



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



A vulnerabilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Miranda, Mato Grosso do Sul

Emerson Figueiredo Leite¹, André Geraldo Berezuk², Charlei Aparecido da Silva³

¹ Professor. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus de Aquidauana, Cursos de Graduação e pós-graduação em Geografia, Rua Oscar Trindade de Barros, 740, Bairro da Serraria, Aquidauana, MS, Brasil, CEP: 79200-000. emerson.leite@ufms.br. (Autor correspondente); ² Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, Cursos de Graduação e Pós-graduação em Geografia. Dourados-MS, andreberzuk@ufgd.edu.br; ³ Universidade Federal da Grande Dourados, Cursos de Graduação e Pós-graduação em Geografia. Dourados-MS, charleisilva@ufgd.edu.br;

Artigo recebido em 30/03/2022 e aceito em 20/07/2022

RESUMO

A integridade funcional da paisagem das bacias hidrográficas depende de como se sustentam os elementos que a compõem, como os de natureza físico - bióticos (Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Fitogeografia e Clima) e os elementos derivados das diferentes ações antrópicas. A estabilidade e vulnerabilidade a processos erosivos na bacia consiste na análise integrada destes elementos, de forma a orientar os processos de exploração da área. Os resultados encontrados apontam que a maior parte da bacia se enquadra na classe medianamente estável/vulnerável, correspondendo a uma área de 27.859,35 km² (66,14% de toda a bacia). São áreas que merecem atenção em relação à ocupação, principalmente na aplicação de técnicas de manejo que protejam o solo e os recursos hídricos. A metodologia utilizada demonstrou-se eficiente e apropriada. A estabilidade e vulnerabilidade a processos erosivos para a bacia é um importante indicador ambiental, resultando da interação entre os seus componentes naturais e a ação antrópica nas suas diversas formas de exploração da área.

Palavras-chave: Rio Miranda, estabilidade vulnerabilidade, erosão.

Analysis of the environmental vulnerability of the Miranda River watershed, Mato Grosso do Sul

ABSTRACT

The functional integrity of the landscape of hydrographic basins depends on how the elements which compose it support themselves, as the physical-biotic ones (Geology, Geomorphology, Pedology, Phytogeography, and Climate), and the elements which come from different anthropic actions. The stability and vulnerability of erosive processes in the basin consist of the integrated analysis of these elements, to guide the exploitation processes of the area. The results which were found point out that the greatest part of the basin is in a medium stable/vulnerable class, corresponding to an area of 27,859.35 km² (66.14% of the entire basin). These are areas that deserve attention concerning the occupation, mainly in the application of management techniques that protect the soil and water resources. The methodology used has shown itself efficient and appropriate. The stability and vulnerability to erosive processes in the basin in an important environmental indicator, resulting in the interaction between its natural components and the anthropic action in its diverse ways of exploitation of the area.

Keywords: Miranda River, stability, vulnerability, erosion.

Introdução

A bacia hidrográfica compreende uma faixa territorial bem definida topograficamente, drenada por uma sequência de canais. Nela, conforme Aquino e Mota, existem áreas que, devido às suas características naturais, devem ser preservadas ou terem utilização restrita, o que é conseguido por meio do ordenamento territorial que disciplina os usos do solo de forma a

proporcionar o desenvolvimento socioeconômico, garantindo a conservação ambiental (Aquino e Mota, 2019). Isso requer a compreensão de que a sua utilização pelas diferentes atividades humanas tem consequências sobre seu equilíbrio afetando os recursos naturais (Philippi Jr. *et al.*, 2019).

A bacia hidrográfica, definida pela área cujo fluxo de água superficial ou subterrânea escoa, convergindo para uma saída única, é a unidade de

trabalho que deve ser considerada nos estudos que envolvem os recursos hídricos, estudos geoambientais, com vistas ao planejamento e manejo integrado dos seus recursos naturais (Back *et al.*, 2019; Braz *et al.*, 2020; Souza *et al.*, 2021).

As bacias hidrográficas têm demonstrado seu potencial enquanto unidade sistêmica, tornando-se objeto de estudo em inúmeros estudos (hidrológicos ou geomorfológicos, como também para estudos relacionados a aspectos biológicos, socioeconômicos e socioculturais), e adotada como tal numa diversidade de trabalhos em Geografia e áreas afins (Leite e Rosa, 2010; Materano e Brito, 2020).

A integridade funcional da paisagem das bacias hidrográficas depende de como se sustentam os elementos que a compõem. As intervenções nela realizadas, que não consideram potencialidades e vulnerabilidades, a transformam em sistemas cuja funcionalidade é comprometida. Mendonça e Dias (2019) colocam que a dinâmica acelerada das paisagens instáveis incita a discussão acerca dos impactos socioambientais que o mundo experiencia há décadas. Diversas são as variáveis que avaliam esse cenário e, dentre elas, a concepção dos riscos e vulnerabilidades sociais e ambientais.

Modificações do meio natural são invariavelmente necessárias para garantir o desenvolvimento socioeconômico e para dar suporte ao crescimento populacional. Contudo, muitas dessas alterações do meio geram desequilíbrio, dando origem a fenômenos como a erosão, o assoreamento, a escassez ou degradação da qualidade da água etc. (Tavares *et al.*, 2022).

Antecedendo qualquer ocupação, deveríamos ter conhecimento dos componentes físicos - bióticos (Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Fitogeografia e Clima) que interagindo são denominadas por Crepani *et al.* (2001) de unidades de paisagem natural. Estas variáveis analisadas de forma integrada possibilitam obter um diagnóstico das diferentes categorias hierárquicas de vulnerabilidade dos ambientes naturais (Spörl e Ross, 2004), importante subsídio ao processo de ocupação destes espaços.

Silva, Neves e Vendrusculo (2014) também ponderam que a caracterização dos atributos do meio físico (geomorfologia, geologia, clima etc.), biológico (vegetação) e antrópico (uso da terra) na escala de bacia hidrográfica é uma importante contribuição na realização do diagnóstico básico imprescindível para análise dos conflitos, recomendação de soluções ou diretrizes e a tomada de decisão.

O conhecimento dos mecanismos que atuam nas unidades de paisagem natural serve para orientar as dinâmicas dos polígonos de intervenção antrópica, de maneira a evitar agressões irreversíveis e obter maior produtividade, além de dirigir ações corretivas dentro daqueles polígonos onde o uso inadequado provoca consequências desastrosas (Crepani *et al.* 2001).

Tricart (1977) já explanava que “o conhecimento do quadro natural permite observar a acuidade do perigo de degradação, classificar as unidades naturais em função de sua suscetibilidade”. Conforme Crepani *et al.* (2008), o conhecimento dos espaços, desde suas características físicas até seu estado atual de uso, são desafios impostos pelo desenvolvimento sustentado, de forma que orientem os processos de ocupação a partir das fraquezas e potencialidades evidenciadas.

Aziz Ab’Saber nos lembra que herdamos paisagens e ecologias, pelas quais certamente somos responsáveis, ou deveríamos ser responsáveis, no sentido de utilização não-predatória dessa herança única que é a paisagem terrestre. E reforça a importância de conhecer as limitações de uso específicas de cada tipo de espaço e de paisagem, sempre procurando obter indicações mais racionais, para a preservação do equilíbrio fisiográfico e ecológico (Ab’Sáber, 2003).

