

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

ANALYSIS OF NATURAL VULNERABILITY TO SOIL LOSS IN THE RIBEIRÃO
VERMELHO WATERSHED/MS

ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD NATURAL DE LA PÉRDIDA DE SUELO EN
LA CUENCA DEL RIBEIRÃO VERMELHO/MS

Adriana Bilar Chaquime dos Santos¹

Elisangela Martins de Carvalho²

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 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 pedogênese; 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, com 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 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 Ribeirão Vermelho watershed, in the municipalities of Aquidauana and Dois Irmãos do Buriti, inserted in the Miranda River watershed. In this perspective, the general objective of the research is to identify the natural vulnerability 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,

¹ Mestra em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Aquidauana/MS. E-mail: adrianabilar@hotmail.com. Lattes iD: <http://lattes.cnpq.br/2789620289136425>. Orcid iD: <https://orcid.org/0000-0003-2610-0870>.

² Doutora em Geografia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Professora na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Aquidauana/MS. E-mail: elisangela.carvalho@ufms.br. Lattes iD: <http://lattes.cnpq.br/5349957210819360>. Orcid iD: <https://orcid.org/0000-0002-8457-6319>.

with the attribution of degrees of vulnerability for each landscape unit, being: Geology, Geomorphology, Soil, Climate and Vegetation Cover. The 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 moderately vulnerable, with pedogenesis processes prevailing; the medium stable/vulnerable class corresponds to 17.29% of the basin; it occurs in punctual areas, mostly in the lower and middle course of the river, considered an environment with intermediate situations, and a balance occurs 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 balanced to the morphogenetic and pedogenetic processes that, although it presents vulnerable areas, it can maintain and enhance the conservation of vegetation, which is a natural territorial unit essential to mitigate erosion and soil loss.

Keywords: Soil erosion; Geoprocessing; Cerrado.

Resumen: Para demostrar las debilidades y potencialidades que existen en la región, el corte elegido fue la cuenca del Ribeirão Vermelho, en los municipios de Aquidauana y Dois Irmãos do Buriti, insertados en la cuenca del río Miranda. Desde esta perspectiva, el objetivo general de la investigación es identificar la vulnerabilidad natural de la cuenca del Ribeirão Vermelho en relación con la pérdida de suelo. De acuerdo con la metodología utilizada, el grado de vulnerabilidad de las unidades territoriales básicas se identifica en base a la morfogénesis y pedogénesis, con atribución de grados de vulnerabilidad para cada unidad de paisaje, siendo: Geología, geomorfología, suelo, clima y cubierta vegetal. Los mapas temáticos se desarrollaron en el software QGIS 3.16 Hannover, y luego se aplicó la ponderación. Los resultados obtenidos muestran que el 82,71% de la superficie se considera moderadamente vulnerable, prevaleciendo los procesos de pedogénesis; la clase medianamente estable/vulnerable corresponde al 17,29% de la cuenca; se da en zonas puntuales, mayoritariamente en el curso bajo y medio del río, considerándose un entorno con situaciones intermedias, y se produce un equilibrio entre morfogénesis y pedogénesis. Por lo tanto, el estudio sobre la vulnerabilidad natural a la pérdida de suelo de la cuenca del Ribeirão Vermelho mostró que esta cuenca está naturalmente equilibrada a los procesos morfogenéticos y pedogenéticos que, aunque presenta áreas vulnerables, puede mantener y potenciar la conservación de la vegetación, que es una unidad territorial natural esencial para mitigar la erosión y la pérdida de suelo.

Palabras clave: Erosión del suelo; Geoprosesamiento; Cerrado.

Introdução

A relação entre o homem e o ambiente natural para a geografia é importante, pois, juntos, transformam e dão continuidade para o desenvolvimento da sociedade. 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 ambiente físico e antrópico.

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, 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.

“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.

Nesse sentido, o objeto de estudo são as bacias hidrográficas, as quais se enquadram como recorte natural de 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. Nesta perspectiva, 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 interações 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.

