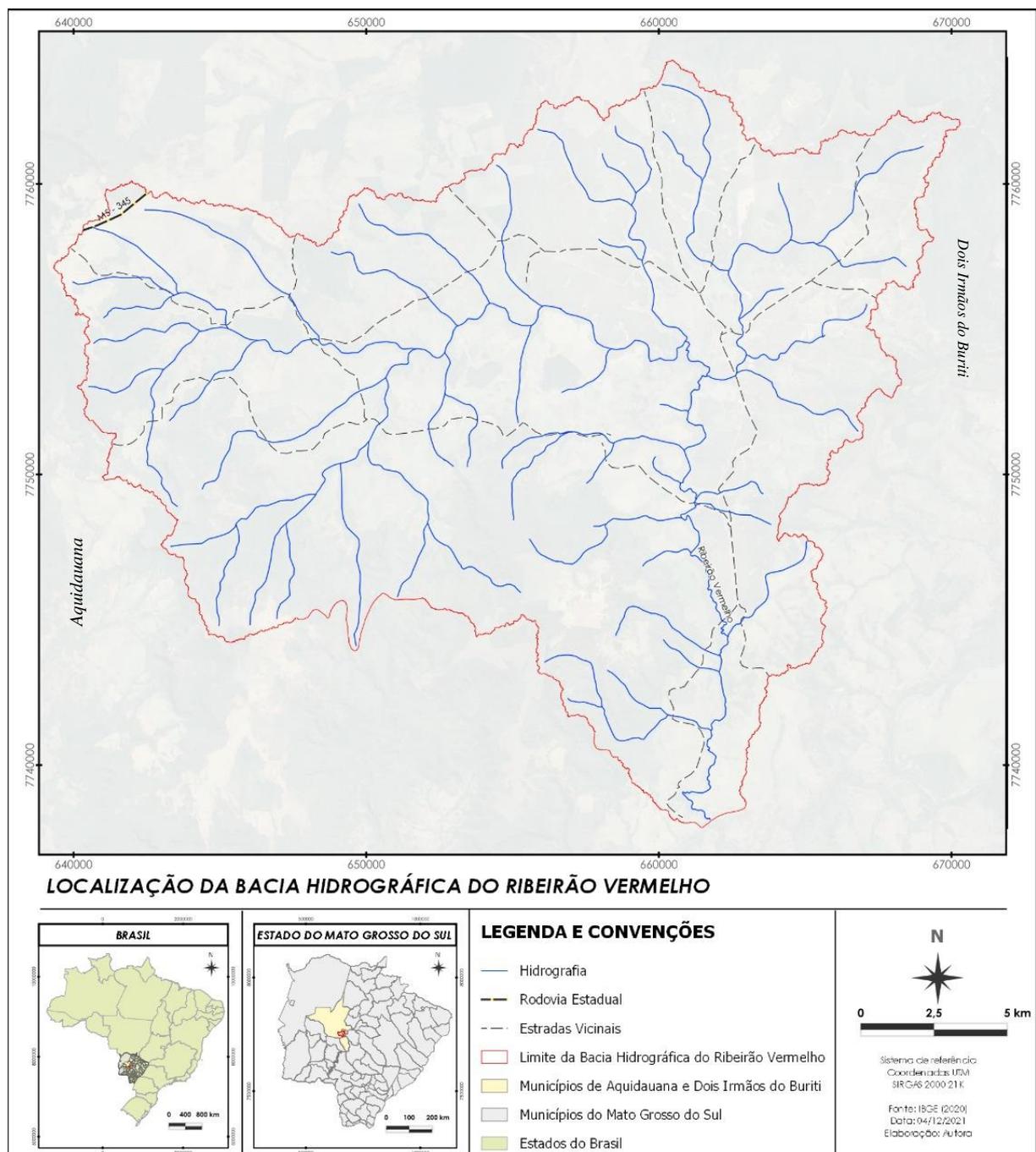
O próximo item traz a caracterização da área de estudos, que é a bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho, que traz sua relevância mencionada no Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Miranda, elaborado em 2015.

4. ÁREA DE ESTUDO

4.1 – Localização da área de estudo

A área de estudo, a Bacia Hidrográfica do Ribeirão Vermelho localiza-se no Estado de Mato Grosso do Sul, entre as coordenadas geográficas $55^{\circ}39'54''$ e $55^{\circ}21'57''$ de longitude oeste e $20^{\circ}12'41''$ S e $20^{\circ}27'06''$ de latitude sul, conforme a figura 1. Sua área está inserida a sudoeste do município de Aquidauana e ao norte do município de Dois Irmãos do Buriti, possui área de 451,65 km², e seu rio principal dá nome à bacia.

Figura 1: Mapa de Localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Vermelho.



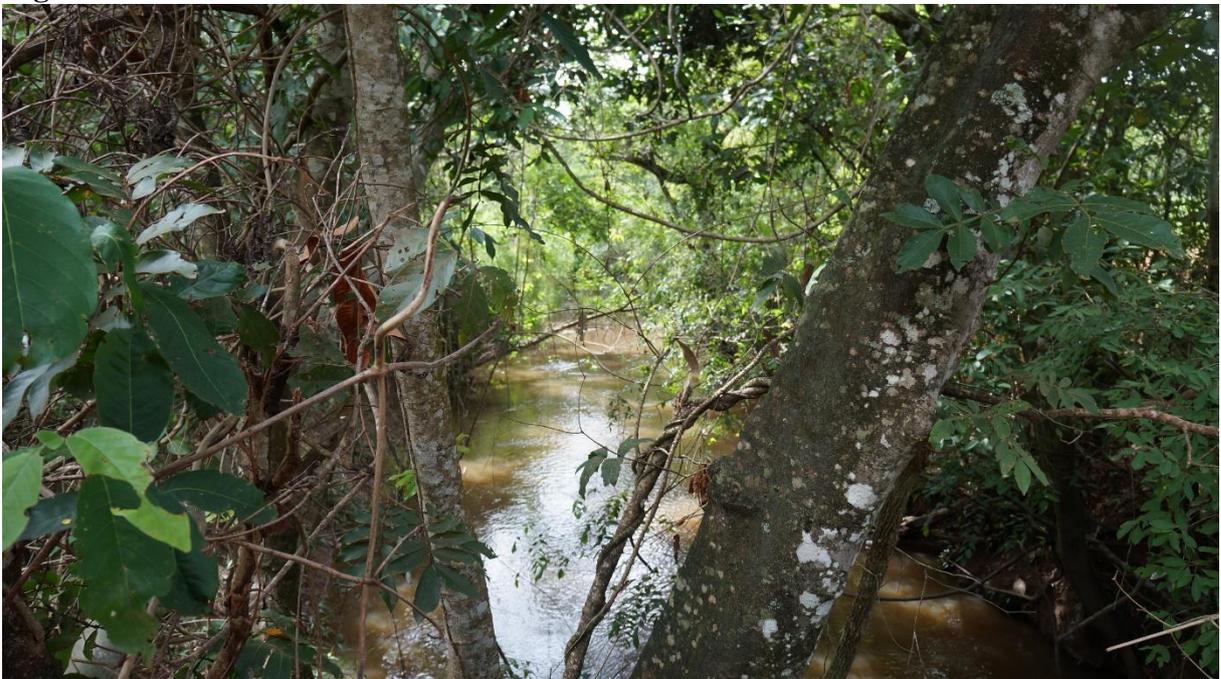
O município de Aquidauana possui uma área de 16.957,751 km², é distante da capital 131 km, a população no perímetro urbano de Aquidauana foi estimada em 48.184 pessoas no censo (IBGE, 2021).

O município de Dois Irmãos do Buriti possui área de 2.431,609 km², população estimada de 11.547 pessoas (IBGE, 2021). A pecuária e agricultura são fatores que contribuem para a economia dos municípios.

A localização é contemplada pelas paisagens naturais, cuja beleza cênica atrai pessoas de diversos lugares. Na perspectiva do ecoturismo, Aquidauana está inserida na “Rota Pantanal” e Dois Irmãos do Buriti está inserido na rota “Caminhos dos Ipês”, de acordo com dados do turismo, (MATO GROSSO DO SUL, 2016).

A bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho como qualquer outra área hídrica precisa de atenção sobre as ações que ocorrem na área. Nessa perspectiva, as matas ciliares têm a função de proteger as margens dos corpos hídricos, sendo fundamental para a conservação desse ambiente. A figura 2 demonstra a imagem do Ribeirão Vermelho com a presença de mata de galeria.

Figura 2: Médio curso do Ribeirão Vermelho.



Fonte: Autora, 17/12/21.

Para analisar a vulnerabilidade natural da bacia, a metodologia adotada é o estudo de vulnerabilidade natural a perda de solo, mediante as variáveis naturais e seu grau de estabilidade/vulnerabilidade, proposta por Crepani et al (2001).

5. METODOLOGIA

A metodologia utilizada foi fundamentada em Crepani et al (2001), e buscou identificar a vulnerabilidade natural à perda de solos. Segundo a metodologia, o grau de vulnerabilidade das unidades territoriais básicas (utb) é identificado com base na morfogênese e pedogênese, com atribuição de graus de vulnerabilidade para cada unidade de paisagem (Geologia, Geomorfologia, Solo, Clima e Cobertura Vegetal). A figura 3 demonstra o fluxograma das etapas metodológicas.

Figura 3 - Fluxograma metodológico.



Fonte: Elaboração da autora.

Os mapas temáticos foram desenvolvidos no *software QGIS 3.16 Hannover*, é um aplicativo profissional GIS livre e de Código Aberto, e todo o conteúdo está sob a licença *Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0 (CC BY-SA)*.

Para delimitar o limite da bacia e das redes de drenagem foi utilizado um Modelo Digital de Elevação (MDE) do satélite Alos Palsar, com resolução de 12,5 metros. No *software QGIS* o raster foi aberto, na barra de ferramentas foi utilizada a função *r.fill.dir* que filtra e gera um mapa de elevação sem depressão, de Jenson e Domingue (1988), e depois foi utilizada a função *r.fill.dir* para gerar a direção de fluxo e depois a drenagem em *r. watershed*.

Além disso, foram utilizadas as cartas topográficas do Ministério do Exército para conferir as informações sobre o limite da bacia e rede de drenagem (quadro 01).

Após a elaboração do mapa base, os mapas temáticos foram desenvolvidos no software QGIS, executou-se o *download* dos arquivos no site de Banco de Dados de Informações Ambientais (BDiA). Os arquivos vetoriais utilizados foram: solos, geologia, e cobertura vegetal dos municípios de Aquidauana e Dois Irmãos do Buriti.

Quadro 01: Fonte de dados para elaboração dos mapas temáticos

DESCRIÇÃO	VARIÁVEIS	ESCALA	INSTITUIÇÕES
MAPA BASE	Vetorização da Bacia	1:100.000	BDSGEx
	Raster	1:62.500	ASF/Alaska
MEIO FÍSICO	Geologia	1:250.000	BDiA/IBGE
	Solos	1:250.000	BDiA/IBGE
	Cobertura vegetal	1:250.000	BDiA/IBGE
	Clima	1:250.000	INMET
	Geomorfologia	1:250.000	SRTM/TOPODATA

Fonte: Elaboração da autora.

Para a obtenção da Geomorfologia, foram utilizados os dados do Banco de Dados de Informações Ambientais – BDiA, compatíveis com a escala 1:250.000, recortados para o limite da bacia. Segundo Crepani et.al (2001) é necessário média simples de três variáveis físicas da paisagem, o grau da amplitude altimétrica (dissecação vertical) + a amplitude interfluvial (dissecação horizontal) + declividade do relevo. Somadas, representam a vulnerabilidade para o tema Geomorfologia.

A elaboração da dissecação vertical (dv) e dissecação horizontal (dh) seguiu as etapas propostas por Guimarães et. al (2017). No software QGIS, o primeiro procedimento realizado foi a geração do MDE sem depressão. Posteriormente foi realizada a inversão do MDE para trazer as bases para os topos e geração da direção de fluxo.

Na sequência, foram geradas as meias-bacias, que foram vetorizadas (raster para shapefile). Foram atribuídos aos dados dos vetores os valores do MDE sem depressão através das *estatísticas zonais*, das quais foi extraído o intervalo, que é a amplitude altimétrica (dv).

Para a geração da dissecação horizontal, na tabela de atributos foi calculada a área e o perímetro das meias-bacias. Depois, a respeito do comprimento da bacia (perímetro/2), na sequência, foi calculada a largura média da bacia (área/comprimento da bacia) = dh.

A próxima etapa foi reclassificar as classes obtidas segundo a metodologia do autor supracitado, transformando as variáveis contínuas em categóricas, atribuindo os respectivos pesos para as classes na calculadora de campo.

Para gerar a declividade, foi utilizado o comando do GRASS: *r. slope. Aspect* para extrair do MDE a declividade em porcentagem, que também foi reclassificada através das classes proposta por Crepani et al. (2001). Com a dissecação vertical, dissecação horizontal e a declividade, na calculadora raster foi realizada a soma, e o resultado é a geomorfologia da bacia.

Para a elaboração do mapa pluviométrico, foram utilizados os dados do INMET, no período de 1981 até 2010, as normais climáticas. Foi realizado o download dos dados das estações próximas dos municípios da bacia, depois a tabela foi exportada em arquivo csv para o QGIS. No software, os pontos foram transformados em shapefile, depois em raster, recortado para o limite depois classificado e categorizado.

Para a elaboração dos mapas de vulnerabilidade, foram atribuídos pesos nos mapas físicos, segundo os princípios da Ecodinâmica de Tricart (1977), considerando os Meios estáveis (1,0), Meios intergrades (2,0) e Meios fortemente instáveis (3,0). Crepani et. al (2001) avaliou de forma relativa e empírica 21 categorias: Estável (1,0 – 1,3), Moderadamente Estável (1,4 – 1,7), Medianamente Estável/Vulnerável (1,8 – 2,2), Moderadamente Vulnerável (2,3 – 2,6) e vulnerável (2,7 – 3,0) como demonstra a tabela 1.

Tabela 1 -Escala de vulnerabilidade das unidades territoriais básicas

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		V		2,7	255	153		0	
U5	U	2,6	MODERADAM. VULNERÁVEL	255	204	0			
U6		L		2,5	E	255		255	0
U7		N		2,4	S	204		255	0
U8		E		2,3	T	153		255	0
U9	R	2,2	MEDIANAM. ESTÁVEL/VULNERÁVEL	102	255	0			
U10		A		2,1	B	51		255	0
U11		B		2,0	I	0		255	0
U12		I		1,9	L	0		255	51
U13	L	1,8	MODERADAM. ESTÁVEL	0	255	102			
U14		I		1,7	D	0		255	153
U15		D		1,6	A	0		255	204
U16		A		1,5	D	0		255	255
U17	D	1,4	ESTÁVEL	0	204	255			
U18		E		1,3	0	153		255	
U19		0		102	255				
U20		0		51	255				
U21	↓	1,1	ESTÁVEL	0	0	255			
U21		1,0		0	0	255			

Fonte: Crepani et al (2001).

As variáveis físicas receberam os valores do grau, de acordo com a sua vulnerabilidade, supracitados na tabela de escalas, o que totaliza 21 classes, divididas em estabilidade e vulnerabilidade, que vão ser classificadas de acordo com as cores conforme o *RGB* pelos graus de saturação em 5 classes. A tabela 2 demonstra a avaliação da estabilidade das categorias morfodinâmicas.

Tabela 2: Avaliação da estabilidade das categorias morfodinâmicas.

Categoria morfodinâmica	Relação morfogênese/pedogênese	Valor
Estável	Prevalece a pedogênese	1,0
Intermediária	Equilíbrio morfogênese/pedogênese	2,0
Instável	Prevalece a morfogênese	3,0

Fonte: Crepani et al (2001).

Para a elaboração do mapa de vulnerabilidade, foi aplicada a fórmula de acordo com a Equação (1) das unidades de paisagem, na qual a vulnerabilidade é igual a somatória da vulnerabilidade para geologia, geomorfologia, solos, vegetação e clima, divididos por cinco.