Esse entendimento se viabiliza a partir da definição de unidades territoriais básicas, que são as células elementares de informação e análise [...], são entidades geográficas que contêm atributos ambientais que permitem diferenciá-las de suas vizinhas, ao mesmo tempo possui vínculos dinâmicos que a articulam a uma complexa rede integrada por outras unidades territoriais (Becker; Egler, 1997).

Enquanto entidades geográficas, as unidades territoriais básicas devem possuir contiguidade espacial, serem georreferenciadas e pertencerem a uma classificação tipológica que permita seu agrupamento em diversas ordens de grandezas, incluindo aqui as bacias hidrográficas, os municípios e unidades de paisagem (Becker; Egler, 1997).

A análise da dinâmica das paisagens bem como de sua configuração, o uso de mapeamentos e métodos preditivos a erosão são amplamente empregados e tem contribuído ao planejamento de bacias hidrográficas, ainda, evidenciando além de suas características, suas vulnerabilidades (Manoel e Nunes, 2019; Abreu e Vieira, 2020; Faria *et al.*, 2021; Macêdo *et al.*, 2021; Nörnberg e Rehbein,

2021; Sales *et al.*, 2021; Souza *et al.*, 2021, Medeiros e Salinas, 2021).

A vulnerabilidade é uma característica intrínseca dos mais diversos sistemas naturais ou redes sociais, mas que a ação humana sobre esses sistemas ou redes pode causar o agravamento ou a minimização desse grau de vulnerabilidade (Aquino *et al.* 2017). Essa tem origem no potencial de perda e de impacto negativo destes sistemas e/ou estruturas ao falharem (Cütter, 2015). Por sua vez, a análise de vulnerabilidade ambiental permite avaliar a fragilidade de sistemas ambientais frente a determinadas pressões. Essa informação é útil no planejamento ambiental, possibilitando identificar regiões onde a degradação ambiental resultante de uma dada ação tem potencial de causar maior impacto e desenvolver programas visando à redução das fontes de pressão (Figueiredo *et al.*, 2010).

De fato, a vulnerabilidade ambiental pode ser definida como o grau em que um sistema natural é suscetível ou incapaz de lidar com os efeitos das interações externas. Pode ser decorrente de características ambientais naturais ou de pressão causada por atividade antrópica; ou ainda de sistemas frágeis de baixa resiliência, isto é, a capacidade concreta do meio ambiente em retornar ao estado natural de excelência, superando uma situação crítica (Aquino *et al.*, 2017).

Nos estudos da vulnerabilidade dentre os requisitos fundamentais, temos o conhecimento geoespacial e a investigação com base local (Cütter, 2015; Manoel e Nunes, 2019) o que requer a delimitação do sistema ambiental em estudo, assim como a identificação dos seus elementos constituintes (Figueiredo *et al.*, 2010). A avaliação qualitativa e quantitativa de sustentabilidade, vulnerabilidade e riscos ambientais, são ferramentas para uma emergente transformação: a transformação ambiental. Essa, como outras transformações, encontra resistência nos mais diversos setores sociais, porém como está relacionada com a manutenção da vida de todos os indivíduos, vem encontrando, rapidamente, diversos adeptos e a aprovação da opinião pública (Aquino *et al.* 2017).

Neste sentido, o objetivo deste artigo é determinar e analisar vulnerabilidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Miranda-MS considerando os resultados da aplicação da metodologia de Crepani *et al.* (1996) e Crepani *et al.* (2001). De que forma se relacionam as variáveis físicas para expressar os diferentes graus de vulnerabilidade da bacia? Para responder esta questão, o método faz menção a conceitos de

Ecodinâmica de Tricart (1977), pautados numa unidade ecodinâmica que se caracteriza por certa dinâmica do meio ambiente que tem repercussões mais ou menos imperativas sobre as biocenoses e tem sua base no “instrumento lógico de sistema, e enfoca as relações mútuas entre os diversos componentes da dinâmica e os fluxos de energia/matéria no meio ambiente”.

A análise da paisagem por meio de ferramentas de sistema geográfica de informação que compreende trabalhar com um conjunto de *hardware*, *software*, *peopleware* e informação espacial permitem e facilitam a análise, gestão ou representação do espaço e dos fenômenos geográficos que nele ocorrem (Back *et al.*, 2019).

Dos modelos que sintetizam estudos de vulnerabilidade ambiental e os transformam em dados quantitativos são utilizados em grande parte nos trabalhos acadêmicos e na administração pública (Aquino *et al.* 2017) na atualidade. No caso dos modelos de análise integrada da paisagem, sua grande contribuição é a de proporcionar uma maior agilidade no processo de tomada de decisões, servindo de subsídio para a gestão territorial de maneira planejada e sustentável, evitando problemas de ocupação desordenada (Spörl e Ross, 2004).

Material e métodos

Na análise da vulnerabilidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Miranda, Mato Grosso do Sul, utilizou-se os dados cartográficos temáticos disponibilizados pelo IBGE (Brasil, 2020) no formato *shapefile*. Estes dados foram obtidos e ajustados para o limite da bacia hidrográfica do Rio Miranda, sendo eles os dos temas de Geologia, Clima, Geomorfologia, Solos e Vegetação.

Os dados de uso e cobertura da terra foram obtidos do projeto MapBiomass. Foram utilizados os dados da Coleção 5 para o ano de 2019, realizando um recorte do mosaico das matrizes de dados dos biomas Pantanal e Cerrado. A classe temática Arroz Irrigado foi incluída ao mapa utilizando-se da função edição matricial do Spring/INPE. O “Projeto MapBiomass - é uma iniciativa multi-institucional para gerar mapas anuais de uso e cobertura da terra a partir de processos de classificação automática aplicada a imagens de satélite”. A descrição completa do projeto encontra-se em <http://mapbiomas.org> e em Souza Jr. *et al.* (2020).

O método aplicado segue as considerações de Crepani *et al.* (2001) onde o modelo é aplicado individualmente aos temas, Geologia,

Geomorfologia, Solos, Uso antrópico e cobertura vegetal, e Clima, analisando sua contribuição aos processos morfogenéticos e pedogenéticos para cada classe temática. O resultado final se refere a uma média aritmética dos valores individuais. Todos os temas são mapeados e convertidos numa matriz numérica para que receba o valor de ponderação para cada classe temática. A matriz possibilita a álgebra de mapa a partir da utilização da calculadora raster do *software* Qgis.

A equação abaixo é aplicada para determinar a estabilidade / vulnerabilidade da área analisada, adaptando da proposta original e substituindo a cobertura vegetal por uso antrópico e cobertura vegetal.

$$E/V = \frac{(G + R + S + UVg + C)}{5}$$

onde:

E/V = Estabilidade/Vulnerabilidade ambiental a processos erosivos

G = vulnerabilidade para o tema Geologia

R = vulnerabilidade para o tema Geomorfologia

$$R = \frac{(G + A + D)}{3} \text{ onde:}$$

G = Vulnerabilidade atribuída ao Grau de Dissecação.