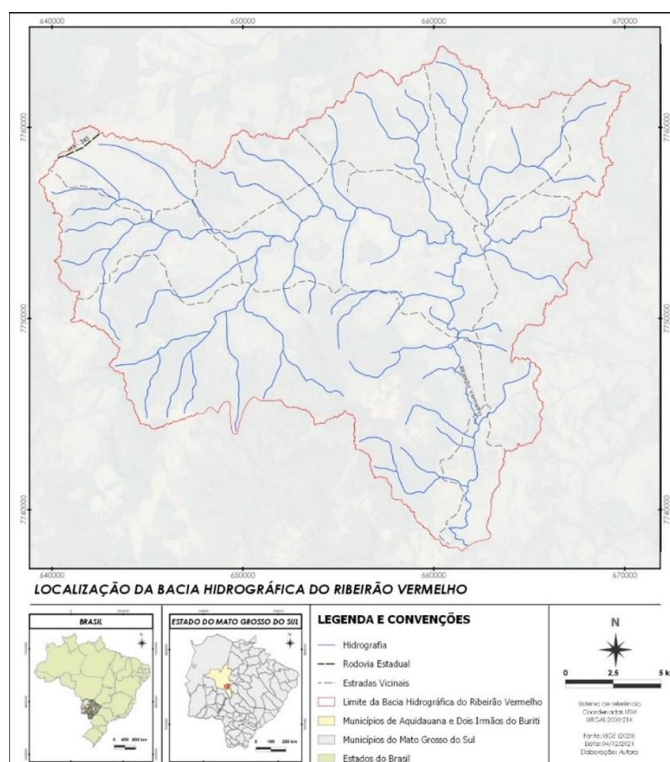
O uso do Geoprocessamento auxilia no processo de manipulação dos dados adquiridos, como o uso do sensoriamento remoto, que capta as imagens aéreas ou orbitais. Esses dados são transformados em informações, que podem ser aplicadas em diversos fins, como a vulnerabilidade natural relacionada à perda de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

Portanto, o objetivo geral desse artigo é analisar a vulnerabilidade natural da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Vermelho em relação à perda de solo. Assim, identificar e mapear as unidades territoriais básicas, aplicar álgebra de mapas na produção cartográfica de síntese e avaliar a influência natural da vulnerabilidade à perda de solo na bacia.

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°39'54" e 55°21'57" de longitude oeste e 20°12'41" S e 20°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.



Fonte: Elaborado pelas autoras.

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. Nessa perspectiva, é fundamental compreender a vulnerabilidade natural.

Metodologia

A metodologia utilizada é fundamentada em Crepani et al (2001), que visa 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).

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*, Ayres et al (2021).

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.

Para a obtenção da Geomorfologia, 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.

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 no estado, 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 e aplicado a interpolação “Inverso da Distância à Potência” (IDW), depois classificado e categorizado.

Para a elaboração dos mapas de vulnerabilidade, são 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), como demonstra a tabela 1. 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).

Tabela 1: 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

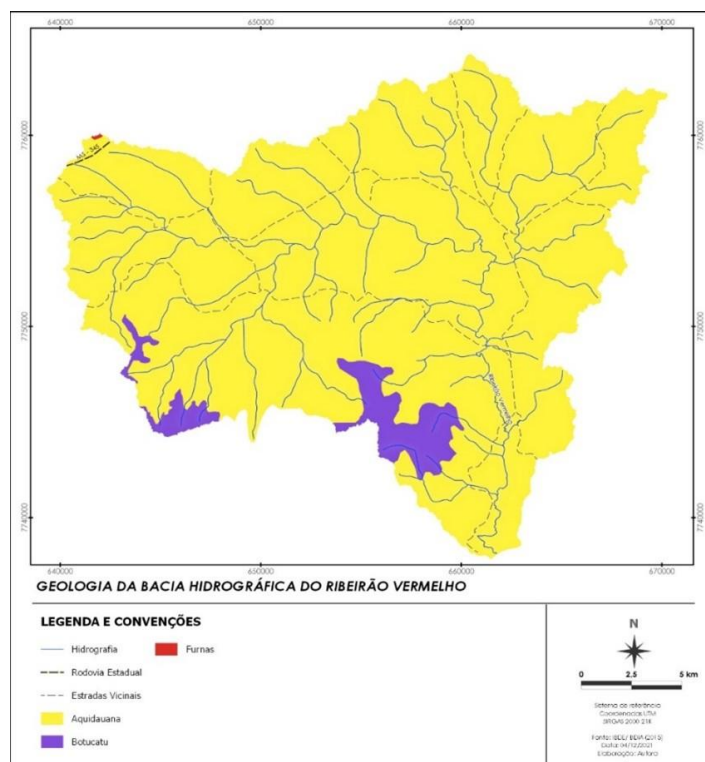
Fonte: Crepani et al (2001).