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

onde:

V = Vulnerabilidade

G = vulnerabilidade para o tema Geologia

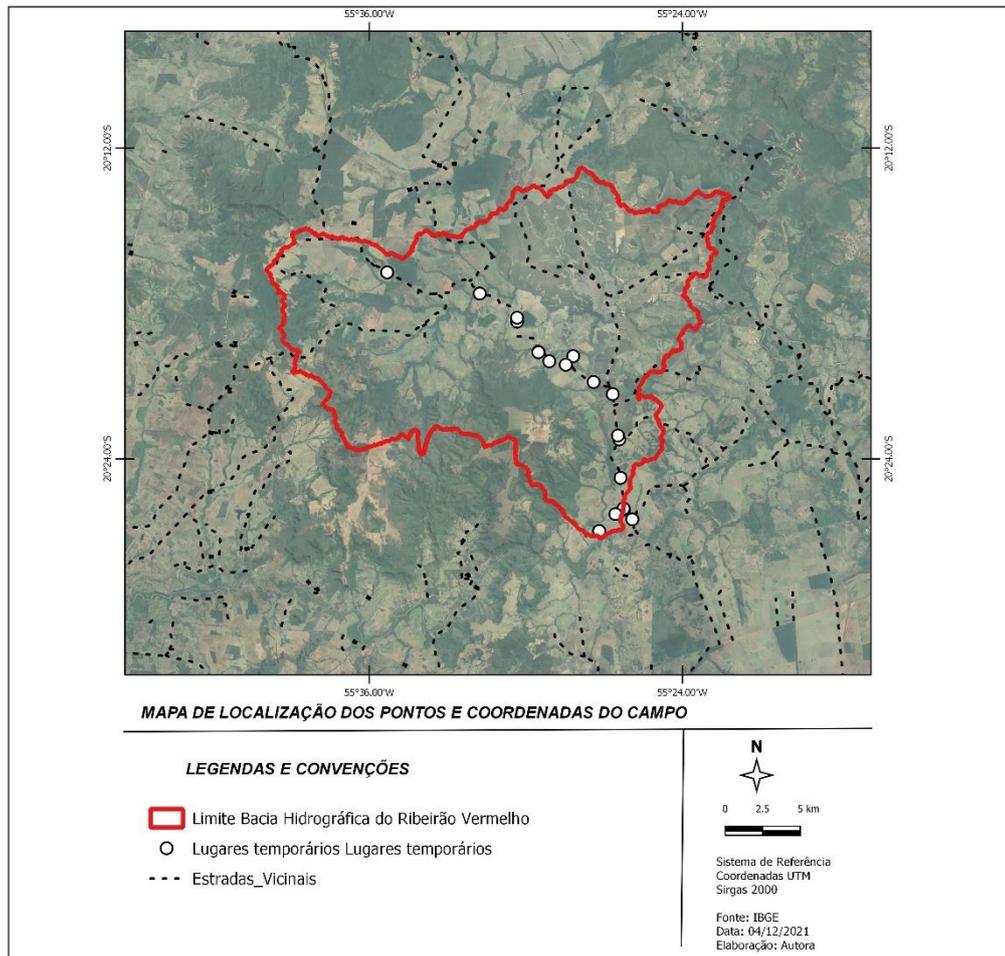
R = vulnerabilidade para o tema Geomorfologia

S = vulnerabilidade para o tema Solos

Vg = vulnerabilidade para o tema Vegetação

C = vulnerabilidade para o tema Clima

Outra etapa desenvolvida na pesquisa foi uma atividade de campo, que ocorreu dia 17 de dezembro, onde foi possível observar *in loco* a configuração da paisagem, com o auxílio do GPS e de uma câmera fotográfica. A figura 4, mapa de localização dos pontos, demonstra o caminho percorrido.

Figura 4: Mapa de localização dos pontos coletados a campo.

Fonte: Elaboração autora.

Ao longo do caminho percorrido na bacia, coletaram-se pontos em lugares distintos, porque nem todos os locais eram de fácil acesso e grande parte era de propriedades rurais particulares. A tabela 3 demonstra os pontos e a descrição dos locais.

Tabela 3: Pontos, coordenadas geográficas e descrição do campo.

Ponto	Coordenadas	Descrição
1	20° 26' 47" 55° 27' 11"	Ponte sobre o Ribeirão Vermelho
2	20° 26' 20" 55° 25' 55"	Pastagem com vegetação no fundo de vale
3	20° 25' 58" 55° 26' 14"	Campo sujo
4	20° 25' 55" 55° 26' 15"	Observação da Dissecação do relevo e uso da terra
5	20° 24' 44" 55° 26' 22"	Vegetação, Rocha Formação Aquidauana
6	20° 23' 44" 55° 26' 34"	Vegetação com mata fechada
7	20° 23' 15" 55° 26' 25"	Ponte sobre afluente, vegetação densa, rio assoreado
8	20° 23' 06" 55° 26' 28"	Início do Eucalipto
9	20° 21' 30" 55° 26' 40"	Foi coletado o Eucalipto

10	20° 21' 02" 55° 27' 24"	Ponte sobre o Ribeirão Vermelho, eucalipto perto
11	20° 20' 02" 55° 28' 11"	Lagoa, processo erosivo na outra margem
12	20° 20' 22" 55° 28' 28"	Plantação de soja
13	20° 20' 14" 55° 29' 06"	Ponte sobre o Córrego General Alves
14	20° 19' 52" 55° 29' 31"	Ponte sobre o Córrego Coronel Augusto
15	20° 19' 53" 55° 29' 31"	Afloramento Aquidauana, pode ter contato com Botucatu
16	20° 18' 42" 55° 30' 20"	Vegetação e pasto
17	20° 18' 33" 55° 30' 20"	Solo exposto
18	20° 17' 37" 55° 31' 46"	Ponte sobre córrego
19	20° 16' 48" 55° 35' 19"	Solo exposto, renovação de pasto

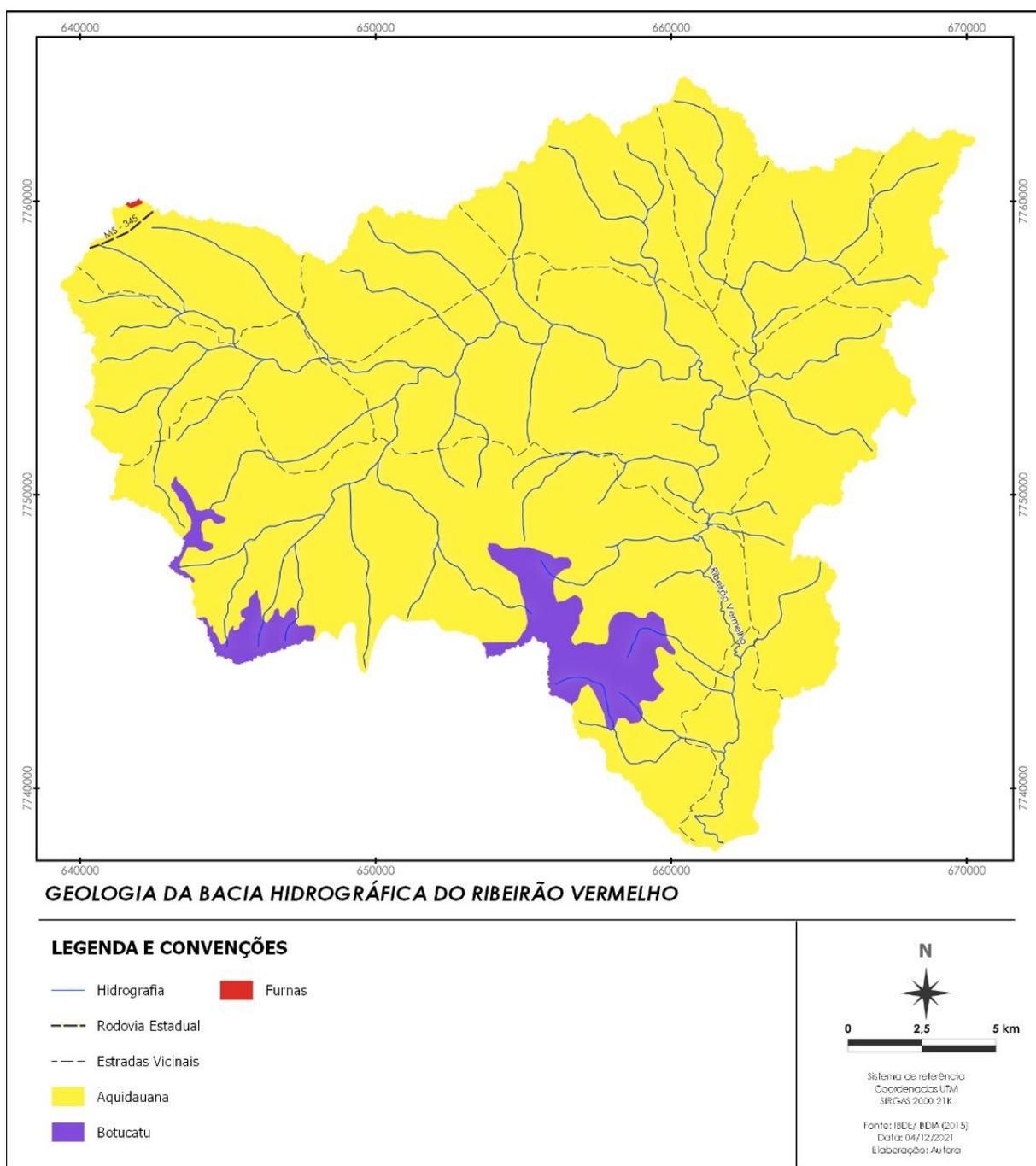
Fonte: Elaboração a autora.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Geologia

Quanto à geologia, a área engloba 3 litologias distintas: Formação Aquidauana, Formação Botucatu e Formação Furnas. A Formação Aquidauana ocorre em quase toda a área da bacia; a Formação Botucatu encontra-se a sudoeste da bacia e a Formação Furnas tem uma pequena porção a noroeste da bacia, como demonstra a Figura 5.

Figura 5: Mapa de geologia da bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho.



A Formação Aquidauana ocupa 429.59 km² da bacia, correspondendo a 95% da área (tabela 04). A Formação Aquidauana é caracterizada pela natureza dentrítica de seus sedimentos, essencialmente arenosos e feldspáticos e de coloração predominantemente avermelhada (Godoi, 2001).

Tabela 4: Área, percentual e vulnerabilidade de geologia.

Formação Rochosa	Área (km²)	Percentual (%)	Vulnerabilidade
Formação Aquidauana	429.59	95.06	2.4
Formação Botucatu	21.89	4.92	2.4
Formação Furnas	0.09	0.02	2.4
Total	451.65	100	-

Fonte: Elaboração a autora.

De acordo com Pinto (2007) a Formação Aquidauana possui propriedades semelhantes às da Formação Botucatu, o pacote sedimentar com até 500 m de espessura. Segundo levantamentos realizados pelo projeto RADAMBRASIL, a unidade estratigráfica está incluída no intervalo entre o Carbonífero Superior e o Permiano Inferior (BRASIL, 1982).

Segundo Mato Grosso do Sul (1990), a Formação Aquidauana:

Litologicamente, evidencia-se a presença de arenitos com granulometria variável de fina a grosseira, cores vermelho-tijolo, esbranquiçadas, cinza arroxeadas. Associados ao pacote arenítico observa-se a presença de níveis conglomeráticos, além de intercalações de siltito, argilito avermelhado e subordinadamente, lentes de diamictito. Em todo o pacote individualiza-se feições singenéticas como as estruturas plano-paralelas, estratificações cruzadas de médio a grande porte e raras marcas de ondas. Estruturas secundárias reativas a disfunções poligonais lembram feições de “cascos de tartaruga” (MATO GROSSO DO SUL, 1990, p.11).

A figura 6 demonstra um afloramento da Formação Aquidauana na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Vermelho.

A Formação Botucatu ocupa 21.89 km² da bacia, com percentual de 4.92% da área da bacia (tabela 05), “a litologia dessa formação está representada predominantemente por arenito de cor rosa avermelho- escuro, fino a médio e friável” (GODOI, 2001, p. 33).

Figura 6: Afloramento da Formação Aquidauana na bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho.



Fonte: Autora, 17/12/21.

Sobre a Formação Botucatu:

Litologicamente foram detectados arenitos finos a muito finos, bem selecionados, apresentando feições evocativas de “micropontamentos”, o que muitas vezes caracteriza processos de abrasão eólica (impacto entre os grãos carreados pelo vento). A presença nestas rochas de grãos foscos, associados a estratificações cruzadas planares e deposição eólica em ambiente desértico. Muitas vezes tais rochas mostram-se bastante silicificadas, porém, é comum seu alto poder de desagregação, causando em decorrência os típicos areiões (MATO GROSSO DO SUL, 1990, p.11).

A Formação Furnas ocupa 0.09 km² (tabela 03) da bacia e nela predominam “sedimentos arenosos de cores claras, com níveis conglomeráticos. A estratificação cruzada é abundante nessa formação” (GODOI,2001, p.31).

Nessa perspectiva,

A contribuição da Geologia para a análise e definição da categoria morfodinâmica da unidade de paisagem natural compreende as informações relativas à história da evolução geológica do ambiente onde a unidade se encontra, e as informações relativas ao grau de coesão das rochas que a compõem. Por grau de coesão das rochas entende-se a intensidade da ligação entre os minerais ou partículas que as constituem (CREPANI et al, 2001, p.14).

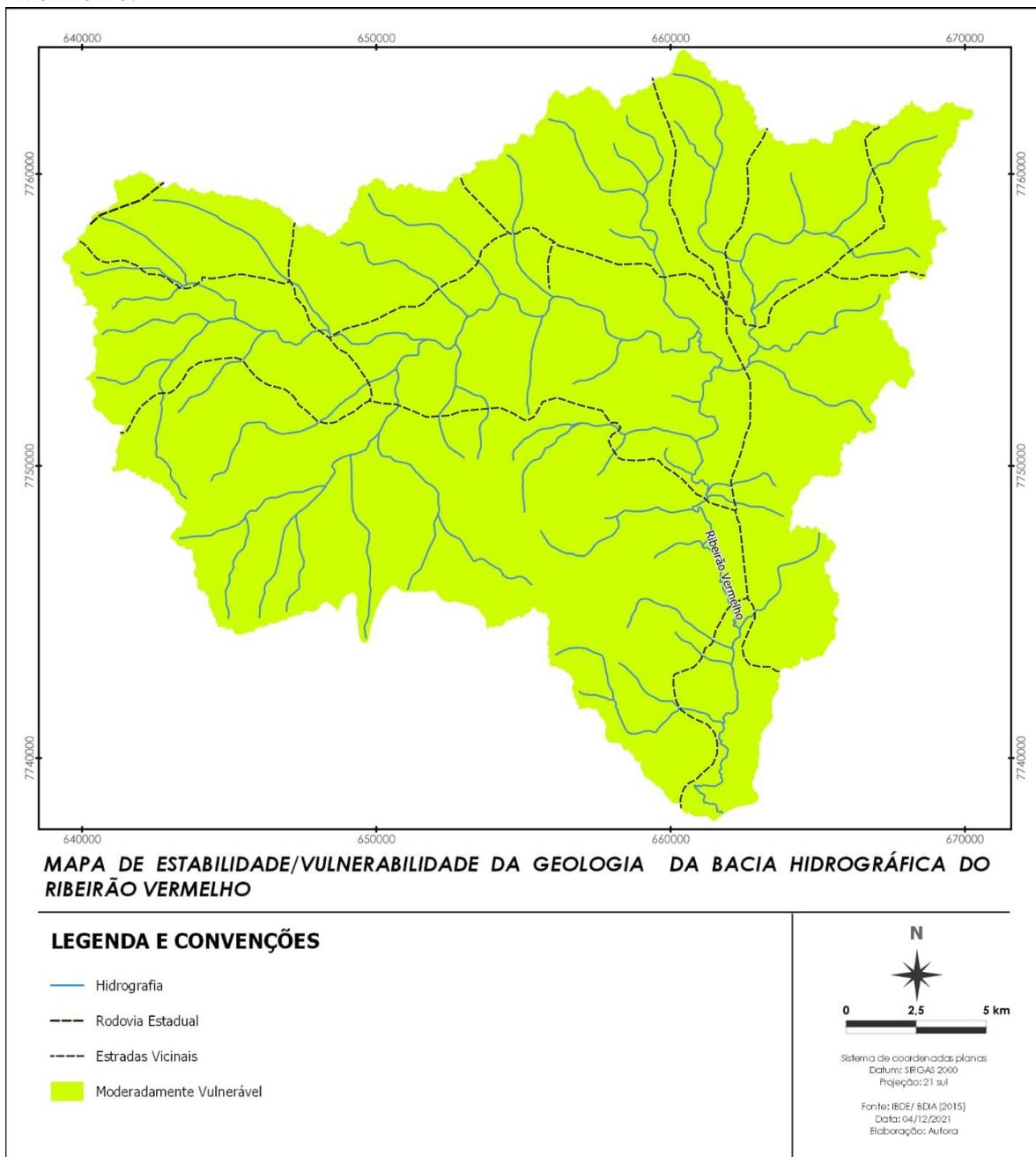
Seguindo a análise dos dados, o item a seguir vai demonstrar as classes de vulnerabilidade/estabilidade sobre a formação geológica da bacia, assim verificando qual processo prevalece, a morfogênese, a pedogênese ou se há um equilíbrio entre eles.