A = Vulnerabilidade atribuída à Amplitude Altimétrica.

D = Vulnerabilidade atribuída à Declividade.

S = vulnerabilidade para o tema Solos

UVg = vulnerabilidade para o tema Uso antrópico e cobertura vegetal

C = vulnerabilidade para o tema Clima

Em relação aos temas analisados e suas respectivas classes temáticas, foram atribuídos a cada uma delas valores, relativos e empíricos, de estabilidade/vulnerabilidade ambiental (perda de solo), que variam de 1 a 3, conforme a característica avaliada (Tabela 1).

Tabela 1. Elementos e características avaliadas.

ELEMENTOS	CARACTERÍSTICA AVALIADA
Geologia	Grau de coesão das rochas
Geomorfologia	Amplitude altimétrica
	Amplitude interfluvial
	Classes de declividade
Pedologia	Maturidade dos solos
Uso da terra e cobertura vegetal	Densidade da Cobertura vegetal e tipos de uso da terra
Aspectos do Clima	Intensidade pluviométrica

Adaptado de Crepani *et al.*, (1996, 2001).

Conforme observamos a Figura 1, dentro desta escala de vulnerabilidade as unidades que apresentam maior estabilidade são representadas por valores mais próximos de 1,0, as unidades de estabilidade intermediária foram representadas por

valores ao redor de 2,0 enquanto as unidades territoriais básicas mais vulneráveis apresentam valores mais próximos de 3,0 (Crepani *et al.*, 1996, 2001).

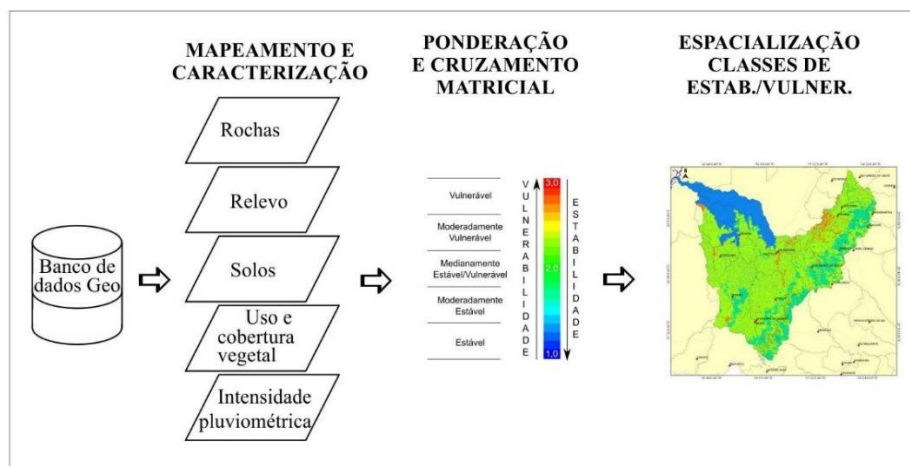


Figura 1. Fluxograma metodológico.

Resultados e discussão

A bacia hidrográfica do Rio Miranda está localizada na porção centro-oeste do Estado de Mato Grosso do Sul. Está situada entre os paralelos de 19° e 22°S e entre os meridianos de 54° e 57°30'W. Conforme observamos na Figura 2 e já citado em Mendes *et al.* (2004), dos 23 municípios formadores da bacia do Miranda (Anastácio, Aquidauana, Bandeirantes, Bela Vista,

Bodoquena, Bonito, Campo Grande, Corguinho, Corumbá, Dois Irmãos do Buriti, Guia Lopes da Laguna, Jaraguari, Jardim, Maracaju, Miranda, Nioaque, Ponta Porã, Porto Murtinho, Rio Negro, Rochedo, São Gabriel do Oeste, Sidrolândia e Terenos), 15 possuem os núcleos urbanos inseridos na bacia.

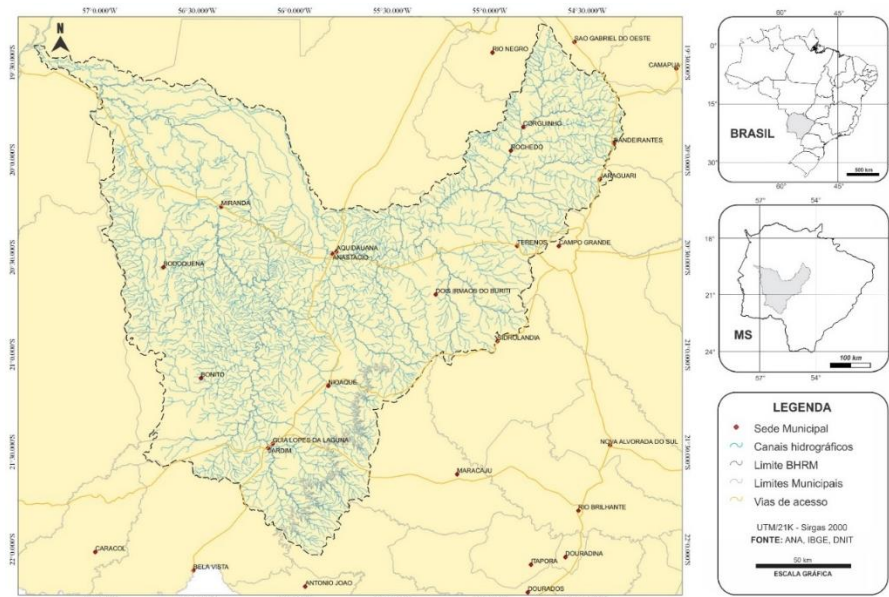


Figura 2. Bacia Hidrográfica do Rio Miranda: localização.

Esta bacia é parte da Bacia do Alto Paraguai, tem grande importância por ser uma das formadoras do Pantanal e tem relevante importância para o ecoturismo na região (Pott *et al.*, 2014). Consistindo nesta forma, uma bacia que pela sua magnitude e localização geográfica expõem sua importância social, econômica e ambiental para o Estado de Mato Grosso do Sul. Possui uma área de 42.124 km² conforme medida obtida sobre o *shapefile* disponível na Base Hidrográfica Ottocodificada da Agência Nacional de Águas, nível 4 (8952).

O principal curso hídrico da bacia é o Rio Miranda (756,65km de extensão) que dá nome a bacia hidrográfica. Sua nascente localiza-se nos limites municipais de Ponta Porã, Guia Lopes da Laguna e Jardim e a foz em Corumbá desaguardo no Rio Paraguai. Destacam-se como principais contribuintes em sua margem direita o Rio Aquidauana (684,00 km) que nasce no município de São Gabriel do Oeste e recebe águas dos Rios Dois Irmãos (177,06 km), Ribeirão Taquaruçu (146,89 km), Agachi (133,45 km) entre outros de

menores extensões e o Rio Nioaque que possui alcance de 161,22 km. Já em sua margem esquerda os principais contribuintes no que se refere a extensão são: Rio Salobra (160,61 km), Rio Formoso (94,75 km), Rio da Prata (90,37km), Rio Chapena (60,28 km) e Rio do Peixe (50,03 km) (Mato Grosso do Sul, 2016).