Para a elaboração do mapa de vulnerabilidade, foi aplicada a fórmula de acordo com a Equação das unidades de paisagem, na qual a vulnerabilidade é igual a somatória da vulnerabilidade para geologia, geomorfologia, solos, vegetação e clima, divididos por cinco. Foi realizado um campo na área para observar as características da paisagem.

Resultados e discussão

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 3.

Figura 3: Mapa de geologia da bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho.

Fonte: Elaborado pelas autoras.

A Formação Aquidauana ocupa 429.59 km² da bacia, correspondendo a 95% da área (tabela 2). A Formação Aquidauana é caracterizada pela natureza detrítica de seus sedimentos, essencialmente arenosos e feldspáticos e de coloração predominantemente avermelhada (Godoi, 2001).

Tabela 2: Área, percentual e vulnerabilidade de geologia.

Formação Rochosa	Área (km ²)	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.

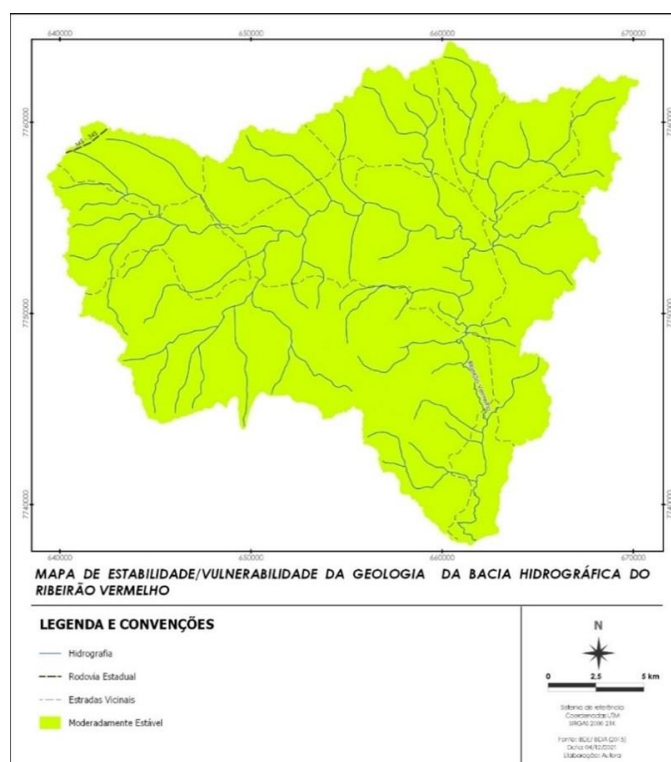
Classes de Estabilidade/Vulnerabilidade - Geologia

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 4.

Figura 4: Mapa de estabilidade/vulnerabilidade de geologia da bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho.



Fonte: Elaborado pelas autoras.

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.