6.1.1 Classes de Estabilidade/Vulnerabilidade - Geologia

A análise sobre as características da formação litológica da bacia demonstrou que, mesmo havendo três tipos diferentes de litologias, segundo a metodologia, a ponderação dos pesos foi igual (2.4). O grau de coesão das rochas é o parâmetro utilizado para definir as classes de estabilidade/vulnerabilidade, pois em rochas pouco coesas prevalece a morfogênese, enquanto em rochas bastante coesas prevalece a pedogênese (CREPANI et.al, 2001).

Nesse sentido, o mapa de estabilidade/vulnerabilidade para o tema geologia resultou na classe moderadamente vulnerável, conforme a figura 7.

Figura 7: Mapa de estabilidade/vulnerabilidade de geologia da bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho.



Nessa perspectiva, a área de estudo é moderadamente vulnerável, pois a litologia possui grau de coesão moderada devido à presença de arenitos. Dessa forma, segundo a metodologia utilizada, prevalece o equilíbrio morfogênese/pedogênese na área de estudo.

6.1.2 Geomorfologia

A Geomorfologia compreende o estudo da origem e a estrutura das formas de relevo. A estruturação de elementos da superfície terrestre é representada pela natureza das rochas, pelo clima e por fatores endógenos e exógenos, enquanto os processos morfogenéticos são responsáveis pelas formas do relevo, segundo Bastos (2015).

“Os parâmetros do relevo favorecem o entendimento de processos de pedogênese\morfogênese, por apresentar a estabilidade\fragilidade frente aos processos erosivos” (RODRIGUES; LEITE, 2021, p. 7). A bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho encontra-se delimitada pela Região geomorfológica dos Patamares da Borda Ocidental da Bacia Sedimentar do Paraná (Pirajá et. al, 2020).

De acordo com a metodologia supracitada, o mapa de Geomorfologia é o produto da Dissecação Vertical (amplitude altimétrica), Dissecação Horizontal (amplitude interfluvial) e Declividade. O mapa (figura 8) demonstra os intervalos da amplitude altimétrica (dv).

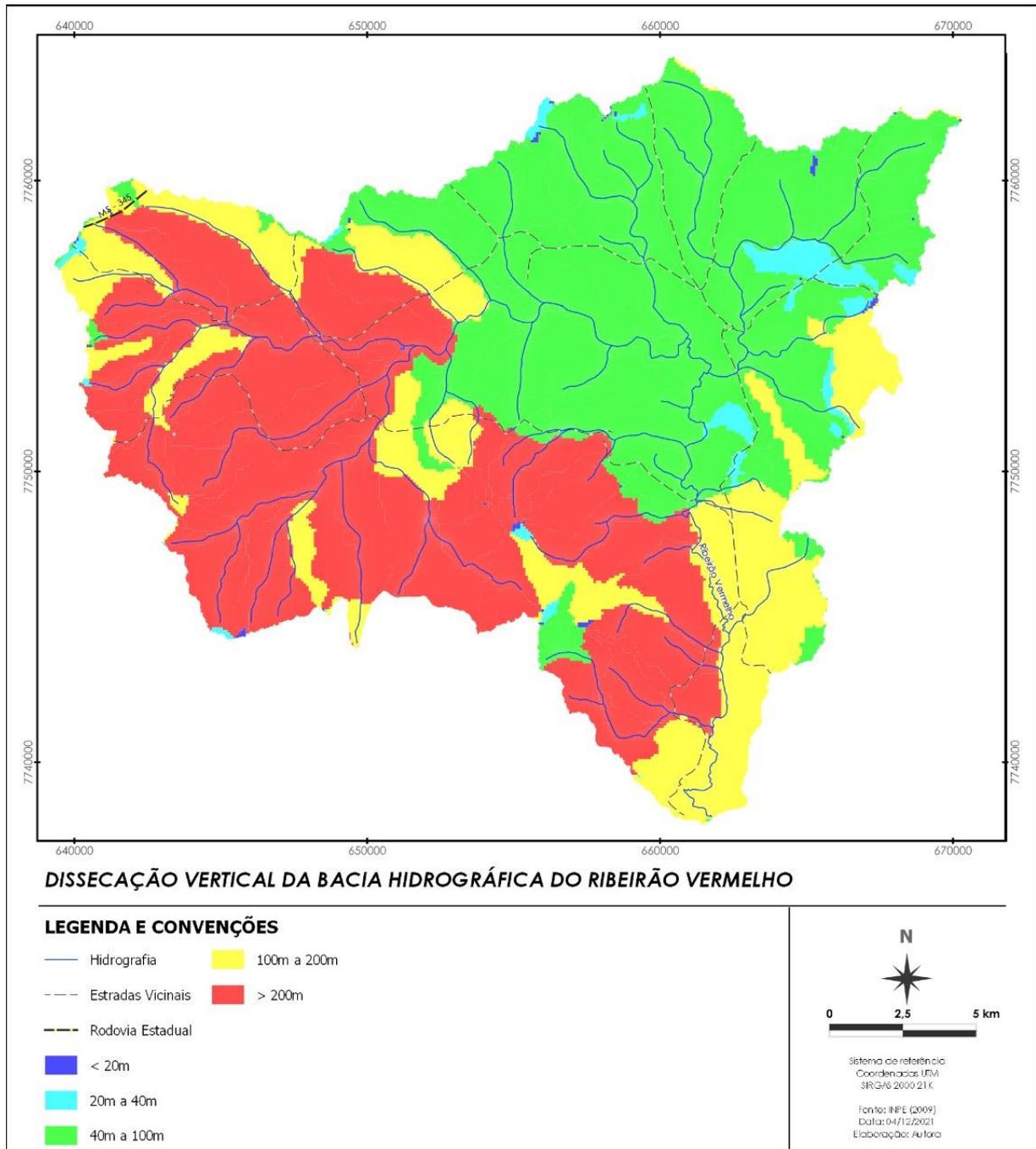
A amplitude altimétrica é a diferença entre as cotas máxima, ou seja, o ponto mais alto da bacia, divisor topográfico, e mínima, ou seja, o estuário da bacia, de acordo com Christofolletti (1980). A tabela 5 expõe os dados obtidos e a vulnerabilidade desses resultados.

Tabela 5: Intervalos, área, percentual e vulnerabilidade da dissecação vertical da bacia.

Classes	Área(km²)	Percentual (%)	Vulnerabilidade
< 20 m	23.26	5.15	1.0
20 – 40 m	45.26	10.03	1.5
40 – 100 m	152.22	33.74	2.0
100 – 200 m	111.25	24.66	2.5
> 200 m	119.23	26.42	3.0
Total	451.65	100	-

Fonte: Elaboração a autora.

Figura 8: Mapa de dissecação vertical da bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho.



A classe de 40 a 100 m ocupa a área de 152.22 km², equivalendo a 33.74% da bacia, com peso 2.0 de vulnerabilidade por ser superfície caracterizada por relevos ondulados dissecados em colinas. Essa classe localiza-se na porção norte e nordeste da bacia.

As classes de 100 a 200 m e > 200 m, juntas, somam mais de 50 % da área da bacia, e na maior parte encontram-se a noroeste e sudoeste da bacia, destacando-se por relevo fortemente ondulado com vulnerabilidade 3.

A amplitude interfluvial é outro fator relevante para compreender o relevo. A figura 9 demonstra as classes encontradas na bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho. A amplitude interfluvial é a distância entre os interflúvios: a tabela 6 demonstra os intervalos de classe, suas respectivas áreas e as respectivas vulnerabilidades.

Figura 9 – Mapa de dissecação horizontal da bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho.

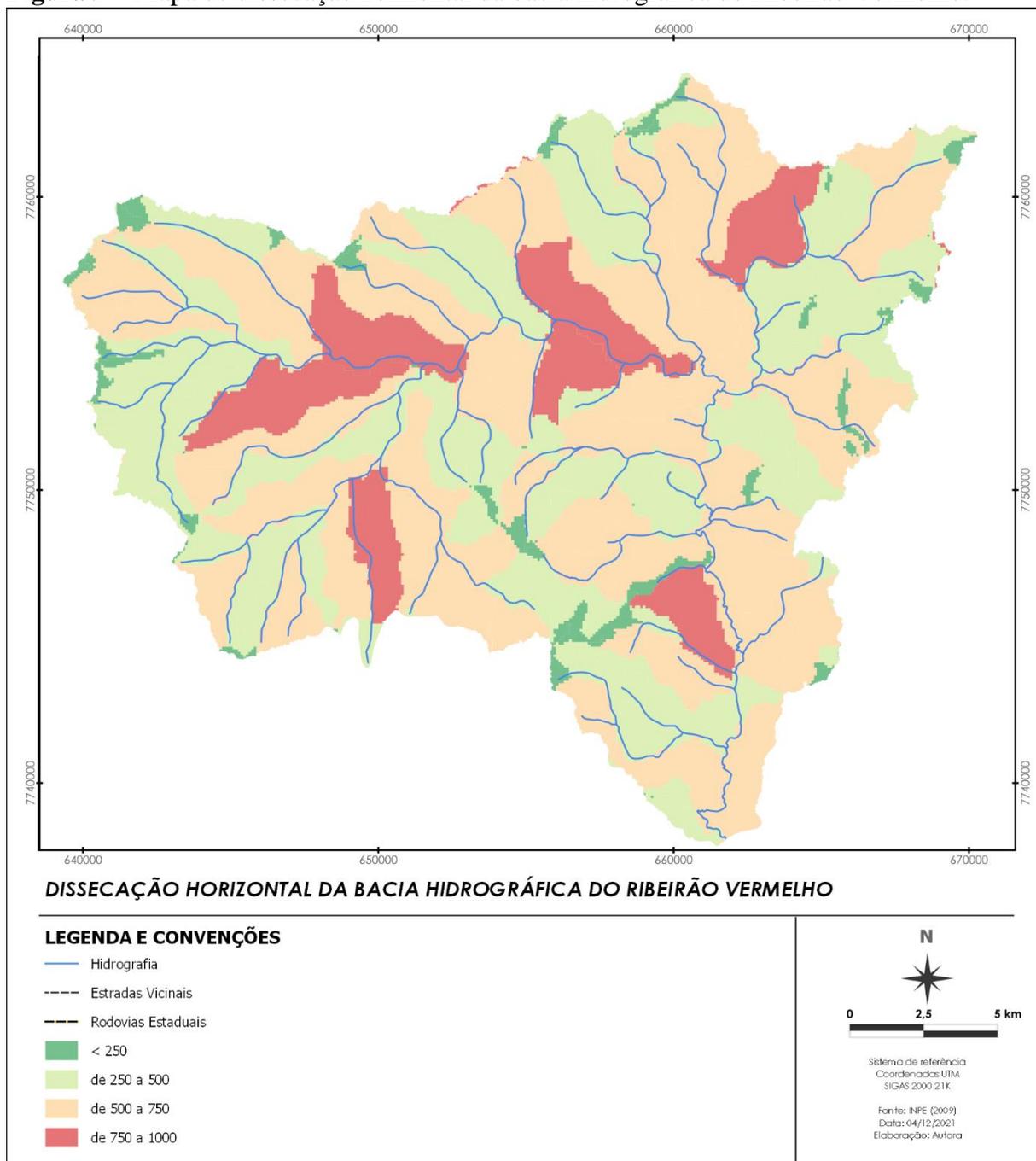


Tabela 6: Intervalos, área, percentual e vulnerabilidade da dissecação horizontal da bacia.

Classes	Área(km ²)	Percentual (%)	Vulnerabilidade
750m -1000m	92.00	20.36	2.7
500m -750m	195.00	43,12	2.8
250m -500m	149.65	33,20	2.9
< 250 m	15.00	3.32	3.0
Total	451.65	100	-

Fonte: Elaboração a autora.

A classe com intervalo de 500 m a 750 m ocupa uma área de 195.00 km², compreendendo 43,12% da bacia. Encontra-se distribuída em várias áreas da bacia, sendo o peso da vulnerabilidade de 2.8. Destaca-se ainda a classe de 250-500 m que representa na bacia 33,20% da área.

Os parâmetros que formam a geomorfologia são a dissecação vertical, dissecação horizontal e a declividade. Nessa perspectiva estão intrínsecas com os movimentos “*runoff*” em que a velocidade das águas é transformada de energia potencial a energia cinética, segundo Crepani et al. (2001). A figura 10 demonstra espacialização das classes de declividade na bacia e a tabela 7 apresenta as suas respectivas áreas e peso em relação à vulnerabilidade.

Tabela 7: Classes, área, percentual e vulnerabilidade da declividade.

Classes morfométricas	Declividade (%)	Área(km ²)	Percentual (%)	Vulnerabilidade
Muito Baixa	< 2	69.33	15.22	1,0
Baixa	2 - 6	257.24	57.25	1,5
Média	6 - 20	108.81	24.33	2,0
Alta	20 - 50	16.27	3.20	2,5
Total	-	451.65	100	-

Fonte: Elaboração a autora.