O fator geológico

A Figura 3 apresenta os principais tipos de rochas mapeados para a bacia hidrográfica do Rio Miranda. Vê-se a variabilidade de litologias, e sua contribuição para a análise e definição da vulnerabilidade ambiental compreendem as informações relativas ao grau de coesão das rochas que a compõem. O grau de coesão das rochas está relacionado à intensidade da ligação entre os minerais ou partículas que as constituem, de forma que, uma rocha pouco coesa prevalece os processos modificadores das formas de relevo, enquanto nas rochas bastante coesas prevalecem os processos de formação de solos (Crepani *et al.*, 2001).

Os Aluviões Holocênicos são

caracterizados pelos depósitos aluvionares que atualmente estão sendo depositados nas margens e leitos dos rios e córregos de maior porte que drenam a área. Apresentam cascalhos grosseiros mal selecionados, com seixos arredondados geralmente em nível inferior, sobrepostos por bancos essencialmente arenosos de granulação fina, contendo níveis siltsosos. Apresentam

espessuras das mais variadas, desde centímetros até dezenas de metros. Podem ser facilmente identificadas em dados de sensoriamento remoto por suas características típicas de planície fluvial, representadas por ilhas aluviais, diques marginais, lagos de meandros em colmatagem, meandros abandonados colmatados e barras em pontal (Brasil, 1982).

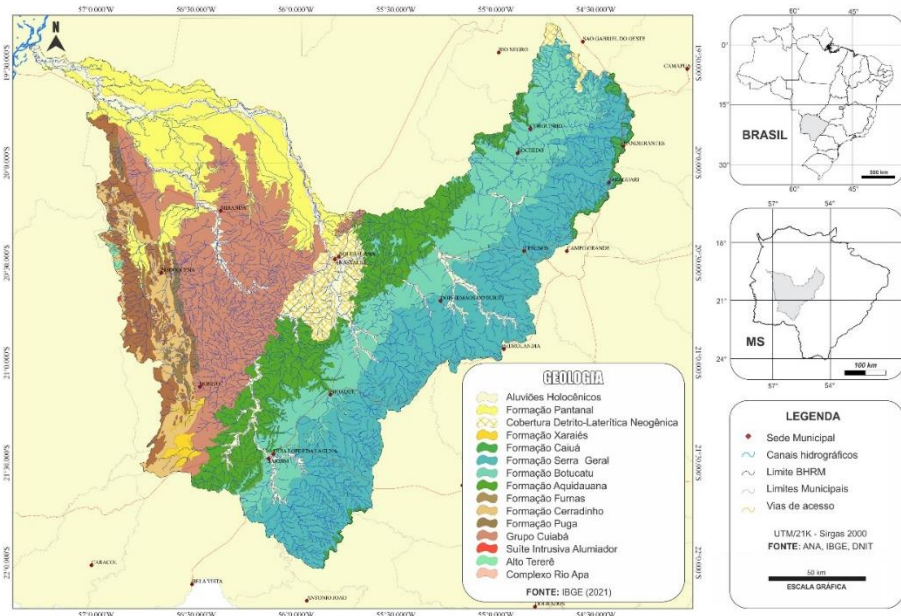


Figura 3. Bacia hidrográfica do Rio Miranda: Geologia

Dignos de registro são as aluviões do rio Nioaque e ribeirão Taquaruçu (Figura 4), no quadrante centro-norte da área trabalhada. Pequenas drenagens a oeste da serra da Bodoquena também comportam esses depósitos (Brasil, 2001).

A Formação Pantanal tem sua origem relacionada com o processo de subsidência da

planície pantaneira. Na área em foco ela é representada pela planície de inundação dos rios Miranda e Aquidauana com seus afluentes. A lenta subsidência da planície deu condições a que se formassem as coberturas sedimentares, pouco espessas, que preenchem os vales dessas drenagens (Brasil, 2001).

Tabela 2. Pesos associados às classes geológicas da bacia

Geologia – classes	Pesos Crepani et al. (1992, 2001)
Aluviões Holocênicos	3
Formação Pantanal	3
Cobertura detrito-laterítica Neogênica	3
Formação Xaraiés	2,9
Formação Caiuá	2,4
Formação Serra Geral	1,5
Formação Botucatu	2,4
Formação Aquidauana	2,4
Formação Furnas	2,4
Formação Bocaina	2,9
Formação Cerradinho	2,5
Formação Puga	1,7
Grupo Cuiabá	1,7
Suíte Intrusiva Alumiador	1,1
Alto Tererê	2
Complexo Rio Apa	1,3

Oliveira e Leonardos (1943) citados em Brasil (1982) consideram como Formação Pantanal os depósitos de vasas, arenitos e argilas que jazem nesta planície, formando uma capa relativamente delgada sobre o fundamento paleozóico da bacia do alto Paraguai. Brasil (1982) cita Almeida (1945b) que descreveu os sedimentos desta unidade como sendo depósitos aluviais que na sua maioria foram depositados, ou ainda o estão sendo, pelos rios recentes, durante o atual ciclo geomórfico. São constituídos de areias finas ou siltes, contendo restos de gastrópodos pulmonados que ainda hoje vivem na região. Almeida (1969) citado por Brasil (1982) considerou a bacia do Pantanal com até 500

metros de espessura de sedimentos quaternários.

Esta formação é constituída por sedimentos arenosos, siltico-argilosos e argilosos, inconsolidados e semiconsolidados, podendo conter alguma matéria orgânica. Em sua maior parte, predomina a fração arenosos, variando a granulação de fina e média. Na parte mais inferior, a fração arenosa torna-se mais grosseira, com grãos subarredondados e subangulosos, tornando-se localmente conglomerática. Os sedimentos argilosos se depositam na época das cheias, principalmente, nas áreas das planícies atingidas pelo extravasamento (Brasil, 1982).



Figura 4. Bacia hidrográfica do Rio Miranda: depósitos sedimentares no canal do Ribeirão Taquaruçu (ECHEVERRIA, 2008).

As rochas da Formação Xaraiés, conforme Almeida (1943 e 1965a) citado por Brasil (1982), apresentam litologias do tipo tufa calcária com vegetais fósseis, tufa calcária leve, muito esponjosa, travertino com gasterópodos e conglomerados com cimento calcário. O autor cita sua ocorrência nos vales dos rios Aquidabã, Formoso e outros, na região da serra da Bodoquena. Ocorrências da Formação Xaraiés são relatadas na terminação sul da serra da Bodoquena, na cabeceira do rio da Prata, também no vale do rio Formoso e na parte centro-sul da Bodoquena, na cabeceira do Rio Perdido. É representada por tufas calcárias e travertinos, depositados ao longo dos vales das drenagens.

As tufas calcárias exibem cor creme-amarelado com manchas esbranquiçadas, granulação variando desde criptocristalina até cristalina grosseira. Normalmente apresentam-se

consolidadas, podendo ocasionalmente ser friáveis, apresentam boa porosidade e aspecto esponjoso, resultado da dissolução de restos de vegetais e animais, englobados durante a deposição. Os travertinos apresentam a mesma coloração e são maciços e poucos porosos. São litologias cuja fonte dos depósitos são as rochas carbonatadas do Grupo Cuiabá (Brasil, 1982).