Geomorfologia

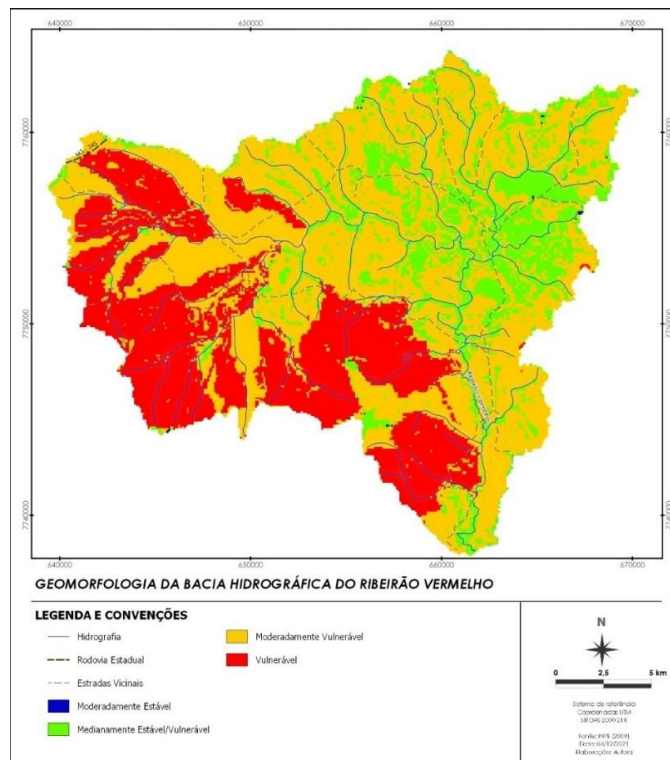
A Geomorfologia compreende o estudo da origem e a estrutura das formas de relevo. A estruturação de elementos da superfície terrestre é representada pela natureza das rochas, pelo clima e por fatores endógenos e exógenos, enquanto os processos morfogenéticos são responsáveis pelas formas do relevo, segundo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

“Os parâmetros do relevo favorecem o entendimento de processos de pedogênese\morfogênese, por apresentar a estabilidade\fragilidade frente aos processos erosivos na área em questão” (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).

Classes de Estabilidade/Vulnerabilidade - Geomorfologia

Diante das características do relevo apresentadas anteriormente, a figura 5 demonstra as classes de estabilidade/vulnerabilidade da área de estudo.

Figura 5: Mapa de estabilidade/vulnerabilidade de geomorfologia da bacia.



Fonte: Elaborado pelas autoras.

Em relação à geomorfologia, predominam na bacia áreas moderadamente vulneráveis, correspondendo a 52% da área de estudo (tabela 3), 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 3: Classificação estabilidade/vulnerabilidade para geomorfologia.

Classes	Área(km ²)	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: Elaborado pelas autoras.

Solos

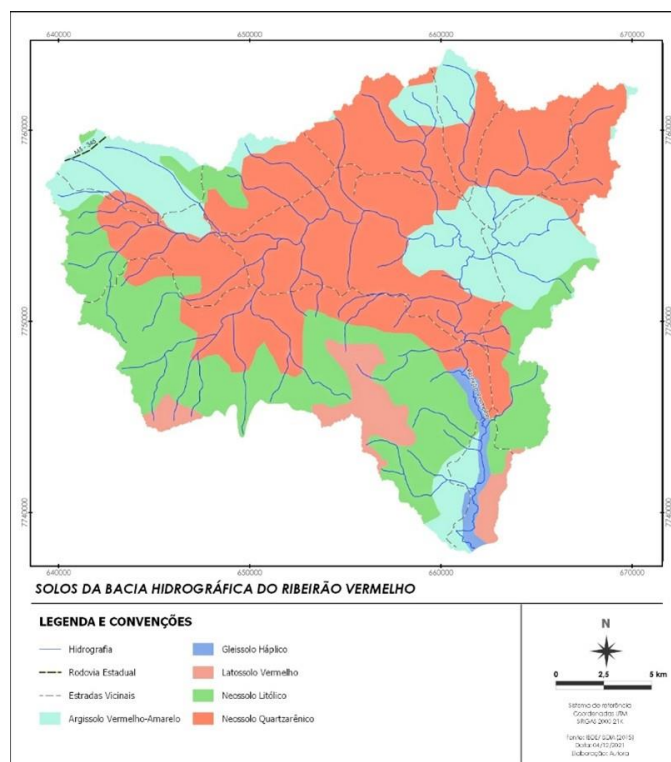
A tabela 4 apresenta as respectivas áreas das classes de solo e suas porcentagens em relação ao total da área da bacia, bem como a vulnerabilidade à perda de solo.