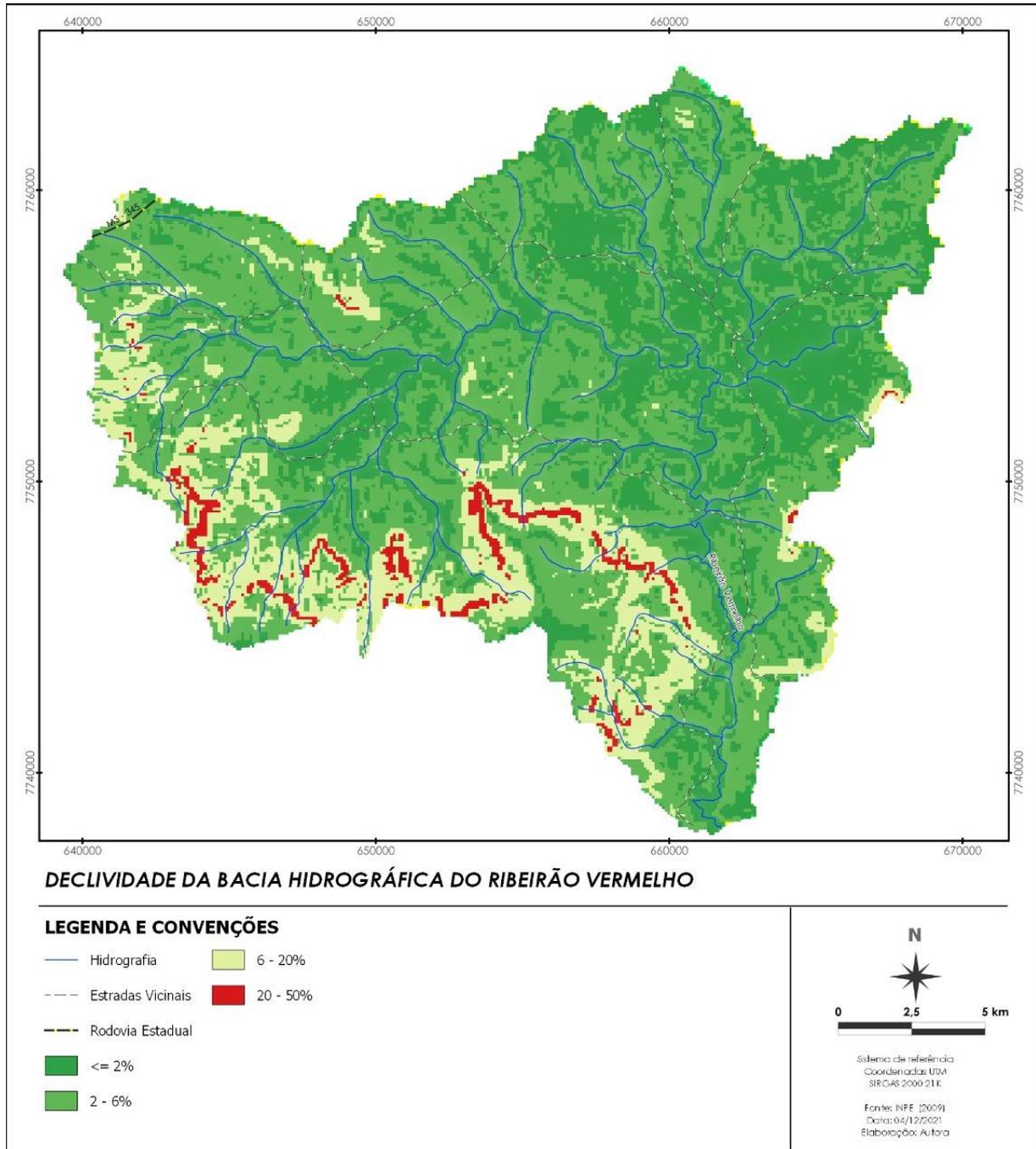
A classe com intervalo de até 6 % ocupa 72,47 % da bacia, demonstrando que o relevo em sua maior parte é plano. De tal maneira, por ter declividade suave, o relevo é propício ao maquinário agrícola, Lepsch et al. (1991). Porém, com tendência ao escoamento difuso muito lento, pode se originar erosão laminar, Mato Grosso do Sul (1992).

A classe de 6 – 20 ocupa 23 % da área da bacia, observa-se que ocorre nas extremidades da borda oeste, e são caracterizados por relevos mais acentuados. Nessas áreas é indicado a utilização de técnicas para a agricultura e manejo da pastagem.

Por sua vez, a classe 20 –50 ocupa 3.20 % da área da bacia, caracterizada por relevos fortemente ondulados “constituída por áreas íngremes, de regiões escarpadas, onde o

escoamento superficial é muito forte e, os solos são extremamente susceptíveis à erosão.” (CARVALHO, 2007, p. 90).

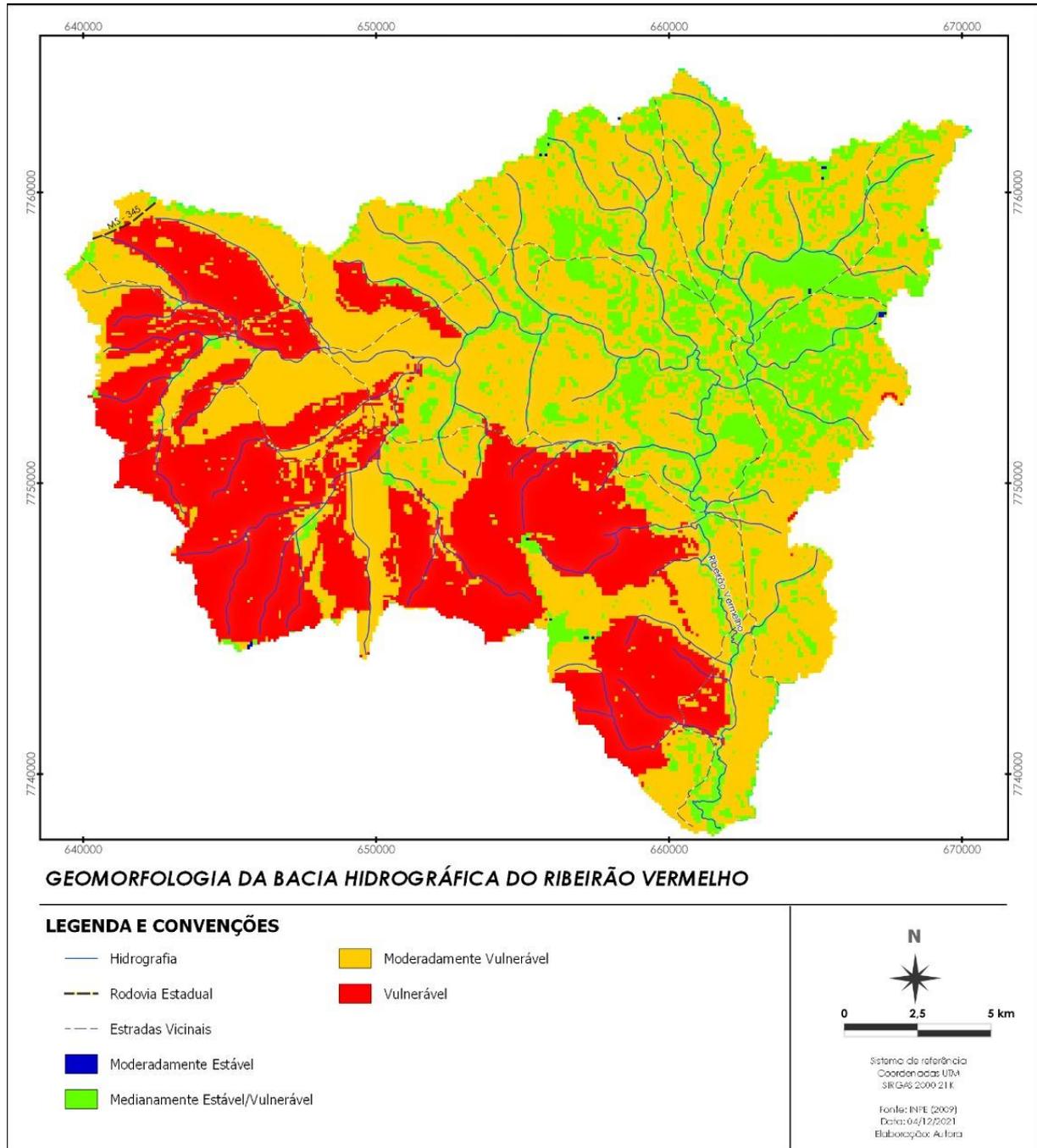
Figura 10-Mapa de declividade da bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho.



6.1.3 Classes de Estabilidade/Vulnerabilidade - Geomorfologia

Diante das características do relevo apresentadas anteriormente, a figura 11 demonstra as classes de estabilidade/vulnerabilidade da área de estudo.

Figura 11: Mapa de estabilidade/vulnerabilidade de geomorfologia da bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho.



Em relação à geomorfologia, predominam na bacia áreas moderadamente vulneráveis, correspondendo a 52% da área de estudo (tabela 8), localizando-se principalmente na porção nordeste e sudeste da bacia, prevalecendo a nessas áreas o equilíbrio morfogênese/pedogênese.

Por sua vez, as áreas vulneráveis correspondem a 34% da bacia e localizam-se na porção noroeste e sudoeste da bacia, caracterizando áreas onde prevalece a morfogênese.

Tabela 8: Classificação estabilidade/vulnerabilidade para geomorfologia.

Classes	Área(km²)	Percentual (%)
Moderadamente estável	0.20	0.04
Medianamente Estável/Vulnerável	58.25	13
Moderadamente vulnerável	230.82	52
Vulnerável	162.38	34.96
Total	451.65	100

Fonte: Elaboração a autora.

Diante desse contexto, “[...] as paisagens geomorfológicas são resultantes da dinâmica intensa e contínua entre processos e materiais trabalhados, gerando um quadro bastante ativo e repleto de variabilidades que se dão ao longo de diferentes escalas de espaço e tempo” (MONECHE, 2009, p. 17).

6.1.4 Solos

As classes de solos na bacia demonstram cinco tipos de solos, que são: os Gleissolo Áplico, Latossolo Vermelho, Argissolo Vermelho-Amarelo, Neossolo Litólico e Neossolo Quatezarênico, como demonstra a figura 12.

A tabela 9 apresenta as respectivas áreas das classes de solo e suas porcentagens em relação ao total da área da bacia, bem como a vulnerabilidade à perda de solo.

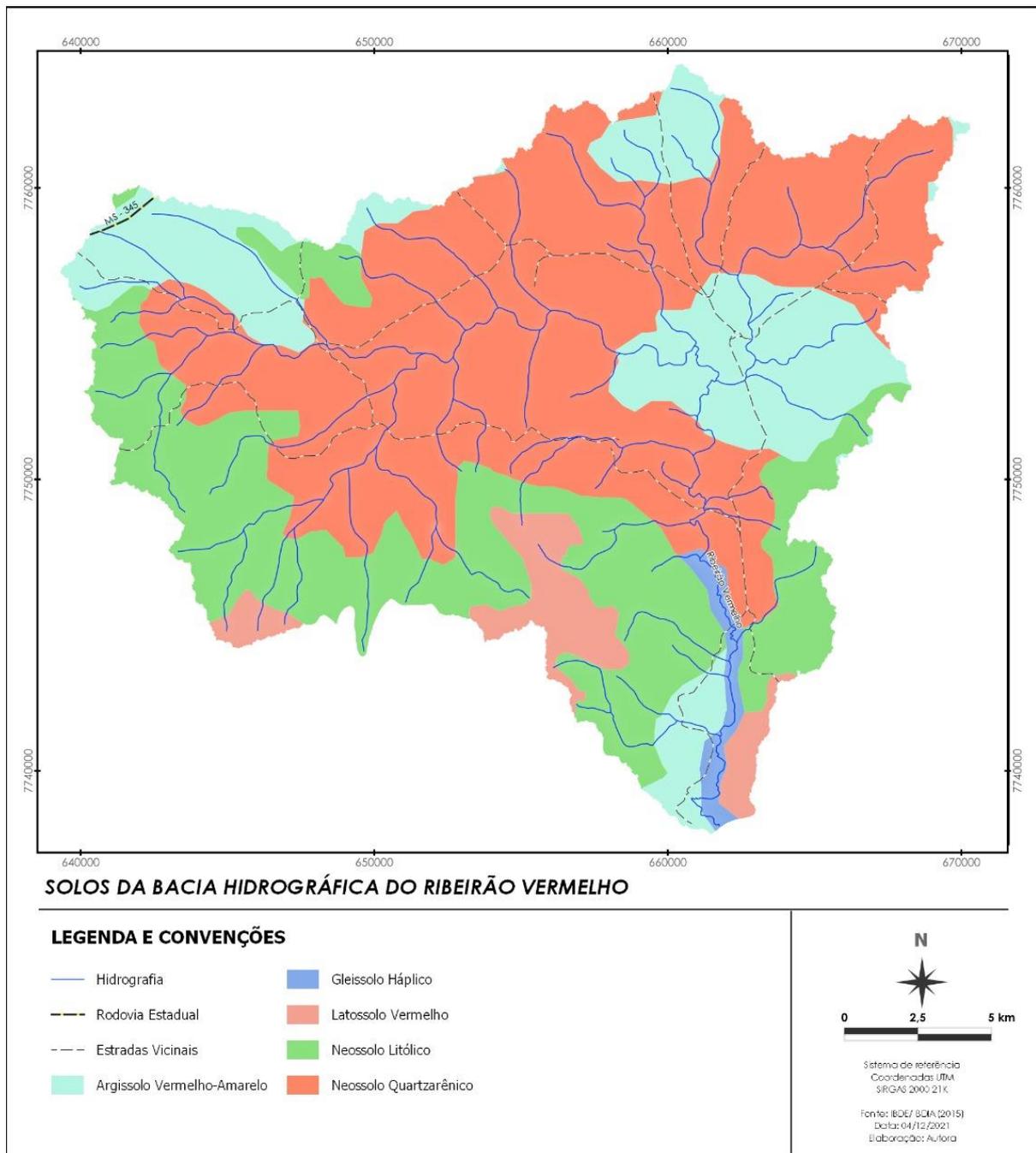
Tabela 9: Área, percentual e vulnerabilidade de solos.

Tipos de solos	Área (km²)	Percentual (%)	Vulnerabilidade
Gleissolo Áplico	6.60	1.52	3.0
Latossolo Vermelho	22.68	5.01	1.0
Argissolo Vermelho-Amarelo	119.15	26.53	2.0
Neossolo Litólico	87.14	19.52	3.0
Neossolo Quatezarênico	216	47.42	3.0
Total	451.65	100	-

Fonte: Elaboração da autora.

Os Gleissolos, representam apenas 1.52 % do total da área, têm por característica a saturação por água; são solos mal ou muito mal drenados em condições naturais. O processo de gleização implica a manifestação de cores acinzentadas, azuladas ou esverdeadas devido à redução e solubilização do ferro, permitindo a expressão das cores neutras dos minerais de argila ou ainda a precipitação de compostos ferrosos (EMBRAPA, 2018).

Figura 12: Mapa de solos da bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho.



Conceito – Solos hidromórficos, constituídos por material mineral, que apresentam horizonte glei dentro de 150cm da superfície do solo, imediatamente abaixo de horizontes A ou E (com ou sem gleização), ou de horizonte hístico com espessura insuficiente para definir a classe dos Organossolos; não apresentam textura exclusivamente areia ou areia franca em todos os horizontes dentro dos primeiros 150cm da superfície do solo ou até um contato lítico, tampouco horizonte vértico, ou horizonte B textural com mudança textural abrupta acima ou coincidente com horizonte glei ou qualquer outro tipo de horizonte B diagnóstico acima do horizonte glei. Horizonte plântico, se presente, deve estar a profundidade superior a 200cm da superfície do solo (EMBRAPA, 2006 p.80).

Outra característica do Gleissolo “[...] é encontrado em áreas planas, normalmente em fundo de vales, possui baixa fertilidade e grandes limitações ao uso agrícola, devido ao excesso de água que impede a aeração e não permite o uso de máquinas e implementos agrícolas” (CHUEH, p.11 2004).

Os Gleissolos, “por serem sistemas conservadores de água, próximos às nascentes e aos cursos d’água, é muito importante preservá-los, para não comprometer o reservatório hídrico da região” (SANO et al, 2008, p.128).

Os Latossolo Vermelho apresentam 5.01% do total da área, são solos em avançado período de intemperização, muito evoluídos como resultado de enérgicas transformações no material constitutivo, destituídos de minerais primários ou secundários menos resistentes ao intemperismo (EMBRAPA, 2018).

Solos constituídos por material mineral, com horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer um dos tipos de horizonte superficial, exceto hístico. São solos em avançado estágio de intemperização, muito evoluídos, como resultado de enérgicas transformações do material constitutivo. São virtualmente desprovidos de minerais primários ou secundários menos resistentes ao intemperismo, e tem capacidade de troca de cátions da fração argila, inferior a 17cmol/kg de argila sem correção para carbono. (EMBRAPA, 2006 p.82).

Os Argissolo Vermelho-Amarelo representam 26.53% do total da área, são constituídos por material mineral com argila de atividade baixa, ou atividade alta desde que conjugada com saturação por bases baixas. Os Argissolo são de profundidade variável, desde forte a imperfeitamente drenados, de cores avermelhadas ou amareladas e mais raramente brunadas ou acinzentadas (EMBRAPA, 2018).

Compreende solos constituídos por material mineral, que têm como características diferenciais a presença de horizonte B textural de argila de atividade baixa, ou alta conjugada com saturação por bases baixa ou caráter alítico. O horizonte B textural (Bt) encontra-se imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte superficial, exceto o hístico, sem apresentar, contudo, os requisitos estabelecidos para serem enquadrados nas classes dos Luvisolos, Planossolos, Plintossolos ou Gleissolos. (EMBRAPA, 2006 p.76).