Medeiros e Salinas (2021) relatam que a fragilidade destas áreas é inerente aos processos químicos da dissolução das rochas carbonatadas. Esses processos fazem com que haja importantes instabilidades no terreno, sobretudo pela facilidade de infiltração pelas fendas e fissuras da rocha, exibindo dutos e caminhos subterrâneos que podem, a qualquer momento diante de um uso intensivo, se abater, formando as tão conhecidas dolinas e abismos, existentes em praticamente todas as regiões cársticas.



Figura 5. Afloramento rochoso no alto curso da bacia (LEITE, 2019a).

A Formação Caiuá é representada por uma característica de uniformidade de litologias, e apresentam pacotes de no máximo 150 m de espessura de arenitos bastantes porosos, facilmente desagregáveis, e na maioria das vezes seus grãos encontram-se envoltos por uma película de limonita (MS, 1990).

São características da Formação Serra Geral os basaltos com aspecto maciço, afaníticos ou finamente faneríticos, cores predominantes cinza-escuro a preto e esporadicamente com amígdalas preenchidas por quartzo ou calcita. Observações feitas por Beurlen (1956) citado por Brasil (1982) no Estado de Mato Grosso do Sul mostraram maior espessura para os basaltos no sul do Estado, na região das cabeceiras dos rios Apa, Miranda e Nioaque, a leste dos municípios de Bela Vista e Nioaque e no município de Maracaju, chegando a 250 metros. A espessura deste pacote diminui do sentido Sidrolândia – Campo Grande, chegando a menos de 50 metros ao sul da cidade de Camapuã.

Para a Formação Botucatu, Beurlen (1956) citado por Brasil (1982) caracterizou o Arenito Botucatu em MS como sendo constituído quase que exclusivamente de grãos de quartzo de granulação média, bem rolados e arredondados, com superfície lisa ou mesmo polida. Grãos de feldspato são muito raros e na maioria das vezes faltam completamente. Apresentam cores claras, rosadas ou amareladas, as vezes vermelha pela alteração da lava basáltica. O alto grau de alteração

dos arenitos da Formação Botucatu é uma de suas características. Apresentam ainda estratificações cruzadas de médio e grande porte, bem caracterizadas, granulação média a fina, com boa seleção e arredondamento e marcante característica eólica na superfície fosca dos grãos. Mostram-se como extensos chapadões arenosos, totalmente desagregados formando solos areno-argilosos sem os caracteres da rocha original (Brasil, 1982).

A Formação Aquidauana apresenta como características os siltitos arenosos e arenitos finos a médios e até grosseiros, com predominância dos primeiros, mostrando estratificações nos termos arenosos, chegando a 10 metros nos pacotes mais espessos. Apresentam nos níveis grosseiros, grãos de quartzo com alguns raros feldspatos caolinizados. A cor rosada a vermelho tijolo é praticamente constante nesses afloramentos (Brasil, 1985).

Conforme Lange (1942), Petri (1948) e Maack (1950) citados por Brasil (1982) as rochas da Formação Furnas apresentam-se como arenitos predominantemente grosseiros, caliníticos, com estruturas pouco nítidas e regular grau de alteração. Contêm seixos miúdos, na maioria de quartzo e quartzito, com camadas de argilas ricas em palhetas de mica de ocorrência ocasional. Cor branca, podendo apresentar camadas vermelha e amarela. Ocorrem também finas camadas de folhelhos arenosos em diversos horizontes.

A Formação Bocaina é constituída por uma sequência de calcários dolomíticos e dolomitos que

localmente podem apresentar finas intercalações de pelitos. São em geral de cor cinza escuro, granulometria fina, com estratificação plano-paralela, desde fina a mais espessa (Brasil, 1982).

Segundo Brasil (1982) foi Almeida (1965) que descreveu esta formação nas imediações da fazenda homônima, a cerca de 20km a NO da cidade de Bonito. Constitui-se por uma sequência de sedimentos arenosos, argilosos, calcários, dolomitos, siltitos, argilitos, margas, ardósias, metargilitos, metassiltitos, folhelhos e camadas de sílex, com espessura máxima estimada em 600m.

As rochas da Formação Puga são constituídas por paraconglomerado epimetamórfico de cor cinza-escuro, às vezes amarronzada, cuja matriz é fina, quartzo-argilosa e foliada. A matriz é constituída predominantemente por argilo-minerais, impregnada por hidróxido de ferro vermelho, associadas as palhetas de sericita, lamelas de clorita, biotita e muscovita e algum carbonato (Brasil, 1982).

Em relação ao Grupo Cuiabá, os micaxistos constituem as rochas mais comuns, contendo ainda em sua composição muscovita-quartzo xisto, clorita-moscovita-quartzo xisto, biotita-calcoclorita-plagioclásio-muscovita-quartzo xisto entre outras (Brasil, 1982).

Araújo *et al.* (1981) citado por Brasil (1982) denominaram a Suíte Intrusiva do Alumiador para as rochas graníticas intrusivas formadoras das serranias que constituem a cordilheira do Alumiador, as serras de São Miguel e de São Francisco e aquelas situadas na borda ocidental da serra da Bodoquena. É representada principalmente por granitos, granófiros e granodioritos, é uma fase comagmática do Grupo Amoguijá.

O Grupo Alto Tererê ocorre em exposições dominando toda a área leste da Depressão do Paraguai, além de ocorrências nas áreas inundáveis da Planície Pantaneira na forma de pequenas elevações que se destacam na paisagem. Esta unidade vulcano-sedimentar constitui o “Cinturão de Dobramento Alto do Tererê” onde os xistos pelíticos constituem as rochas dominantes com variações nas porcentagens de muscovita e ou biotita, ou mesmo com a presença de ambas. Os micaxistos são frequentemente granatíferos que

transicionam com teores crescentes em quartzo e feldspatos para tipos mais quartzosos ou arcoseanos (gnaisses micáceos) em fácies anfibolito baixa a xisto verde alta. Ainda, é composto por xistos, biotita - muscovita gnaisses e quartzitos micáceos, comumente granatíferos, além de rochas metabásicas, em fácies anfibolito baixa (Godoy *et al.* 2009).

O Complexo Rio Apa constitui a unidade mais antiga, ocorrendo em extensas áreas junto à fronteira Brasil - Paraguai ou exposto localizadamente entre os sedimentos quaternários da Bacia do Pantanal (Godoy *et al.* 2009). As rochas deste complexo são os Gnaisses que variam conforme sua composição, sendo alasquítica, granítica, granodiorítica, quartzo-monzonítica, diorítica e tonalítica (Brasil, 1982).

O fator geomorfológico

O mapa geomorfológico foi obtido de IBGE (2021) (Figura 6) e o Fator Geomorfológico foi determinado por cruzamento matricial (Figura 7). As informações morfométricas do cruzamento matricial utilizadas são a amplitude de relevo, a declividade e o grau de dissecação da unidade de paisagem. Conforme explicam Crepani *et al.* (2001) a Geomorfologia oferece para a caracterização da estabilidade das unidades de paisagem natural, as informações relativas à morfometria, que influenciam de maneira marcante os processos ecodinâmicos.