Tabela 4: Área, percentual e vulnerabilidade de solos.

Tipos de solos	Área (km ²)	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 das autoras.

A figura 6 demonstra a espacialização das classes de solos na bacia.

Figura 6: Mapa de solos da bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho

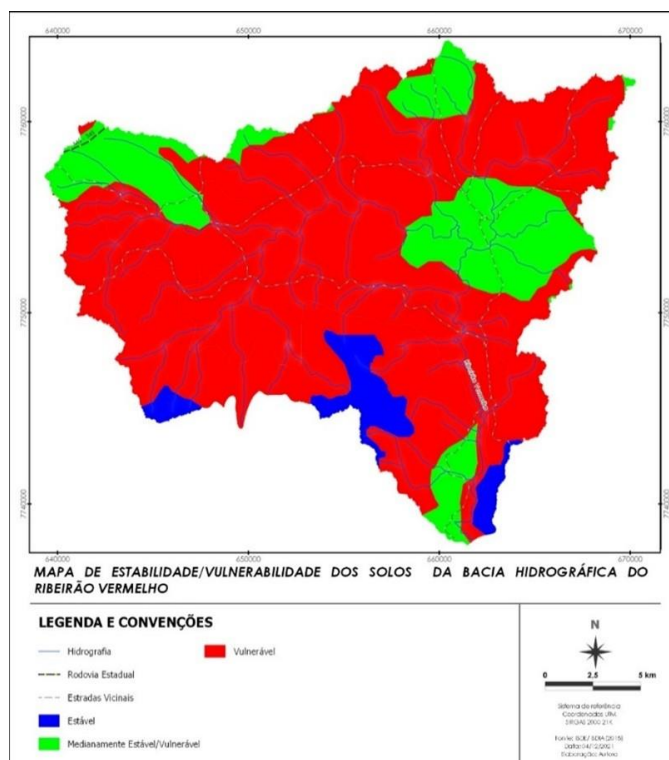
Fonte: Elaborado pelas autoras.

Os Neossolo Litólico e Quartzarênico 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).

Classes de Estabilidade/Vulnerabilidade - Solos

De acordo com a figura 7, 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 5), localizando-se de forma dispersa na bacia.

Figura 7: Mapa de estabilidade/vulnerabilidade dos solos na bacia hidrográfica Ribeirão Vermelho.



Fonte: Elabora pelas autoras.

A tabela 5 demonstra o percentual das áreas classificadas.

Tabela 5: Classificação estabilidade/vulnerabilidade para solos.

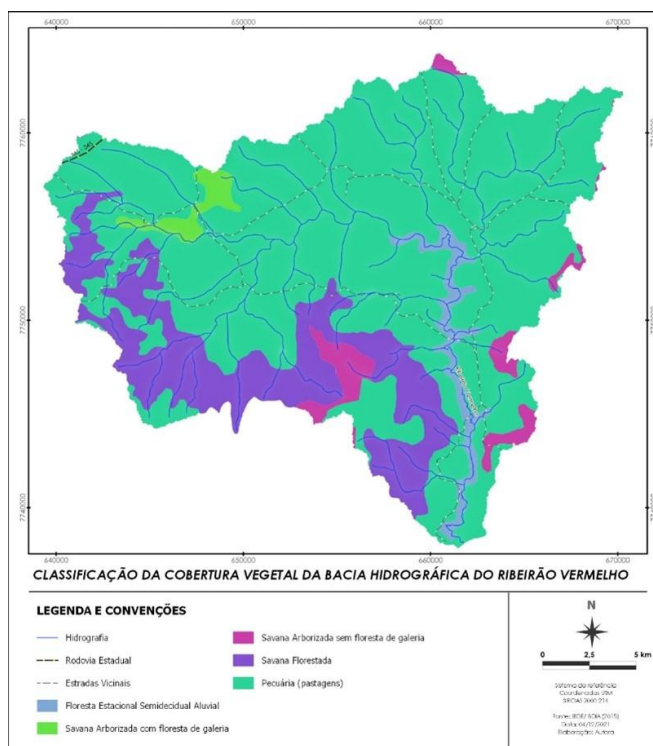
Classes	Área (km ²)	Percentual (%)
Estável	21.95	4.87
Medianamente Estável/Vulnerável	88.28	19.34
Vulnerável	341.42	75.79
Total	451.65	100

Fonte: Elaborado pelas autoras.