“Problemas sérios de erosão são observados em Argissolo desprovidos de cobertura vegetal e em relevo ondulado e forte-ondulado, em virtude da característica intrínseca de gradiente textural” (SANO et al, 2008, p.126). Neste contexto, é de extrema importância a cobertura vegetal para amenizar a ocorrência de erosão nesse solo.

Os Neossolo Litólico e Quatezarênico somam 66.93% do total da área da bacia, compõem solos formados por material mineral ou por material orgânico pouco espesso, pois são solos novos, pouco desenvolvidos (Streck et al, 2008; Rovani e Vieira, 2016).

Os Neossolo Quatezarênico, “quando ocorrem em cabeceiras de drenagem e adjacentes a mananciais, devem ser obrigatoriamente isolados e destinados à preservação” (SANO et al, 2008, p.126).

compreende solos constituídos por material mineral, ou por material orgânico pouco espesso, que não apresentam 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, ou por influência dos demais fatores de formação (clima, relevo ou tempo), que podem impedir ou limitar a evolução dos solos. (EMBRAPA, 2006 p.84).

Assim, os Neossolo, 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), podem impedir ou limitar a evolução dos solos, EMBRAPA (2018).

A maturidade dos solos, produto direto do balanço morfogênese/pedogênese, indica claramente se prevalecem os processos erosivos da morfogênese que geram solos jovens, pouco desenvolvidos, ou se, no outro extremo, as condições de estabilidade permitem o predomínio dos processos de pedogênese gerando solos maduros, lixiviados e bem desenvolvidos. (CREPANI et al, 2001, p.14).

Para demonstrar o grau de vulnerabilidade/estabilidade para os solos, o próximo item traz a classificação e suas respectivas porcentagens de áreas que, através da espacialização, é factível para análise da bacia.

6.1.5 Classes de Estabilidade/Vulnerabilidade - Solos

De acordo com a figura 13, predominam na área de estudo áreas vulneráveis em relação ao tipo de solo, prevalecendo a morfogênese nessas áreas. Essa classe ocupa 75.79% da área (tabela 10), localizando-se de forma dispersa na bacia.

Figura 13: Mapa de estabilidade/vulnerabilidade dos solos na bacia hidrográfica Ribeirão Vermelho.

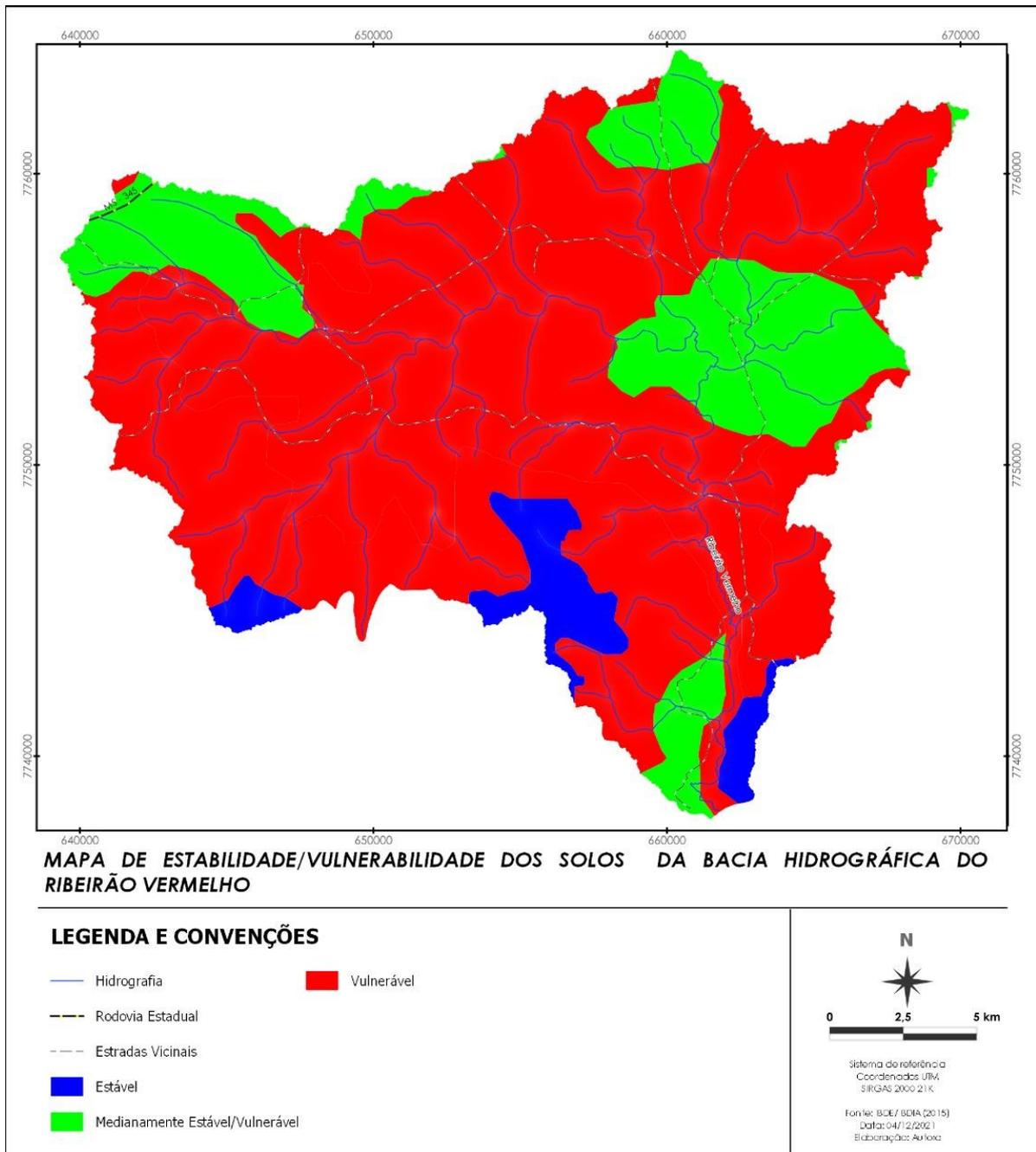


Tabela 10: Classificação estabilidade/vulnerabilidade para solos.

Classes	Área (km ²)	Percentual (%)
Estável	21.95	4.87
Medianamente Estável/Vulnerável	88.28	19.34
Vulnerável	341.42	75.79
Total	451.65	100

Fonte: Elaboração a autora.

6.1.6 Cobertura Vegetal

Para a análise sobre a cobertura vegetal, os dados do BDIA apresentaram 7 classes de vegetação: Floresta Estacional Semidecidual Aluvial, Savana Arborizada com Floresta-de-Galeria, Savana Arborizada sem Floresta-de-Galeria, Savana Florestada e Pecuária. Essas classes foram espacializadas como demonstra a figura 14.

Na área da bacia, a Floresta Estacional Semidecidual Aluvial corresponde a 12.98 km², resultando em 2.85% da área total (tabela 11). “Savana seca ou estacional – representada por vegetação de porte médio, em áreas com período seco de 5 a 7 meses” (SANO et al, 2008, p.28).

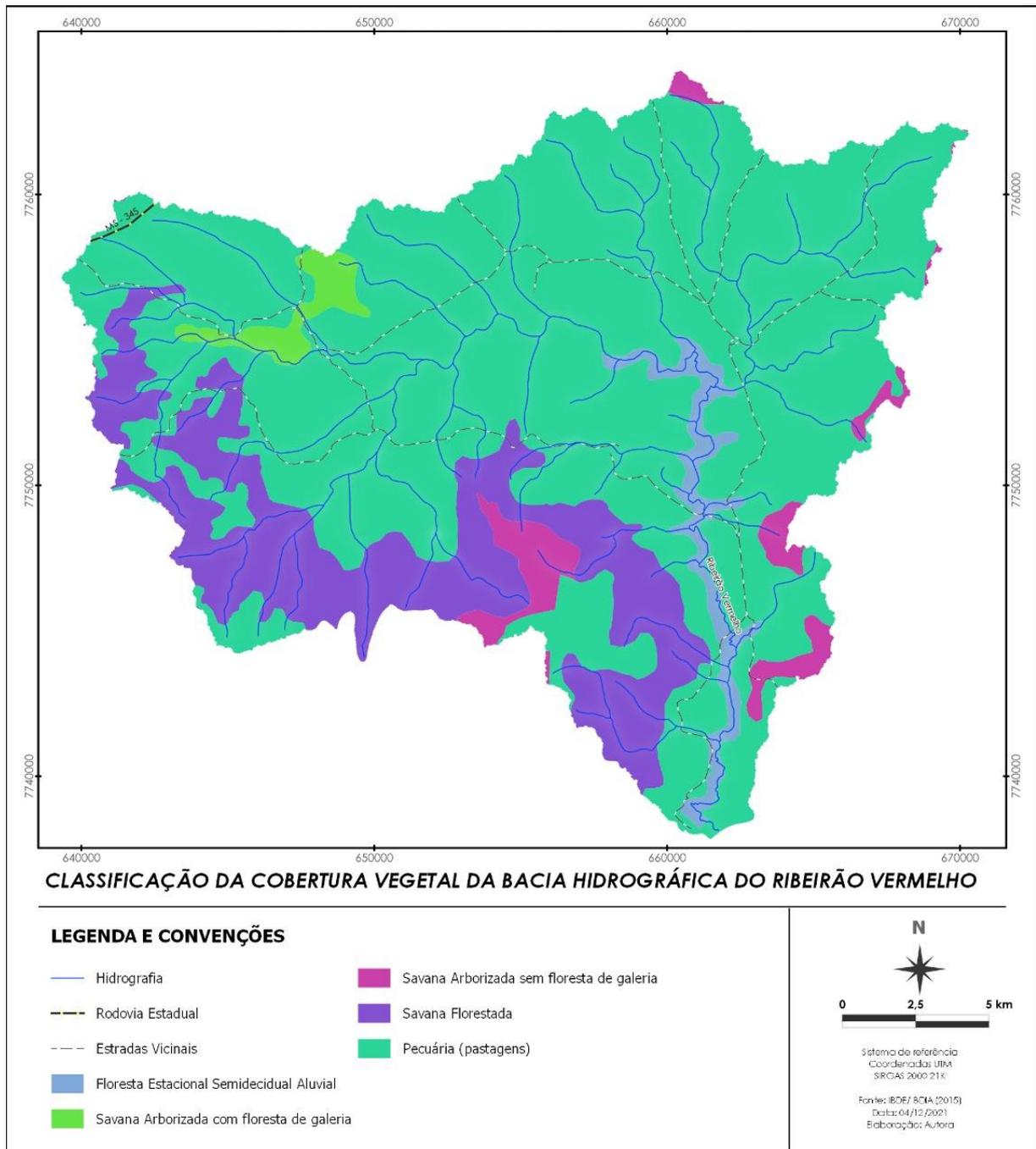
Tabela 11: Área, percentual e vulnerabilidade para cobertura vegetal.

Cobertura Vegetal	(Área km ²)	Percentual (%)	Vulnerabilidade
Floresta Estacional Semidecidual Aluvial	12.98	2.85	1.7
Savana Arborizada com Floresta-de-Galeria	7.29	1.61	2.0
Savana Arborizada sem Floresta-de-Galeria	15.23	3.31	2.0
Savana Florestada (1Sd)	3.10	0.69	1.7
Savana Florestada	78.39	17.29	1.7
Pecuária (pastagens)	334.09	74.15	3.0
Pecuária (pastagens) (4Ap)	0.49	0.10	3.0
Total	451.65	100	-

Fonte: Elaboração a autora.

A Floresta Estacional Semidecidual Aluvial “representa-se por uma formação florestal ribeirinha que ocupa as acumulações fluviais quaternárias, sendo sua estrutura semelhante à da ‘floresta ciliar’ de todos os rios” (BRASIL, 1982, p.289).

Figura 14: Mapa de Cobertura Vegetal da bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho.



As savanas de acordo com o IBGE no manual técnico de vegetação:

As savanas caracterizam-se pela dominância compartilhada das sinúsias arbórea e herbácea. A sinússia arbórea apresenta árvores de porte médio ou baixo (de 3 a 10 m), em geral espaçadas e com copas amplas, de esgalhamento baixo. A sinússia herbácea é praticamente contínua, formando um tapete entre as árvores e arbustos. Na sinússia herbácea predominam caméfitos, hemcriptófitos, geófitos e terófitos. (IBGE, 2012, p.49).

A Savana Arborizada com Floresta-de-Galeria tem 7.29 km² de área, equivalente a apenas 1.61% do total da bacia. “Savana arborizada (*savannawoodland*) – arvoredos decíduos e semidecíduos de árvores altas (mais de 8 m de altura) e gramíneas mesofíticas altas (mais de 80 cm de altura), cujos espaços entre árvores são maiores que o diâmetro de suas copas” (SANO et al, 2008, p.28).

O levantamento do RADAMBRASIL descreve a Savana Arborizada com Floresta-de-Galeria como:

Savana arbórea densa caracteriza-se pelos agrupamentos de espécies vegetais arbóreas, xeromorfas, de fustes finos e tortuosos, com circunferência raramente ultrapassando 1m, revestidos por uma casca grossa e rugosa e apresentando esgalhamento profuso, além de possuírem folhas coriáceas e perenes (BRASIL, 1982, p.288).

Savana Arborizada sem Floresta-de-Galeria 15.23 km² de área, com 3.31% do total de área da bacia. Essas classificações de savana arborizada com ou sem floresta são encontradas em cursos de rios pequenos, a característica dessa vegetação é a queda das folhas no período seco, segundo Neto et. al (2017).

A Savana Florestada (1Sd = arbórea densa) 3.10 km², com 0.68% da área total, na qual sua classificação é sem contato. A Savana Florestada representa 78.39 km² de área, que totaliza 17.29% do total da bacia, sua classificação (Sd) designa área de contato, ou seja, área de transição. É descrita como “Savana florestal (*sabanaarbolada* ou *woodlandsavanna*) – é importante a densidade de árvores, sem formar dossel” (SANO et al, 2008, p.28).

O levantamento do RADAMBRASIL caracteriza a Savana Florestada (2Sd) de contato:

É sem dúvida, sob forma de enclave, o contato predominante na folha [...]. As montanhas fortemente cortadas da serra de Maracaju suportam uma pujante floresta com fanerófitos de grandes proporções. Por outro lado, os estudos fisionômico-ecológicos da vegetação instalada nos Tafelbergs da serra de Aquidauana mostram que sua estrutura fitossociologia prende-se mais às subformações da Savana. (BRASIL, 1982, p.306).

A Pecuária possui uma área de 334.09 km², que é equivalente a 74.15% do total da área da bacia. A Pecuária (pastagens 4 Ap) possui uma área de 0.49 km² que equivale a 0.10% da área da bacia e é também área de contato com Floresta Estacional Semidecidual Aluvial. “No Cerrado, a pastagem se confunde facilmente com fitofisionomias que possuem vegetação herbácea natural e com alguns cultivos agrícolas” (SILVA et al, 2013.p.201).

A Pastagem na Região da Savana (Cerrado) de acordo com o RADAMBRASIL:

Distribuem-se, sob forma contínua, pelo Planalto Maracaju- Campo Grande, de onde, transpondo suas escarpas, penetram na Depressão do Rio Paraguai

até atingirem a serra de Bodoquena, totalizando 47645 km². No reverso desta serra ocorrem disparadamente, em especial nas cercanias da Colônia São Lourenço; todavia, as derrubadas sistemáticas são agressivas e rápidas. No passado, os campos de Vacaria, Ponta Porã e Bela Vista, sob o ponto de vista pastoril, representavam apenas áreas abertas, oferecendo possibilidades de livre movimentação do gado, mas com uma capacidade muito reduzida quanto ao valor agrostológico (BRASIL, 1982, p.314).

Sob a perspectiva da cobertura vegetal,

Em última análise, compete à cobertura vegetal um papel importante no trabalho de retardar o ingresso das águas provenientes das precipitações pluviais nas correntes de drenagem, pelo aumento da capacidade de infiltração, pois o ingresso imediato provoca incremento do “runoff” (massas de água em movimento), com o conseqüente aumento na capacidade de erosão pela transformação de energia potencial em energia cinética. A participação da cobertura vegetal na caracterização morfodinâmica das unidades de paisagem natural está, portanto, diretamente ligada à sua capacidade de proteção (CREPANI et al, 2001, p.15).