As características do relevo podem ser usadas na estimativa da produção de sedimentos e suscetibilidade à erosão (Back *et al.*, 2019). Assim, em unidades de paisagem natural que apresentam valores altos de amplitude de relevo, declividade e grau de dissecação, prevalecem os processos morfogenéticos, enquanto em situações de baixos valores para as características morfométricas prevalecem os processos pedogenéticos (Crepani *et al.* 2001). Estas informações, quando correlacionada ao uso e cobertura da terra, proporciona informações sobre suas limitações de usos e indicativos de técnicas e práticas de manejos conservacionistas, visando à redução da ação erosiva e consecutiva perda de solo e de recursos hídricos, quer por quantidade ou qualidade (Medeiros *et al.*, 2019).

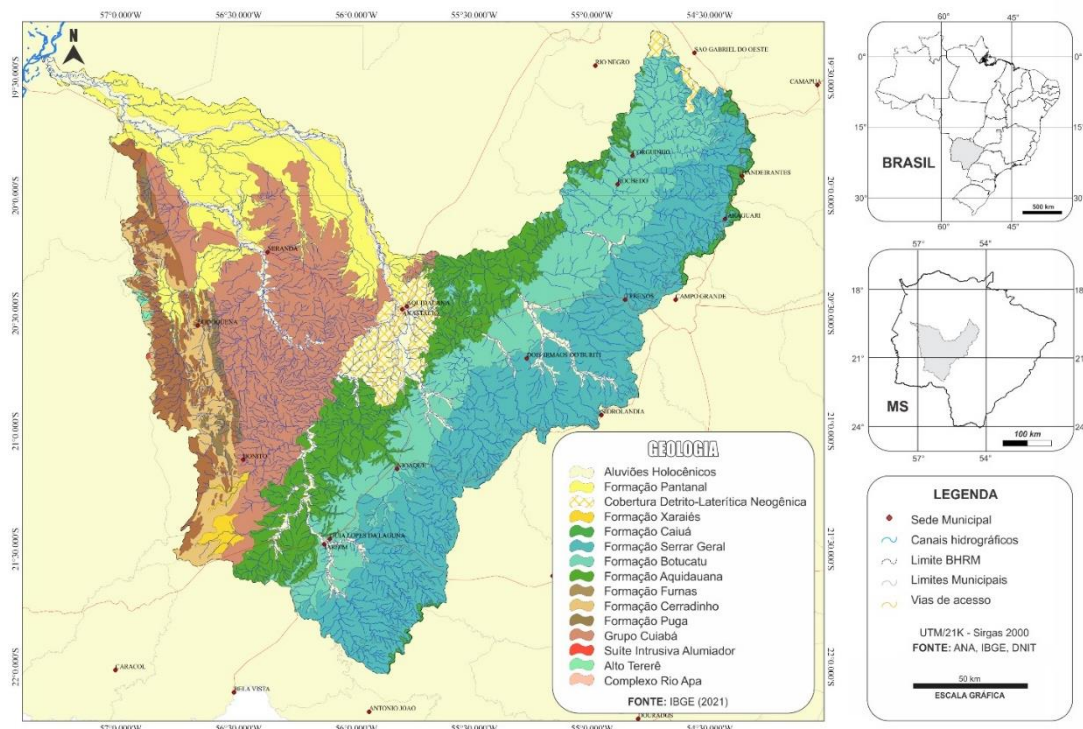


Figura 6. Bacia hidrográfica do Rio Miranda: Geomorfologia

Ao analisarmos os respectivos mapas apresentados nas Figuras 6 e 7, verificamos que no baixo curso da bacia hidrográfica do Rio Miranda temos o Pantanal do Miranda-Aquidauana, Pantanal do Negro Taboco e as planícies coluviais pré-Pantanal. De acordo com Brasil (1982) os Pantanaís compreendem extensas áreas de acumulação inundáveis (Aai) e secundariamente áreas de planície fluviolacustres (Apfl). As áreas de acumulação inundáveis foram hierarquizadas em ordem crescente, segundo o grau de umidade, partindo de menos úmida para a mais úmida, sendo, Aai1 (inundação fraca), Aai2 (inundação média) e Aai3 (inundação forte). Da mesma forma, o Pantanal do Negro-Taboco se caracteriza pela presença de planície fluviolacustre (Apfl) e por área de acumulação inundável do tipo Aai2. Estas unidades geomorfológicas apresentam-se como estáveis, tendo como principais características a baixa declividade e menores valores de dissecação vertical.

Na porção oeste da bacia, destacam-se as unidades geomorfológicas denominadas de depressão setentrional da Bodoquena e a Serra da Bodoquena. Estas unidades apresentam altitudes variando de 100 a 700 metros e, a primeira, apresentam níveis de estabilidade em relação ao fator geomorfológico, e, a segunda unidade, já apresenta níveis de moderadamente vulnerável a vulnerável.

A depressão setentrional da Bodoquena em toda sua extensão encontra-se pediplanada e inumada. Evidências da pediplanação a que foi submetida a unidade nessa porção encontram-se na presença de inúmeros inselbergues espalhados pela área, notadamente nas proximidades da Serra da Bodoquena (Mato Grosso do Sul, 1993). Na parte oriental, a superfície de aplanamento penetrou no interior da Serra da Bodoquena, abrindo uma depressão inter-planáltica. A drenagem, constituída pelo rio Salobra e seus afluentes, se dirige aos Pantanaís do Aquidauana-Miranda, aproveitando provavelmente uma linha de fraqueza e abrindo uma garganta (passagem) entre os Alinhamentos Serranos e a Serra da Bodoquena (IBGE, 2021).

A Serra da Bodoquena compreende um conjunto de relevos estruturais dispostos na direção norte-sul. Com aproximadamente 200 quilômetros de extensão, no sentido norte-sul, comporta altimetrias que variam de 400 a 750 metros. Os declives maiores que 15% predominam, podendo também atingir mais de 100 metros de dissecação vertical, caracterizando esta parte da área da Serra como vulnerável para o fator geomorfológico.

No interior do conjunto serrano ocorrem segmentos de escarpas, delimitando vales profundos e constituindo cânions. Alguns desses segmentos correspondem a bordas de relevo

afetado por tectônica, como é o caso da escarpa da Falha de Guaicurus (IBGE, 2021).

Apesar de se caracterizar, de um lado, pela existência de formas dissecadas de topo convexo (c12) e, de outro, pelos relevos conservados (Ep), a Serra da Bodoquena apresenta localmente formas cársticas relacionadas às litologias calcárias (Brasil, 1982). Medeiros *et al.* (2022) evidenciam que inúmeros problemas ambientais já afetam a

carste na região, bem como suas águas e a economia da região. Para estes autores, o carste caracteriza-se como um geossistema com interações mútuas e alta fragilidade diante de distúrbios ligados a uso antrópico. Sua complexidade está sujeita a pressões naturais certos, como a própria dinâmica da paisagem ou, principalmente, ações antrópicas.