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 7, com suas áreas na tabela 6.

Figura 7: Mapa de Cobertura Vegetal da bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho.



Fonte: Elaborado pelas autoras.

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).

Tabela 6: Área, percentual e vulnerabilidade para cobertura vegetal.

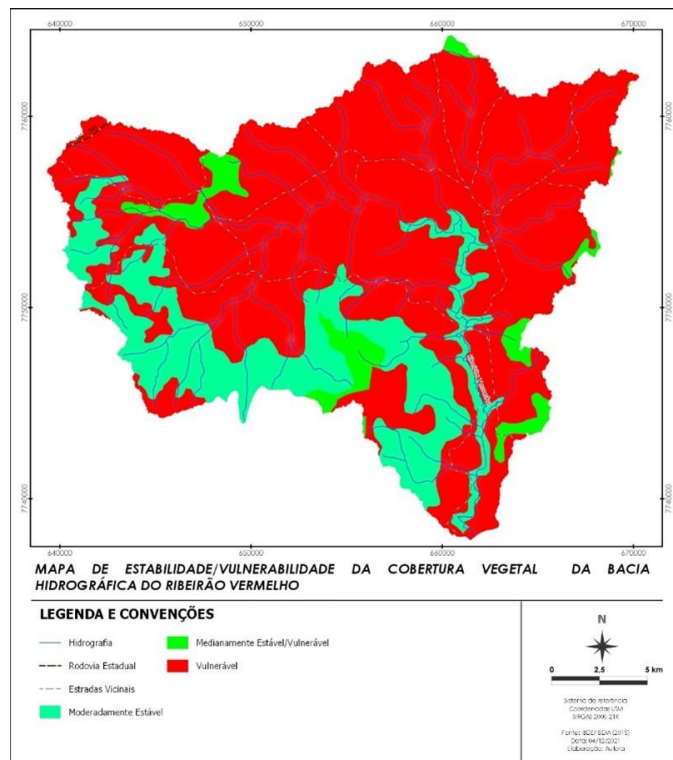
Cobertura Vegetal	(Área km ²)	Percentual (%)	Vulnerabilidade
Floresta Estacional Semidecidual Aluvial	12.98	2.85	1.7
Savana Arborizada com Floresta-de-Galeria	7.29	1.61	2.0
Savana Arborizada sem Floresta-de-Galeria	15.23	3.31	2.0
Savana Florestada (1Sd)	3.10	0.69	1.7
Savana Florestada	78.39	17.29	1.7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

Fonte: Elaborado pelas autoras.

Classes de Estabilidade/Vulnerabilidade - Cobertura Vegetal

De acordo com a figura 8, prevalecem na bacia áreas vulneráveis em relação à cobertura vegetal. Essas áreas correspondem a 74% da área (tabela 7), 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.

Figura 8: Mapa de estabilidade/vulnerabilidade da cobertura vegetal da bacia.



Fonte: Elaborado pelas autoras.