6.1.7 Classes de Estabilidade/Vulnerabilidade - Cobertura Vegetal

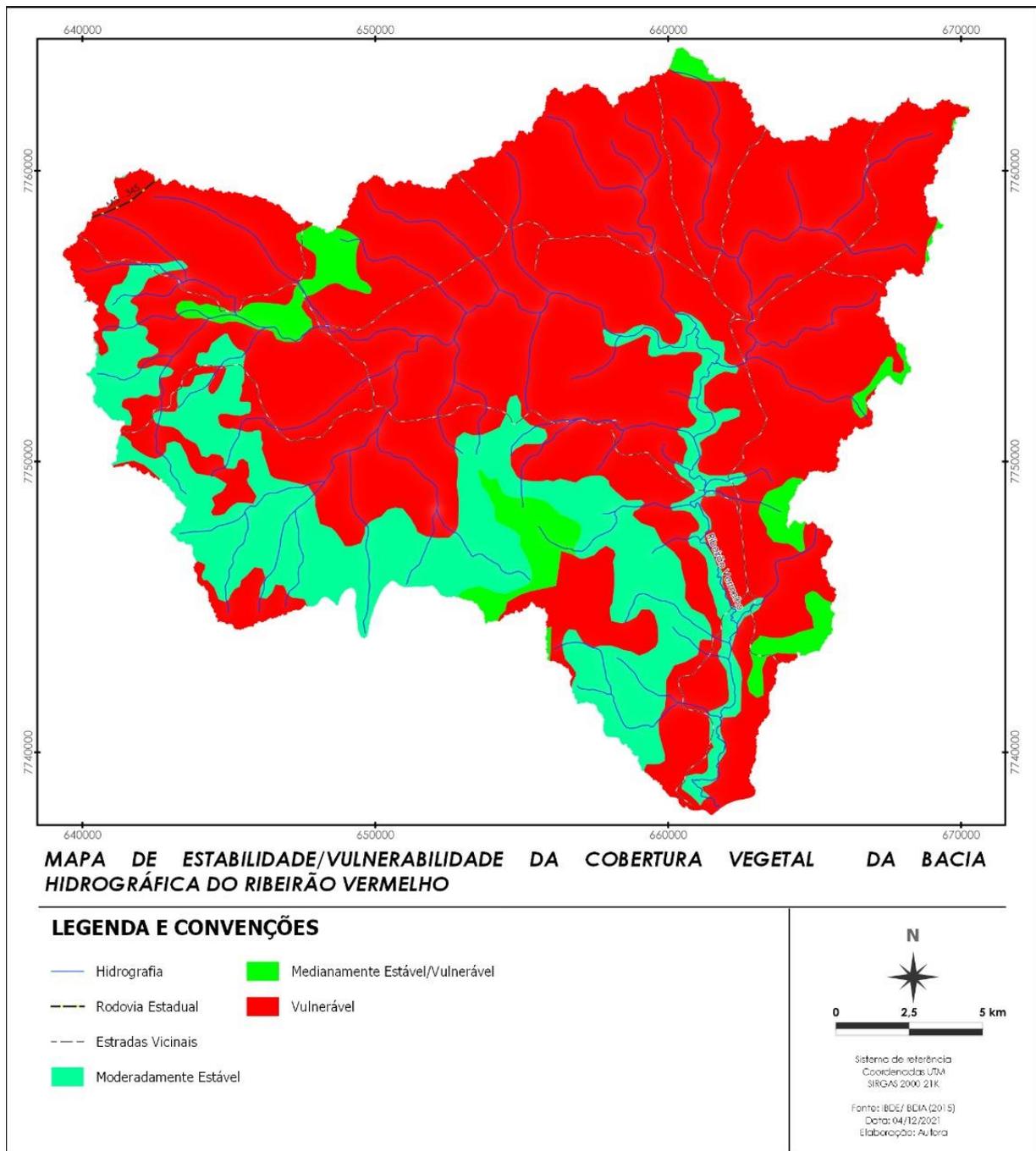
De acordo com a figura 15, prevalecem na bacia áreas vulneráveis em relação à cobertura vegetal. Essas áreas correspondem a 74% da área (tabela 12), prevalecendo a morfogênese. Somente em porções a noroeste e sudoeste da bacia localizam-se áreas moderadamente estável e medianamente estável/vulnerável, onde prevalece o equilíbrio morfogênese/pedogênese. Essas áreas possuem maior cobertura vegetal.

Tabela 12: Classificação estabilidade/vulnerabilidade para cobertura vegetal.

Classes	Área (km ²)	Percentual (%)
Moderadamente Estável	94.61	21.40
Medianamente Estável/Vulnerável	22.63	4.60
Vulnerável	334.41	74.00
Total	451.65	100

Fonte: Elaboração da autora.

Figura 15: Mapa de estabilidade/vulnerabilidade da cobertura vegetal da bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho.



6.1.8 Clima

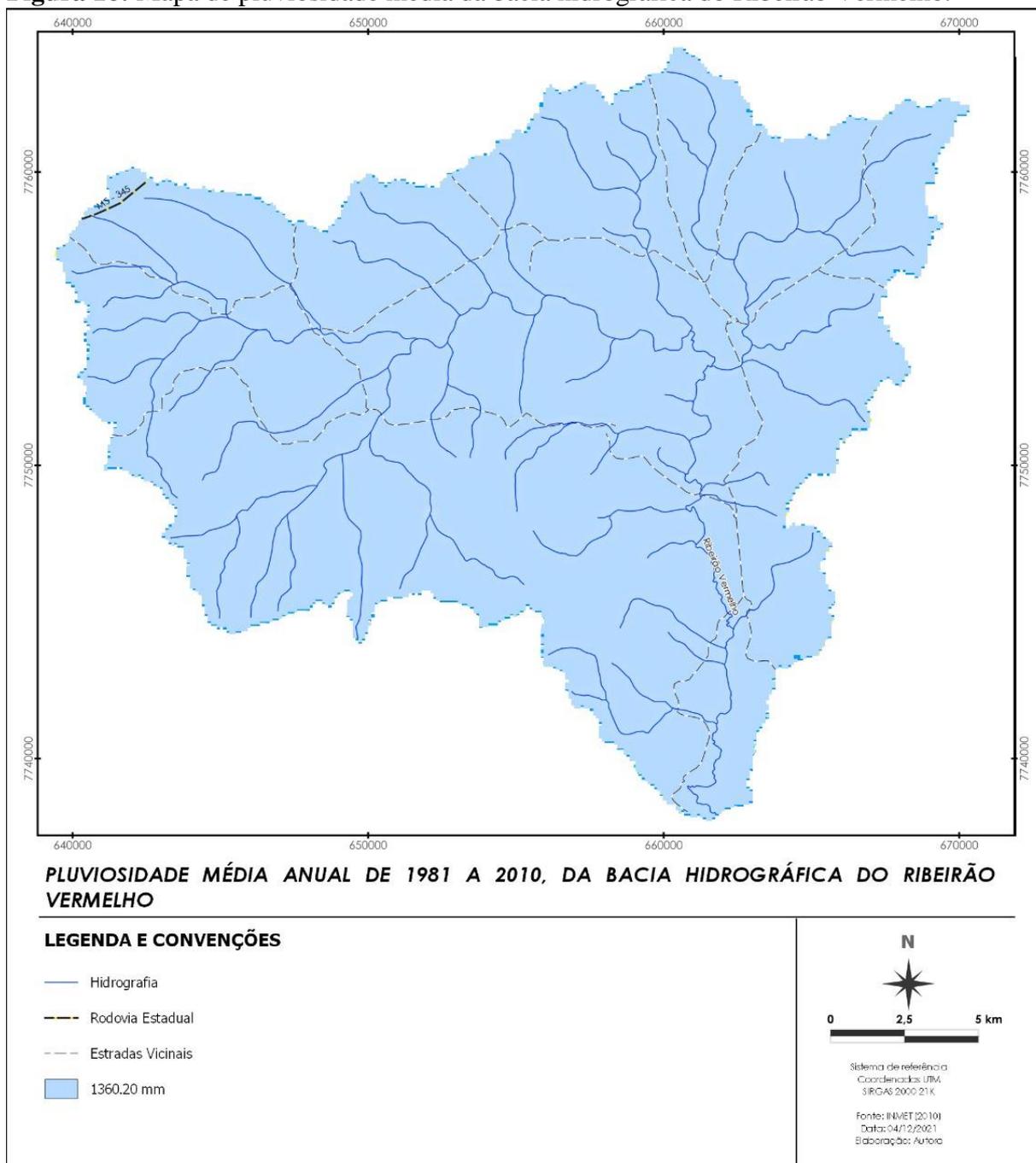
Para essa variável natural, fundamentou-se na classificação climática que usa temperatura e precipitação mensais köppen (1936), que no Estado é classificado (AW) com inverno seco – Tropical. “O clima controla o intemperismo diretamente, através da precipitação pluviométrica e da temperatura de uma região, e também indiretamente através dos tipos de vegetação que poderão cobrir a paisagem” (CREPANI et al, 2001, p.94).

Em Mato Grosso do Sul, o clima é tropical sazonal, bem definido de inverno seco e verão chuvoso, de acordo com o Centro de monitoramento do tempo e do clima em MS (CEMTEC). Em Mato Grosso do Sul, dentre as cidades com dados climatológicos temos: Campo Grande, Corumbá, Coxim, Dourados, Ivinhema, Paranaíba, Ponta Porã e Três Lagoas.

Para Santana et al. (2007, p. 106), “o clima, principalmente no que se refere à variabilidade e irregularidade das chuvas, assume um papel extraordinariamente decisivo no entendimento da erosividade no tempo e no espaço”.

A temperatura média na região durante os períodos de 1981 a 2010 foi de 24° C. A figura 16 demonstra que a pluviosidade média anual, no período de 1981 a 2010 na bacia Hidrográfica do Ribeirão Vermelho é de 1360.20 mm.

Figura 16: Mapa de pluviosidade média da bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho.



A pluviosidade é um fator relevante pela intensidade no ambiente, chuvas fortes em um período pequeno de tempo podem acarretar processos erosivos no solo (SANTOS et al, 2010). A tabela 13 demonstra a Precipitação Média Anual (PMA), a Duração de Período Chuvoso (DPC) e a Intensidade Pluviométrica (IP) e a vulnerabilidade da bacia.

Tabela 13: Classificação pluviométrica da bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho.

PMA (mm)	DPC (meses)	IP (mm)	Vulnerabilidade
1360, 20	10	136,20	1,4

Fonte: Elaboração a autora.

6.1.9 Classes de Estabilidade/Vulnerabilidade - Clima

A figura 17 demonstra que, em relação à intensidade pluviométrica, a bacia é considerada moderadamente estável, prevalecendo, nesse caso, a pedogênese.

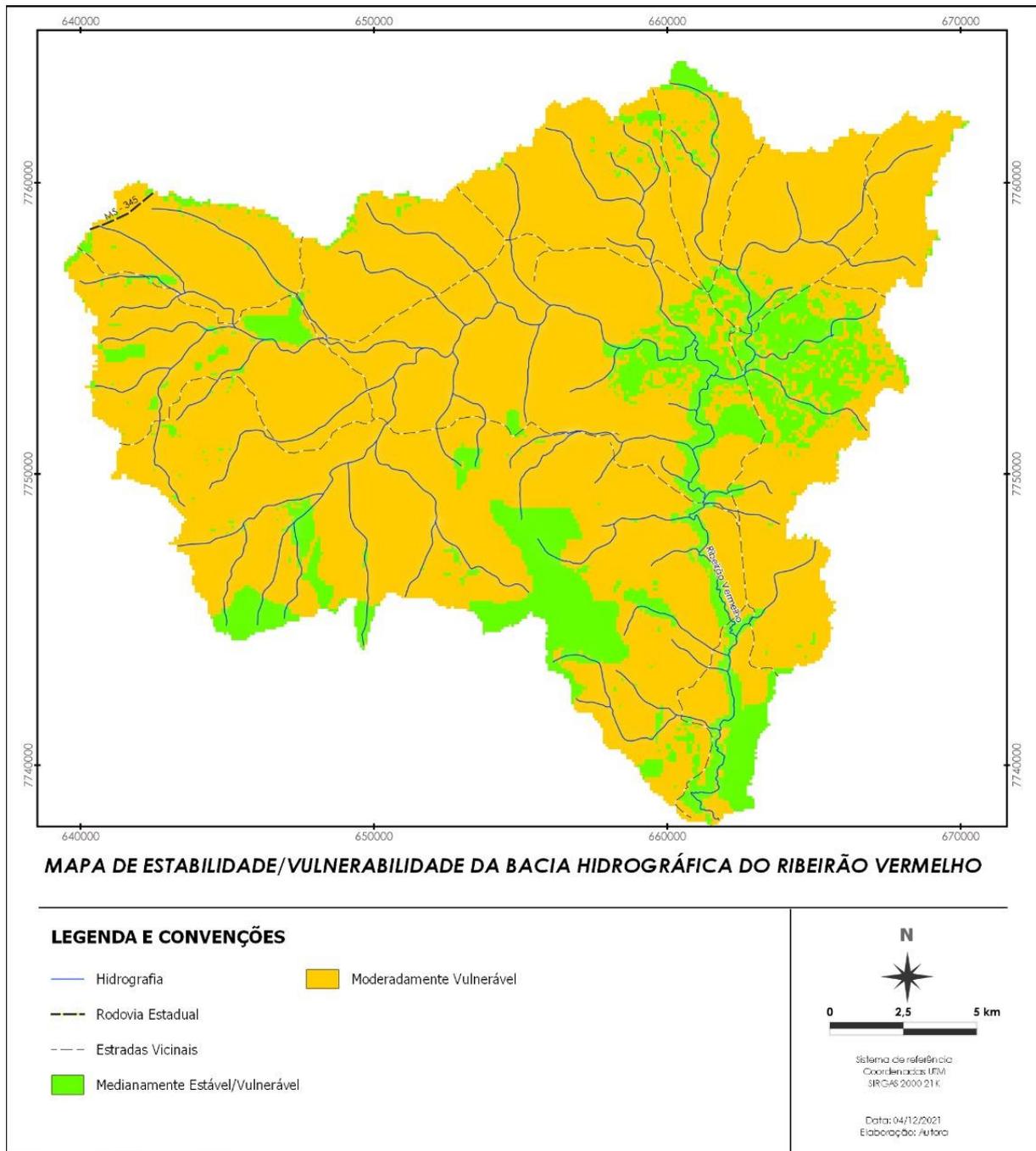
Para Monteiro (1969), a situação climática atual é nossa preocupação e sua descrição geográfica é perfeitamente válida nos termos em que a colocamos. Se os fatos humanos são dotados de maior mobilidade na escala do tempo do que aqueles do domínio natural, não devemos nos esquecer de que, dentre estes, os fatos relativos à atmosfera têm mobilidade especial. Embora a variação das situações climáticas na escala dos tempos geológicos seja lenta, as situações climáticas geográficas, atuais, são essencialmente dinâmicas e mutáveis.

Figura 17: Mapa de estabilidade/vulnerabilidade da pluviosidade média anual da bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho.



6.1.10 Classes de Estabilidade/ Vulnerabilidade - Ribeirão Vermelho

Após a análise das unidades territoriais básicas naturais e a aplicação da álgebra de mapas e seus respectivos graus de interpretação da paisagem, a figura 18 demonstra o grau de vulnerabilidade/estabilidade da bacia.

Figura 18: Mapa de estabilidade/vulnerabilidade da bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho.**Tabela 14:** Classificação estabilidade/vulnerabilidade para a bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho.

Classe	Área (km ²)	Percentual (%)
Moderadamente Vulnerável	373.26	82.71
Medianamente Estável/Vulnerável	78.39	17.29
Total	451.65	100

Fonte: Elaboração a autora.