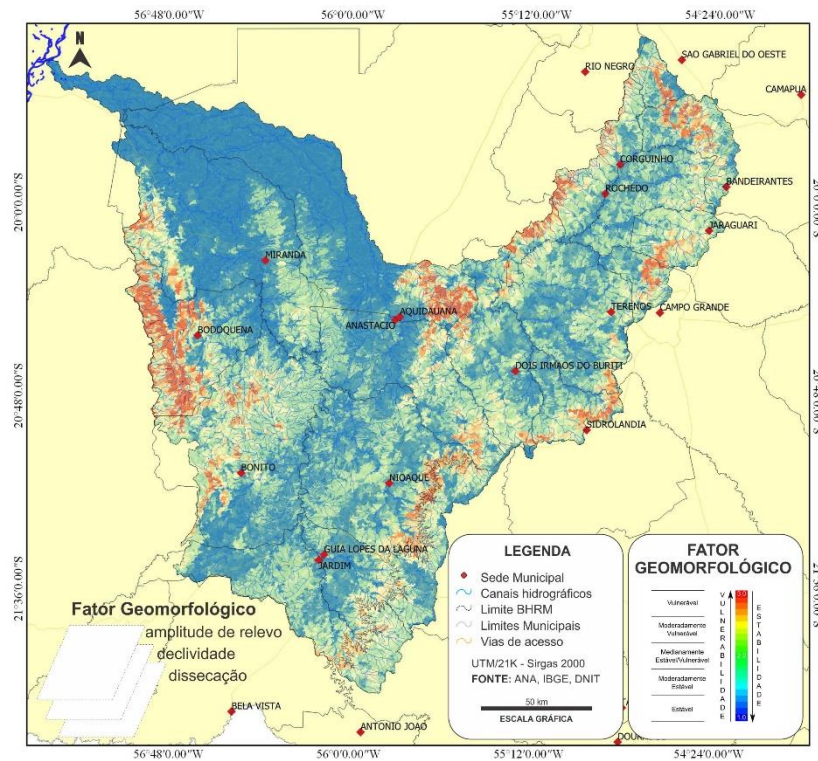


Figura 7. Bacia hidrográfica do Rio Miranda: Fator Geomorfológico

No médio curso da bacia apresentam-se as unidades geomorfológicas denominadas alinhamentos serranos da Bodoquena, a depressão do rio da Prata e o planalto dissecado da borda ocidental da bacia do Paraná. Estas unidades apresentam como predominantes intervalos altimétricos de 100 a 300 metros.

Os alinhamentos serranos da Bodoquena se caracterizam como fortemente falhado, com a presença de uma anticlinal erodida unida ao corpo principal da Serra da Bodoquena e estruturas

residuais de falha em litologias do Grupo Cuiabá, muito erodidas em decorrência da atuação fluvial no Pantanal do Miranda-Aquidauana. Ocorrem relevos dissecados com alta densidade de drenagem com aprofundamento relativamente baixo (Dc51, Dc52, Dt41, Dt42, Da52) e conservados, em posição ligeiramente mais elevada que a superfície geral do entorno (IBGE, 2021). Compreendem áreas de moderadamente estável a moderadamente vulnerável quando observamos os níveis do Fator Geomorfológico.



Figura 8. Rio Salobra na Serra da Bodoquena (Leite, 2019b).

A depressão do rio da prata apresenta-se como uma área aplanada, mais rebaixada que a Serra da Bodoquena, com caimento no sentido oeste-leste. Predominam relevos de aplanamento (Pri), cortados por uma drenagem incipiente, concentrada nos rios que descem do conjunto serrano da Bodoquena, a exemplo do rio da Prata. O limite oriental desta unidade é marcado por escarpas erosivas, onde as cabeceiras de drenagem de primeira ordem desenvolvem um processo de dissecação, promovendo a desconfiguração da superfície de aplanamento (IBGE, 2021). Apresenta predominantemente níveis baixos no Fator Geomorfológico, se configurando como estável.

O planalto dissecado da borda ocidental da bacia do Paraná se estende por todo o médio curso, partindo do sul da bacia no sentido NNE (nor-nordeste). A parte nordeste da unidade constitui um patamar intermediário entre as unidades da Serra do Maracaju, Primeiro Patamar da Borda Ocidental da Bacia do Paraná e o Planalto de Campo Grande, destacando-se a presença de relevos residuais de topos planos. As formas de relevo dissecados de topos tabulares com baixo aprofundamento (Dt11, Dt41, Dt42) são predominantes, cujos aprofundamentos das encostas variam de 50 a 100 metros (IBGE, 2021).

No alto curso da bacia destacam-se as unidades geomorfológicas da serra de Maracaju, planaltos sul-mato-grossenses, o planalto de Campo Grande, os patamares do Taquari Itiquira, chapadões de São Gabriel do Oeste, e o 1° e 2°

patamares da borda ocidental da Bacia do Paraná. Estas unidades apresentam declividades que variam entre 10 a mais de 20%, e dissecações com mais de 60 a maiores que 100 metros de variação altimétrica (o que caracteriza como altos níveis para Fator Geomorfológico na maior parte desta área da bacia).

O relevo da serra de Maracaju se constitui de uma extensa superfície suavemente dissecada onde predominam formas tabulares amplas, com baixo índice de aprofundamento (Dt31, Dt21), esculpidos em rochas basálticas da Formação Serra Geral. A atividade erosiva da dissecação mascarou grande parte das feições com aspecto cuestiformes, resultando frentes de cuesta descontínuas alternadas com áreas dissecadas (IBGE, 2021).

Presente ao longo do território sul-mato-grossense, a Serra inicia-se ao sul do Estado, cruzando-o até o extremo norte. Em sua extensão, a Serra, é formada por conjuntos estruturais geomorfológicos de diferentes configurações, nela encontram-se relevos testemunho intercalados, faixas de contínuas formações rochosas, platôs e grandes paredões areníticos que se destacam na paisagem (Lima e Silva, 2019). Nesta parte da bacia predominam-se níveis de moderadamente vulnerável a vulnerável em relação ao Fator Geomorfológico.

Os planaltos sul-matogrossenses apresentam-se com relevo colinoso esculpido principalmente em psamitos da Formação Bauru de idade cretácea, que recobre discordantemente os basaltos da Formação Serra Geral do juro-cretáceo,

ocupando a porção basal desta unidade (IBGE, 2021).

O planalto de Campo Grande apresenta suas partes mais elevadas constituídas por relevos residuais (Pgi), nos topos dos alinhamentos serranos, cujas altitudes alcançam de 600 a 700 metros. Há o predomínio de relevos dissecados mais rebaixados, de topos planos e convexos (Dt22, Dc32, Dc42) e áreas deprimidas com vales de fundo chato, com aprofundamento das encostas em torno de 100 metros, conforme podemos observar no mapa de dissecação vertical (IBGE, 2021).

Os patamares do Taquari-Itiquira constituem numa área deprimida em meio aos Planaltos e Patamares da Borda Ocidental da Bacia do Paraná. As altimetrias de maneira geral giram em torno dos 300 e 400m. As formas de relevo predominantes são colinas e interflúvios tabulares com alta densidade de drenagem e baixo índice aprofundamento das incisões Dc41, Dc42, Dt31 e Dt32 (IBGE, 2021).