Tabela 7: 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

Clima

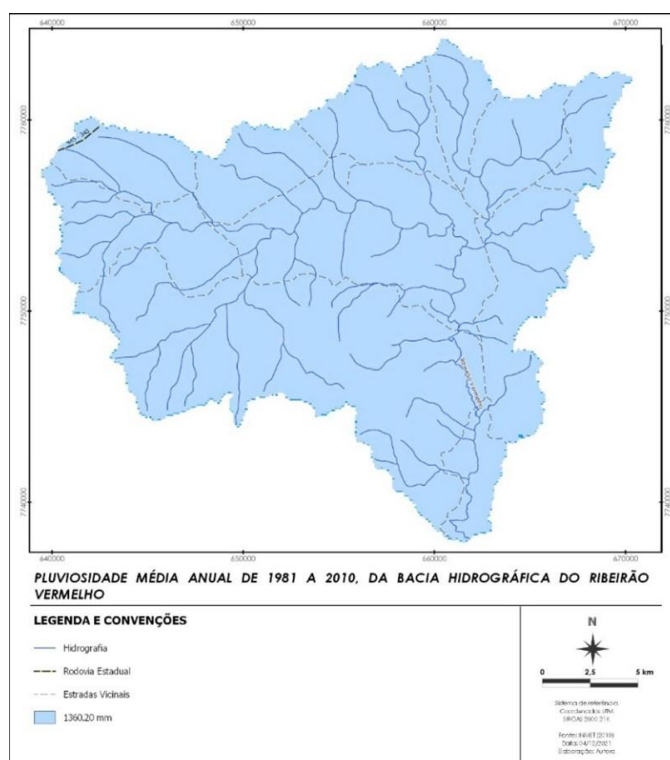
Para essa variável natural, fundamentou-se na classificação climática que usa temperatura e precipitação mensais köppen (1936), que no estado é classificado (AW) com

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), as cidades com dados climatológicos são: Campo Grande, Corumbá, Coxim, Dourados, Ivinhema, Paranaíba, Ponta Porã e Três Lagoas.

A temperatura média na região durante os períodos de 1981 a 2010 foi de 24° C. A figura 8 demonstra que a pluviosidade média anual, no período de 1981 a 2010 na bacia Hidrográfica do Ribeirão Vermelho é de 1360.20 mm.

Figura 8: Mapa de pluviosidade média anual de 1981 a 2010 na bacia.



Fonte: Elaborado pelas autoras.

A pluviosidade é um fator relevante pela intensidade no ambiente, chuvas fortes em um período pequeno podem acarretar processos erosivos no solo (SANTOS et al, 2010). A tabela 8 demonstra a Precipitação Média Anual (PMA), a Duração de Período Chuvoso (DPC) e a Intensidade Pluviométrica (IP) e a vulnerabilidade da bacia.

Tabela 8: Classificação pluviométrica da bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho.

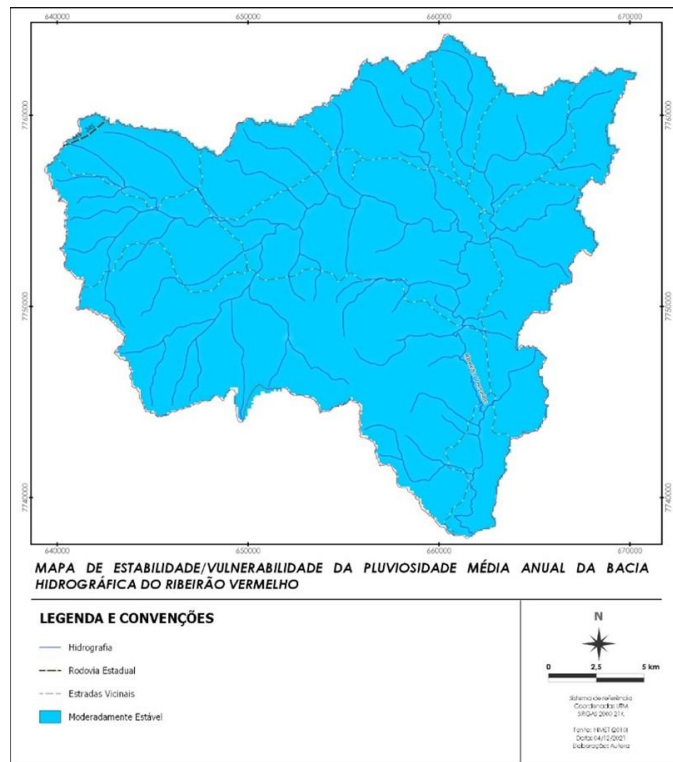
PMA (mm)	DPC (meses)	IP (mm)	Vulnerabilidade
1360, 20	10	136,20	1,4

Fonte: Elaboração a autora.

Classes de Estabilidade/Vulnerabilidade - Clima

A figura 9 demonstra que, em relação à intensidade pluviométrica, a bacia é considerada moderadamente estável, prevalecendo, nesse caso, a pedogênese.