De acordo com o mapa da figura 23 e com a tabela 16, 82.71% da área é considerada como moderadamente vulnerável, prevalecendo os processos relacionados a morfogênese. Observa-se que nessas áreas que ocupam quase toda a bacia, encontra-se predominante os Neossolo Quatezarênico e a pastagem, que estão na classe vulnerável. Além disso, a classificação para a geologia também obteve maior percentual para moderadamente vulnerável, o que indica que a área pode ser susceptível aos processos erosivos.

Sobre os solos predominantes na bacia que são jovens, as áreas mais propícias a erosão natural são as aquelas associadas à alta declividade, que ocorre em sua maior parte ao sudoeste e oeste da bacia.

Quanto à geomorfologia, observa-se que as áreas de maior percentual foram moderadamente vulneráveis, e dessa forma nota-se que as características naturais que compõem a geomorfologia estão intrinsicamente relacionadas ao grau de estabilidade/vulnerabilidade da bacia, pois a disposição do relevo associado aos parâmetros de dissecação corresponde ao equilíbrio da morfogênese/pedogênese.

Sobre a dissecação vertical, a classe com maior percentual de área é de 40 m a 100 m, isso mostra que sua energia potencial provida pelas águas da precipitação apresenta estabilidade para a formação de erosão por causa da configuração desse relevo. Na dissecação horizontal, a maior classe é de 500 m a 750 m, isso demonstra que os interflúvios têm maiores intensidade de dissecação, que está relacionado diretamente à permeabilidade do solo e da rocha.

Em relação à declividade, o maior percentual de área é de até 6%, ou seja, o relevo é plano, que está disperso em quase toda a bacia. Sobre esse aspecto, prevalecem os processos formadores do solo, pedogênese. A figura 19 mostra uma área de pastagem com vegetação Savânica; na porção oeste da bacia, nessa área, tanto o solo como cobertura vegetal estão equilibrados, não foram identificados processos erosivos.

Figura 19: Foto da declividade plana, pastagem e vegetação Savânica em área de equilíbrio entre morfogênese/pedogênese.



Fonte: A autora, 17/12/21.

Porém, com a declividade um pouco mais acentuada, observou-se no campo o pisoteio dos animais nas margens dos córregos e lagoas, causando a desagregação do solo através do escoamento superficial, podendo causar a erosão, como também a deposição nos corpos hídricos, podendo ocorrer o assoreamento pelos sedimentos, conforme a figura 20.

Figura 20: Foto da declividade um pouco mais acentuada.



Fonte: A autora, 17/12/21.

A cobertura vegetal potencializa o equilíbrio entre a morfogênese/pedogênese. Nessa perspectiva, um elemento condicionante negativo sobre a vegetação de mata nativa é a substituição por áreas de pastagens.

A classe medianamente estável/vulnerável ocupa a área de 78.39 km², equivalendo a 17.29% da bacia; ocorre em áreas pontuais, em sua maior parte no baixo e médio curso do rio, considerado um ambiente com situações intermediárias, onde ocorre equilíbrio entre a morfogênese e a pedogênese.

Observa-se que essas áreas ocorrem em todos os tipos de solo, porém, com a presença de cobertura vegetal de savana florestada e de floresta estacional Semidecidual aluvial. Mesmo em áreas com a declividade mais acentuada, como na porção oeste e com a presença de pastagens, prevalece o equilíbrio entre a morfogênese e a pedogênese, porque a cobertura vegetal, campo sujo, mantém o solo coberto, amenizando o processo de perda de solo pela chuva.

Esse processo de estabilidade ocorre devido aos tipos de solos encontrados nessas áreas, pois são propícios a infiltração da água. Há, também, ocorrência de vegetação adaptada aos dois períodos climáticos, ao longo do curso do Ribeirão Vermelho, alinhado à declividade da bacia que nesses pontos, apresenta classes morfométricas de muito baixas a baixas, apresentando graus de vulnerabilidade de estável a moderadamente estável.

Sobre o clima da bacia, a distribuição sazonal demonstrou que ocorre estabilidade, fato que retarda a denudação. Assim, o impacto *runoff* pode ocorrer em lugares pontuais próximos a relevos de alta declividade. Dessa forma, para o clima prevalecem os processos da pedogênese.

De acordo com o Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Miranda (2015), naquele período, a vulnerabilidade natural da bacia do Ribeirão Vermelho foi classificada como moderadamente estável, a qualidade da água da bacia classificada como boa para rio classe 2 tanto no período de seca quanto no de cheia, com mais de 73% das áreas de preservação permanente com vegetação.

6.1.11 Recomendações sobre os Polígonos de Intervenção Antrópica

Entender a ocupação humana é compreender como e de que forma a área está em relação ao uso, assim, é de extrema relevância o conhecimento prévio das unidades de paisagem natural para haver o equilíbrio entre as fragilidades e potencialidades para explorar os recursos naturais.

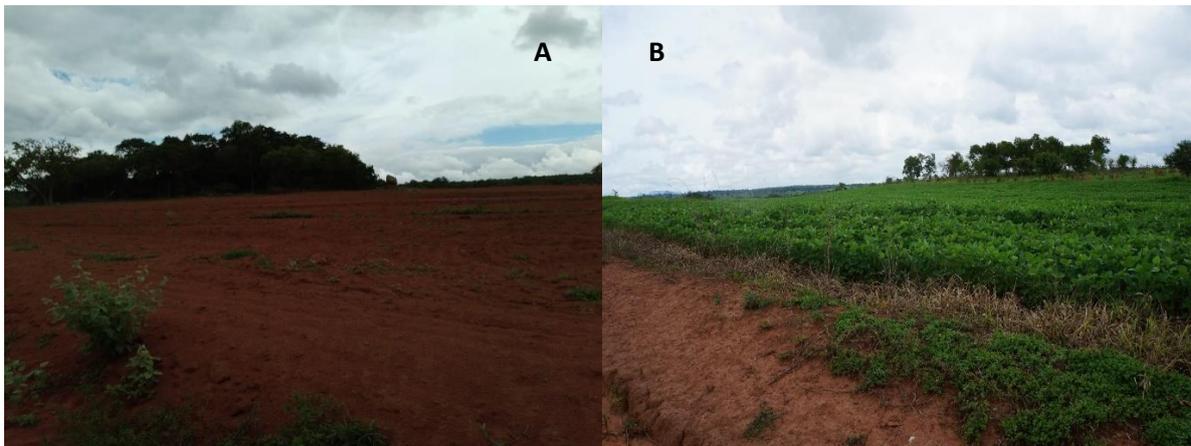
Para mensurar os impactos da “Vulnerabilidade Ambiental” na bacia é necessário um estudo futuro sobre as atividades de uso e cobertura da terra, haja vista que na visita a campo observaram-se áreas com agricultura, especificamente soja, além de extensas áreas de plantação

de eucalipto. Dessa forma os dados expostos da vulnerabilidade natural à perda de solo demonstraram que a bacia em grande parte está moderadamente vulnerável e requer atenção em relação ao uso.

As práticas da pecuária estão presentes em quase toda a área da bacia, principalmente na região centro norte e leste, ao longo do curso do rio. Dessa forma, evidencia-se a necessidade do manejo adequado do solo, pois esta atividade está localizada em áreas naturalmente vulneráveis, em solos quartzosos e em algumas áreas com declividade mais acentuada.

Tal processo pode ocasionar a perda de solo, haja vista que a cobertura vegetal é um fator intrínseco para a proteção, porque ameniza os impactos das chuvas. A foto A da figura 22 demonstra o preparo de solo na bacia para culturas temporárias: nesse período, o solo fica exposto aos processos naturais, como a chuva e o vento, que podem deixar o ambiente susceptível à vulnerabilidade ambiental. A foto B, demonstra o cultivo de soja no solo Neossolo.

Figura 21: Foto A preparo do solo para o plantio, na porção noroeste da bacia, foto B, plantação de soja.



Fonte: Autora, 17/12/21.

Dessa forma, embora a bacia tenha uma cobertura vegetal considerável, é notório que, ao associarmos os resultados de estabilidade/vulnerabilidade supracitado com os distintos usos da cobertura da terra, reafirmamos a imprescindibilidade do equilíbrio entre a morfogênese e a pedogênese para a conservação e preservação da bacia.

[...] através de pagamento por serviços ambientais, como mecanismos de compensação econômica para proprietários de terras que conservem os recursos naturais acima das obrigações impostas pela legislação, principalmente no que se refere à manutenção de formações vegetais primárias. (MATO GROSSO DO SUL, 2015, p.77).

Portanto, o estudo sobre a vulnerabilidade natural à perda de solo da bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho demonstrou que essa bacia é naturalmente equilibrada aos processos morfogênicos e pedogênicos e, embora apresente áreas vulneráveis, pode-se manter e potencializar a conservação da vegetação, que é uma unidade territorial natural indispensável para atenuar a erosão a perda de solo.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Depreende-se, portanto, que, através da análise empírica dos elementos associados aos dados ponderados, pode-se compreender a situação da bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho. De igual maneira, é possível compreender os resultados obtidos sobre a vulnerabilidade natural à perda de solo com a validação em campo, executada para comparar os resultados obtidos, é um tema relevante para promover medidas mitigadoras sobre a forma de ocupar um ambiente, a fim de amenizar os impactos e potencializar o manejo adequado.

Nessa perspectiva, concluiu-se que, apesar da bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho ser classificada como 82.71% moderadamente vulnerável, percebe-se, com a visita a campo e os dados obtidos, que as áreas com cobertura vegetal são fundamentais para manter o equilíbrio dos processos de morfogênese e pedogênese.

Esses resultados foram possíveis com o auxílio do geoprocessamento, pois a aquisição de dados e modelagem são de livre acesso, ou seja, de baixo custo para estudos aplicados à análise ambiental. Uma crítica válida diz respeito à escala dos dados trabalhados: embora não ocasionasse perda na qualidade dos resultados, poderia ser padronizada.

A metodologia norteadora da pesquisa demonstrou que, mesmo depois de duas décadas, se mantém relevante para compreender as unidades de paisagem natural e de maneira integrada interpretar o recorte analisado.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida Filho, G.S. Uso das terminologias de processos erosivos lineares dos tipos ravina e voçoroca. **Revista GEONORTE**, Edição Especial 4, V.10, N.1, p.693-699, 2014.

Almeida, T. A. **Impactos decorrentes das mudanças ocasionadas pelo uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica urbana da UFJF - campus jf sobre o escoamento superficial**. Dissertação. Juiz de fora faculdade de engenharia da UFJF 2016.

AYRES, F. M.; ANDRADE, M. H. da S.; SANTOS, A. B. C. dos; FREITAS, S. C. de. Bacias hidrográficas, escala de aproximação para o ordenamento territorial. **Geofronter**, [S. l.], v. 7, n. 1, 2021.

Ayres, Fabio Martins. **Análise da paisagem e o ordenamento territorial Municipal, por meio Zoneamento Ecológico-Econômico**. / Fabio Martins Ayres. -- Campo Grande, 2018. Tese (doutorado) - Universidade Anhanguera Uniderp, 2018.

BARBOSA, C.C.F. et al. **Operadores Zonais em Álgebra de Mapas e Sua Aplicação a Zoneamento Ecológico- Econômico**. Anais IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos, Brasil, 11-18 setembro 1998, INPE, p. 487-500.

Barbosa, Flávia Darre. **Comitês de Bacias Hidrográficas, representação e participação: desafios e possibilidades a gestão da água e dos recursos hídricos no Brasil/Flávia Darre Barbosa-2019**. São Carlos, Tese (doutorado) –Universidade Federal de São Carlos.

Bastos, Frederico de Holanda. **Geomorfologia** / Frederico de Holanda Bastos, Rubson Pinheiro Maia, Abner Monteiro Nunes Cordeiro. - Fortaleza :EdUECE, 2015.

BELATO, L. S.; SERRÃ, S. L. C.; GANDRA, A. L. F.; AMORIM, I. L. S.. Aplicação da vulnerabilidade ambiental do município de Moju, estado do Pará. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.9, n.5, p.218-230, 2018.

BERTALANFFY, L. V. **Teoria geral dos sistemas**. Fundamentos, desenvolvimentos e aplicações.5.ed.; Petrópolis: Vozes, 1968. Tradução de Francisco M. Guimarães.

_____. **Teoria Geral dos Sistemas**. Petrópolis: Vozes, 1973.

BERTRAND, Georges. **Paisagem e geografia física global: esboço metodológico**. Caderno de Ciências da Terra, n. 13, p. 1-27, 1971.

BOTELHO, R.G.M.; SILVA, A.S. da. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A.J. T (Org.). **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. 1º ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. P. 153-188.

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

CÂMARA, G.et al. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográficas**. DPI/INPE. Rio de Janeiro, abril. 1996.

CÂMARA, G. E MEDEIROS, J.S. **Geoprocessamento para projetos ambientais**. INPE. 2a. Edição - Revisada e Ampliada São José dos Campos, SP maio, 1998.

CAMPOS FILHO, R. P. Um olhar geopolítico sobre a água no cerrado: apontamentos para uma preocupação estratégica, *in* **Cerrados: perspectivas e olhares** / Márcia Pelá, Denis Castilho (orgs.). – Goiânia: Editora Vieira, 2010.

CARVALHO, E.M de. Riscos ambientais em bacias hidrográficas: um estudo de caso da Bacia do Córrego Fundo, Aquidauana/MS/ Elisângela Martins de Carvalho. Aquidauana, 2007.

_____. **Análise diagnóstica de indicadores de erosão do solo na bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS/Elisângela Martins de Carvalho.**-Rio Claro: [sn].2012.

_____, E. M; LEITE, E. F. Erosividade e Erodibilidade na bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS. **Revista Geografar** -Curitiba, v.10, n.2, p.88-111, dez. /2015.

_____, E. M de et al. **Análise preliminar da suscetibilidade à erosão laminar na bacia do córrego da Porteira, Aquidauana/MS.** XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Instituto de Geociências. UNICAMP, Campinas, São Paulo. Julho 2017.

CARVALHO, A. T. F. **Bacia Hidrográfica como unidade de planejamento:** discussão sobre os impactos da produção social na gestão de recursos hídricos no Brasil. Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente, n. 42, v. 1, p. 140-161, jan-jun, 2020.

CASTRO, L.F. **Levantamento e regionalização da fragilidade ambiental e vulnerabilidade à processos erosivos na bacia do rio das Mortes-MG.** Dissertação (Mestrado-Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPGEOG). Universidade Federal de São João Del Rei,2019.

CECONI, D. E et al. Análise de vulnerabilidade visando o planejamento ambiental em bacia de captação para abastecimento público. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo. Vol. 21, 2018.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Análise de Sistemas em Geografia.** São Paulo: Hucitec – Editora da Universidade de São Paulo, 1979. 106 p.

_____, A. **Geomorfologia.** 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

CHUEH, A.M. **Análise do uso do solo e degradação ambiental na bacia hidrográfica do Rio Pequeno - São José dos Pinhais/PR,** por meio do diagnóstico físico-conservacionista – dfc. Curitiba, 2004

CORRÊA, V. R. **Estudo multitemporal da conservação do solo em áreas militares:** Bacia do Rio Preto – GO/DF/MG. (UNB/GEA – Vilson Rocha Corrêa, Brasília/DF. 2018). Dissertação – Departamento de Geografia, Universidade de Brasília.

CORREIA, E. F. G.; RIBEIRO, G. P.; BAPTISTA, A. C. Modelagem hidrológica da bacia hidrográfica do rio bengalas, nova Friburgo, RJ, utilizando o potencial de geotecnologias na definição de áreas de risco de inundação. **Revista Brasileira de Cartografia**,Rio de Janeiro, 67/6, p. 1183-1202, Nov/Dez/2015.

Crepani, E.; Medeiros, J. S. de; Hernandez, P.; Florenzano, T.G.; Duarte, V.; Barbosa, C. C. F. Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecologico-Economico e ao Ordenamento territorial. São José dos Campos,2001. **SAE/INPE.**

DEMARCHI, J. C. et al. Estimativa de perda de solos por erosão laminar e linear na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Perobas (SP), nos anos 1962 e 2011. *Ra'e Ga*, Curitiba, v.46, p. 110 -131, Abr/2019.

EASTMAN, J. R. Idrisi Kilimanjaro: **Guideto GIS and Image Processing**. Worcester: Clark University, p. 328, 2003.

EMBRAPA. **Levantamento de solos e avaliação da aptidão agrícola das terras da microbacia Janela das Andorinhas, no município de Nova Friburgo, RJ** / Braz Calderano Filho... [et al.]. - Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. 52 p.- (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento; n° 27)

_____. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos** (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006.

_____. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos**. Sistema Brasileiro de classificação de Solos. 3.ed. Brasília, 2018. 353p.

Fernandes, P.A; Pessôa, V.L.S. O Cerrado e Suas Atividades Impactantes: Uma Leitura Sobre o Garimpo, a Mineração e a Agricultura Mecanizada. **OBSERVATORIUM: Revista Eletrônica de Geografia**, v.3, n.7, p. 19-37, out. 2011.

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

GODOI, H. O. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil**. Aquidauana. Folha SF.21-X-A. – Escala 1:250.000. Estado de Mato Grosso do Sul / organizado por Hélios de Oliveira Godoi. Brasília: CPRM, 2001.

GUIMARÃES, F. S. et al. Uma proposta para automatização do Índice de dissecação do relevo. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 18, n. 1, p. 155-167, 2017.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. **Censo Demográfico 2010**. Cidades. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. **BDiA**, Banco de Dados de Informações Ambientais. Rio de Janeiro: IBGE, 2015.

Jenson, SK e JO Domingue. 1988. **Extraindo estrutura topográfica de dados de modelo digital de elevação para análise de sistema de informação geográfica**. Fotograma. Eng. e Remote Sens. 54: 1593-1600.

LEPSCH, I. F. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciências, 1991.

LIMA, A. J. R.; NERY, J.T. **Revisitando o conceito de bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão e a governança das águas**. XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física, I Congresso Nacional de Geografia Física. Unicamp-São Paulo, 2017.

LIMBERGER, L. Abordagem sistêmica e complexidade na geografia. **Geografia** - v. 15, n. 2, jul./dez. 2006. Disponível em <http://www.uel.br/revistas/geografia>.

LOPES, L. G.N et al. Teoria Geral dos Sistema nas ciências naturais. Copyright© jan-fev 2015 do(s) autor(es). Publicado pela **ESFA** [online] <http://www.naturezaonline.com.br> Lopes LGN, Silva AG, Goulart ACO (2015) A Teoria Geral do Sistema e suas aplicações nas ciências naturais. *Natureza on line* 13 (1): 1-5.

LUERS, A. L. The surface of vulnerability: An analytical framework for examining environmental change. **Global Environmental Change**. N° 15, p. 214–223, 2005.

MACIEL, M. M. **Aplicação da equação universal de perdas de solos-USLE em ambiente de geoprocessamento e sua comparação com a aptidão agrícola**. Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR,2000.

MARQUES NETO, Roberto. **A abordagem sistêmica e os estudos geomorfológicos**: algumas interpretações e possibilidades de aplicações. *Geografia* - v. 17, n. 2, jul./dez. 2008 – Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Geociências.

Martins, M. S. de M. Índice de vulnerabilidade natural para a conservação da área de proteção ambiental do rio Uberaba- MG/ Magda Stella de Melo Martins – Jaboticabal, 2020.

MATO GROSSO DO SUL. **Atlas Multirreferencial**. Mato Grosso do Sul, 1990.

_____. Secretaria de Estado e Planejamento de Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul-SEPLAN-MS. Campo Grande, 1992.

_____. **Zoneamento Ecológico Econômico de Mato Grosso do Sul**. Campo Grande, 2015.

_____. Secretaria de Estado de Meio Ambiente, do Planejamento, da Ciência e Tecnologia e Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul. **Plano estadual de gestão de recursos hídricos de Mato Grosso do Sul**: resumo executivo. Campo Grande, 2016.

_____. Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Desenvolvimento Econômico, Produção e Agricultura Familiar-**SEMAGRO**. Mato Grosso do Sul tem novo mapa turístico. Campo Grande, 2016.

KÖPPEN, W.;GEIGER, R. **Das geographische System der Klimate**. Handbuch der Klimatologie. – Gebu“der Borntra“ger, v.1, 1–44, part C.Berlim,1936.

MATOS, T. V.S. **Determinação de áreas de vulnerabilidade à erosão hídrica com base na Equação Universal de Perda de Solo (USLE)**. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

Merten, Gustavo H; Minella, Jean P. **Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais**: um desafio atual para a sobrevivência futura. *Agroecol. e Desenvol. Rur. Sustent.* Porto Alegre, v.3, n.4, out/dez 2002.

Minas Gerais. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Práticas de geoprocessamento em QGIS** / Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. 2. ed. --- Belo Horizonte: Semad, 2019.

MONECHE, M.S.de F. **A perspectiva geomorfológica: subsídios a análise ambiental.** Universidade Federal do Espírito Santo Centro de Ciências Humanas e Naturais departamento geografia. Vitória, 2009.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. **A Frente Polar Atlântica e as Chuvas de Inverno na Fachada Sul-Oriental do Brasil** (Contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil). São Paulo: Universidade de São Paulo/Instituto de Geografia, 1969. (Teses e Monografias, 1).

MOREIRA, M. A. **Fundamentos de sensoriamento remoto e metodologias de aplicação.** 4. Ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2011.a-b.

NASCIMENTO MACHADO, Ludmila et al. Vulnerabilidade à perda de solo na bacia hidrográfica do Lajeado Pessegueiro, Brasil. **Scientia Agropecuaria**, Trujillo, v. 8, n. 2 P. 137-147, abril 2017.

Neto, C. G.et al. **Desafios na classificação automática de fitofisionomias do Cerrado brasileiro com base em mapas de referência na escala 1:250.000.** Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE Santos, SP-Brasil. Maio de 2017.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações.** 4ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2010. 387p.

NUNES, A.B; LEITE, E.F. **Geoprocessamento aplicado à determinação do uso e cobertura da Terra da bacia hidrográfica do Rio Areias.** Anais 5º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Campo Grande, MS, 22 a 26 de novembro 2014 Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p. 124 124 -128.

OLIVEIRA, A. M. M. de. **Aplicação de geotecnologias e do modelo EUPS como subsídio ao planejamento do uso da terra: estudo de caso no alto curso da microbacia hidrográfica do Ribeirão Cachoeirinha, Iracemápolis, S.P. / Antonio Marcos Machado de Oliveira. – Rio Claro: [s.n.], 2004.**

OLIVEIRA, F.B. *et al.* **Geotecnologias e suas aplicações.** v1, Alegre, ES. CAUES, 2018.

Oliveira J. L., Fehr, M. **Análise da Vulnerabilidade Erosiva Para a Bacia Hidrográfica do Ribeirão Conquistinha no Oeste de Minas Gerais, Brasil.** Revista Brasileira de Geografia Física v.12, n.07 (2019) 2428-2444.

Oliveira, F. F. G. de; Mattos, J. T. de. Identificação da vulnerabilidade ambiental no litoral sul do Rio Grande do Norte- NE do Brasil. **Geografia**, Rio Claro, v. 39, n. 1, p. 157-178, jan./abr. 2014.

OpenGis site, vídeo publicado dia 25 de agosto de 2020, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=FbD8lg6JJgo>

Pagliarini, M. V. **Mapeamento da vulnerabilidade ambiental da Bacia do Rio Siemens, Região Sudoeste-PR / Marcos Vinicius Pagliarini. – Francisco Beltrão: [s.n.], 2018.**

PAVININ, E.V et al. **Geoprocessamento aplicado ao estudo de vulnerabilidade do solo da bacia hidrográfica do córrego guaribas em Uberlândia-MG**. REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil Vol 13 - nº 2 (2017).

Pereira, P.B. Estado do conhecimento: metodologias para aplicabilidade das geotecnologias nos estudos geoambientais. **Geografia: Publicações Avulsas**. Universidade Federal do Piauí, Teresina, v.1, n. 1, p. 125- 145, jul./dez. 2019. ISSN: 1677-8049.

Petsch, C; Santos, M. L. Análise comparativa entre métodos de estimativas de perda de solos, o caso do Ribeirão Morangueira – PR. **Bol. geogr. Maringá**, v. 33, n. 1, p. 15-26, jan.-abr., 2015.

PINTO, A.L. **Hidrogeologia e qualidade das águas da bacia do rio Miranda/MS**. OLAM Ciência & Tecnologia Rio Claro/SP, Brasil Ano VII Vol. 7 No. 3 Pag. 55 Dezembro/2007.

Pirajá, R. V.; Paranhos filho, A. C.; Silva, M. H. S. Da. Taxonomia do relevo do estado de Mato Grosso do Sul e da bacia hidrográfica do rio Taboco. **Geofronter**, [s. L.], v. 6, n. 1, 2020.

Porto, M. F. A., & Porto, R. L. L. (2008). **Gestão de bacias hidrográficas**. Estudos Avançados, 22(63), 43-60. Recuperado de <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10292>

QGIS Development Team. QGIS Geographic Information System. **Open Source Geospatial Foundation Project**, 2022. Available online: <https://www.qgis.org/en/site/>

REES, Gareth, 1959–**Physical principles of remote sensing** / Gareth Rees. – 3rd ed. Cambridge University Press, 2012.

RODRIGUES, L. P.; LEITE, V. A. W.; AYACH, L. R. Análise da vulnerabilidade à perda de solo na área de proteção ambiental (APA) estrada parque de Piraputanga, municípios de Aquidauana e Dois Irmãos do Buriti (MS). **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros, Seção Três Lagoas - (ISSN 1808-2653)**, n. 27, p. 58-83, 11.

RODRIGUES, L. P.; LEITE, E. F. Análise da energia do relevo e do Uso e Cobertura da terra na bacia Hidrográfica do Córrego ACôgo, MS. **Terr@Plural**, Ponta Grossa, v.15, p. 1-25, e2113833, 2021.

ROMERA e SILVA. **Alguns conceitos relacionados a recursos hídricos no contexto do projeto**.in Capacitação de agentes no processo de gestão de recursos hídricos em atividades de educação ambiental / CBH – PS; equipe técnica Paulo Augusto Romera e Silva, Danilo Augusto Faria, Luiz Guilherme Simões de Sant’Anna, Luciane Aparecida Lemes da Silva, Meire Regina de Almeida Siqueira. Taubaté: CBH – PS, 2009.

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

ROSS, J. L. S.; DEL PRETTE, M. E. RECURSOS HÍDRICOS E AS BACIAS HIDROGRÁFICAS: ÂNCORAS DO PLANEJAMENTO E GESTÃO AMBIENTAL. **Revista do Departamento de Geografia**, [S. l.], v. 12, p. 89-121, 2011. DOI: 10.7154/RDG.1998.0012.0005.

ROSS, Jurandir Luciano Sanchez. **Ecogeografia do Brasil**: subsídios para o planejamento ambiental. São Paulo. Oficina de Textos, 2006.

- ROVANI, F.F.M, VIERA, M. **Vulnerabilidade Natural do Solo de Silveira Martins-RS**. *Floresta e Ambiente* 2016; 23(2): 151-160.
- Sano, S. M. et al. Cerrado: ecologia e flora / **Embrapa Cerrados**. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 2 v. (1.279 p.).
- SANTANA, N. M.P.; CASTRO, S.S.; STONE, L.F.; SILVA, S.C. Chuvas, erosividade, erodibilidade, uso do solo e suas relações com focos erosivos lineares na alta bacia do Rio Araguaia. **Sociedade & Natureza**, v.19, p.103-121, 2007.
- SANTOS, M. T. P. dos; ALMEIDA, M. I. S. de . Vulnerabilidade da paisagem à perda de solos do município de Francisco Sá – MG. **Revista Cerrados**,v. 17, n. 02, p. 290–311, 2019.
- SANTOS, J.O. Relações entre fragilidade ambiental e vulnerabilidade social na susceptibilidade aos riscos. **Mercator**, Fortaleza, v. 14, n. 2, p. 75-90, mai./ago. 2015.
- SANTOS, M.F.S. **Geoprocessamento aplicado ao estudo da vulnerabilidade ambiental da Serra da Calçada – MG**. Belo Horizonte, 2014.
- Santos, G. G et al. Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.14, n.2, p.115–123, 2010.
- SCHIAVETTI, A; CAMARGO, A. F. **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações** / Editores Alexandre Schiavetti, Antonio F. M. Camargo. - Ilhéus, Ba :Editus, 2002.
- SILVA, D. M. da. **Quantificação dos graus de vulnerabilidade das paisagens do município de Miranda-MS**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul-Campus de Aquidauana, 2020.
- Silva, Dionatan Miranda da; Leite, Emerson Figueiredo. Abordagem sistêmica e os estudos da paisagem. **Revista Pantaneira**, V.18, Edição especial IV Workshop do PPGeo/CPAQ/UFMS e 3ª Mostra de pesquisa dos cursos de pós-graduação e graduação em geografia, “Olhares e lugares geográficos do ensino, saúde, ambiente e sociedade na pandemia”, UFMS, Aquidauana-MS, novembro de 2020.
- SILVA, Elaine B. da[et al]. “Análise da distribuição espaço-temporal das pastagens cultivadas no bioma Cerrado entre 1970 e 2006”. In: Revista **IDeAS** – Interfaces em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade, Rio de Janeiro – RJ, v. 7, n. 1, p. 174-209, 2013.
- SILVA, Leandro Félix da; BACANI, Vitor Matheus. Análise da Fragilidade Ambiental e das Áreas de Preservação Permanente da Bacia Hidrográfica do Córrego Fundo, Município de Aquidauana-MS. **Caderno de Geografia[online]**, Belo Horizonte, v.27, n.49, abr-jun, 2017
- Silva, Mauro Henrique Soares da. **Análise da Paisagem do Pantanal da Nhecolândia: estudo de caso das lagoas salitradas sob a perspectiva do Modelo GTP (Geossistema – Território – Paisagem)** / Mauro Henrique Soares da Silva. - Presidente Prudente: [s.n], 2012 xix, 253 f.: il.
- SILVA, M.L.N. et al. **Manejo e conservação do solo e da água: guia de estudos** / Marx Leandro Naves Silva ... [et al.]. – Lavras: UFLA, 2015. 74 p.: il.
- SILVA NETO, J. C.; ALEIXO, N. C. R. Análise temporal da vulnerabilidade da paisagem à perda dos solos na bacia hidrográfica do rio Salobra- Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul **Revista Formação (Online)** Vol. 2; n. 23, jul/ 2016. 252-270p.

Silva, Jeissy Conceição Bezerra da. **Análise geoambiental do Complexo industrial portuário de Suape - PE** / Jeissy Conceição Bezerra da Silva. – 2016.

SOTCHAVA, V. B. **Estudo de Geossistemas**. Métodos em Questão nº 16. São Paulo: IG, USP, 1977.

Streck EV, et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: EMATER/RS; 2008.

SPÖRL, C. **Metodologia para elaboração de modelos de fragilidade ambiental utilizando redes neurais artificiais**. Tese de (Doutorado) -Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

TREVISAN, A. B. **Estudos e modelagem da qualidade da água do rio Papaquara**. Florianópolis-SC 2011.

TRICART, Jean. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro, IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977. 91 p. il. (Recursos Naturais e Meio Ambiente, 1).

TROPPEMAIR, Helmut. **Biogeografia e Meio Ambiente**. São Paulo: Editora Technical Books, n.9, 1980

TOMAZONI, J. C.; GUIMARÃES, E. A sistematização dos fatores da EUPS em SIG para quantificação da erosão laminar na bacia do Rio Jirau. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 57, n. 3, 11.

VALE, Cláudia Câmara do. Teoria Geral do Sistema: histórico e correlações com a Geografia e com o estudo da paisagem. **ENTRE-LUGAR**, [S.l.], v. 3, n. 6, p. 85-108, dez. 2012.

WOLKMER, M. F. S; PIMMEL, N. F. **Política Nacional de Recursos Hídricos: governança da água e cidadania ambiental**. Sequência (Florianópolis), n. 67, p. 165-198, dez. 2013.