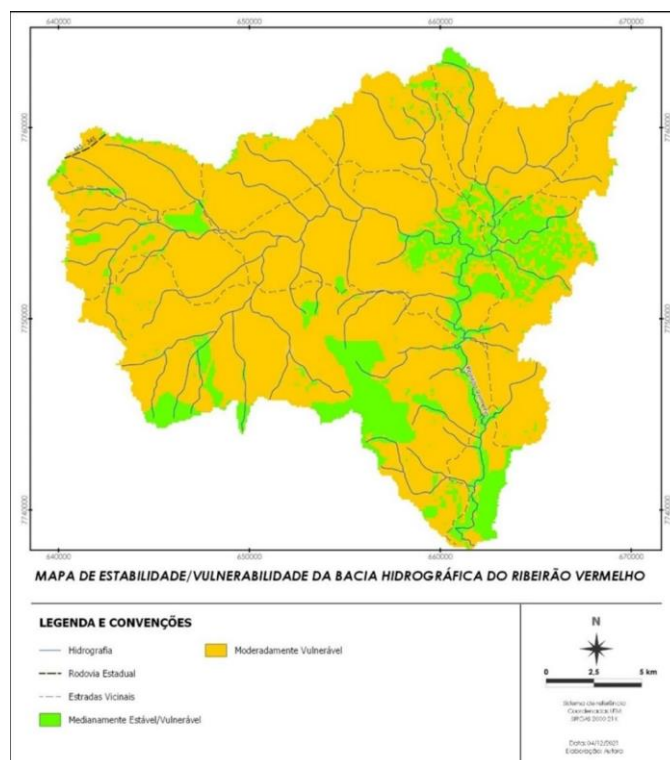
Figura 9: Mapa de estabilidade/vulnerabilidade da pluviosidade média anual da bacia.



Fonte: Elaborado pelas autoras.

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 10 demonstra o grau de vulnerabilidade/estabilidade da bacia.

Figura 10: Mapa de vulnerabilidade/estabilidade da bacia.

Fonte: Elaborado pelas autoras.

Tabela 9: 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: Elaborado pelas autoras.

De acordo com o mapa da figura 10 e com a tabela 9, 82.71% da área é considerada como moderadamente vulnerável, prevalecendo o equilíbrio morfogênese/pedogênese. 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 uma estabilidade entre os parâmetros.

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.

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 11 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 11: Foto da declividade plana, pastagem e vegetação Savânica em área de equilíbrio entre morfogênese/pedogênese.



Fonte: As autoras, 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 12.

Figura 12: Foto da declividade um pouco mais acentuada.



Fonte: As autoras, 17/12/21.

A cobertura vegetal potencializa o equilíbrio entre a morfogênese/pedogênese. Esse fator está relacionado à vegetação do cerrado presente em grande parte da bacia. Nessa perspectiva, um elemento condicionante negativo sobre a vegetação de mata nativa é a substituição por áreas de pastagens, que é feita por queimadas e extração das árvores, ocasionando a fragilidade do ambiente.

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 de baixa argila. Há, também, ocorrência de vegetação acomodada 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.

Considerações finais

Depreende-se, portanto, que, através da análise empírica dos elementos associados aos dados ponderados, pode-se compreender a situação da bacia. De igual maneira, é possível a compreender como a validação em campo, executada para comparar os resultados obtidos sobre a vulnerabilidade natural à perda de solo, é um tema relevante para promover medidas mitigadores 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.

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.

Agradecimentos

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

Referências

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.

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

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.

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.

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.

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.

Instituto Nacional de Meteorologia- Normais climatológicas do Brasil. **INMET**- 2010.

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.

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

MATO GROSSO DO SUL 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.

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.

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

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, e 2113833, 2021.

ROVANI, F.F.M, VIERA, M.Vulnerabilidade Natural do Solo de Silveira Martins RS. **Floresta e Ambiente**. 2016; 23(2): 151-160.

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.

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.

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.

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

*Recebido em 30 de maio de 2022.
Aceito em 30 de junho de 2022.
Publicado em 15 de julho de 2022.*