A unidade denominada chapadão de São Gabriel do Oeste representa relevo alçado com altimetrias em torno de 700m correspondendo a uma superfície pediplanada etchplanada (Pge) e degradada inumada (Pgi). A borda ocidental deste relevo, identificada como serra de São Gabriel é marcada por escarpas erosivas com desníveis de aproximadamente 100m. Modelados de dissecação de topos tabulares e convexos amplos inclinam-se para os vales muito abertos (IBGE, 2021).

O 1º patamar da borda ocidental da bacia do Paraná se caracteriza com o contato deste patamar a oeste com as Planícies Colúviais Pré-Pantanal. Esta área da bacia hidrográfica do Rio Miranda é marcada por frentes de cuevas festonadas, eventualmente com cornija e pedimentos na base, bem como por vertentes onde a drenagem já instalou estreitas faixas de relevos dissecados do tipo Da51, Da53, Da42 e Dc41. Destacam-se as formas de relevo dissecadas de topos tabulares (Dt11, Dt21, Dt31, Dt22) e alguns residuais de superfícies aplanadas. Eventualmente ocorrem alguns pequenos nichos de maior densidade de dissecação mapeados como Da51 (IBGE, 2021).

Em sua continuidade, o 2º patamar da borda ocidental da bacia do Paraná apresenta predominantemente, modelados tabulares e é drenado pelas cabeceiras do Rio Aquidauana e seus afluentes. A drenagem de primeira ordem origina localmente modelados convexos (Mato Grosso do Sul, 1993).

O Fator solos

Embora o solo seja um recurso natural imprescindível para a manutenção da vida na terra, durante muito tempo ele foi explorado de maneira inadequada (Ianoski, 2020). Alguns solos são mais sujeitos a erosão que outros; no entanto, a quantidade de solo perdido pela erosão é influenciada também pelo manejo que ele recebe., explica Silva (2019). O mapa pedológico (Figura 9) foi obtido de IBGE (2021) e as características temáticas foram descritas apartir de Embrapa Solos (Embrapa, 2005; Santos *et al.* 2018).

Os tipos de solos na análise da vulnerabilidade de Crepani *et al.* (2001), indicam a posição ocupada pela unidade de solo dentro da escala gradativa da Ecodinâmica: a maturidade dos solos (pesos adotados na Tabela 3). Para os autores, 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).

Os solos da classe Plintossolos são encontrados em ambientes específicos, onde há condições de escoamento lento ou encharcamento periódico (Guerra e Botelho, 2003). Compreendem solos minerais formados sob condições de restrição à percolação da água sujeitos ao efeito temporário de excesso de umidade, de maneira geral imperfeitamente ou mal drenados, e se caracterizam fundamentalmente por apresentar expressiva plintitização com ou sem petroplintita (Santos *et al.* 2018). Por apresentar uma permeabilidade extremamente prejudicada, são suscetíveis à erosão (Guerra e Botelho, 2003).

Os Gleissolos ocupam as planícies aluviais, várzeas e áreas deprimidas (Guerra e Botelho, 2003). São constituídos por material mineral com horizonte glei iniciando-se dentro de 150 cm da superfície, imediatamente abaixo de horizontes A ou E. O horizonte plíntico se presente deve estar a profundidade superior a 200 cm da superfície do solo (Embrapa, 2005). Os Gleissolos são formados principalmente a partir de sedimentos, estratificados ou não, e sujeitos a constante ou periódico excesso d'água, o que pode ocorrer em diversas situações. Comumente, desenvolvem-se em sedimentos recentes nas proximidades dos cursos d'água e em materiais colúvio-aluviais sujeitos a condições de hidromorfia, podendo formar-se também em áreas de relevo plano de terraços fluviais, lacustres ou

marinhos, como também em materiais residuais em áreas abaciadas e depressões. São eventualmente formados em áreas inclinadas sob influência do

afloramento de água subterrânea (surgentes) (Santos *et al.* 2018).

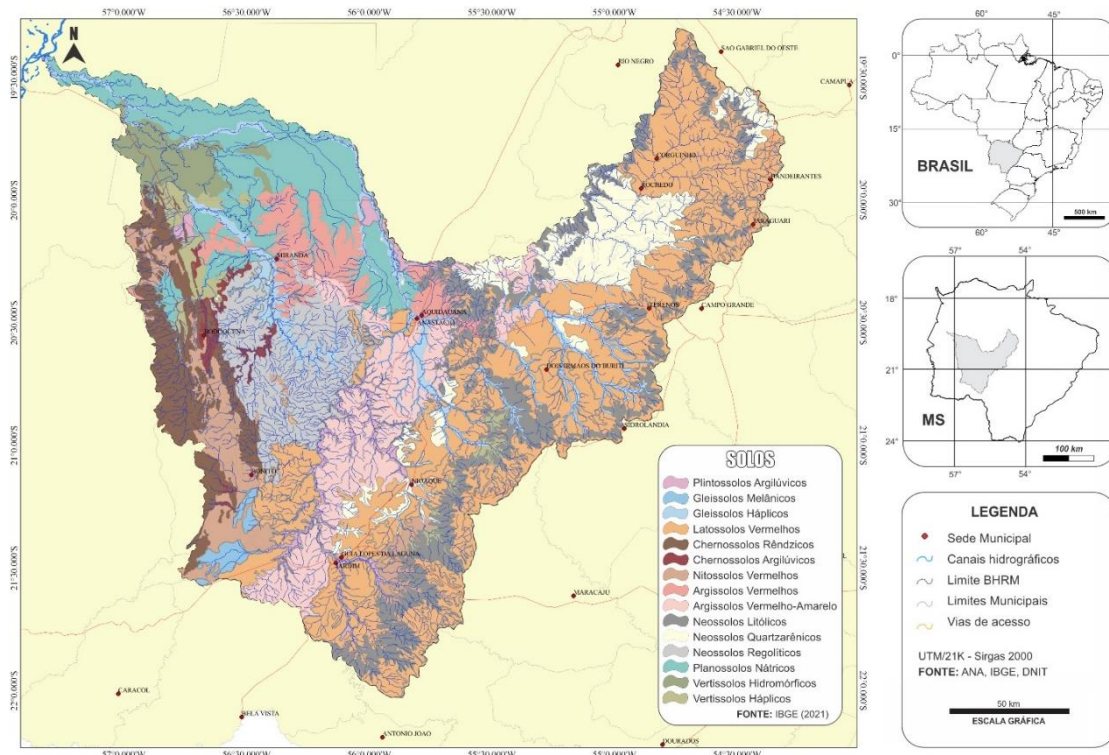


Figura 9. Bacia hidrográfica do Rio Miranda: Classes de solos

Os Latossolos, por sua vez, são solos em avançado estado de intemperização, muito evoluídos devido ao resultado de enérgicas transformações no material constitutivo. Variam de fortemente a bem drenados, embora ocorram solos que têm cores pálidas, de drenagem moderada ou até mesmo imperfeitamente drenada, o que é indicativo de formação em condições atuais ou pretéritas com um certo grau de gleização. São normalmente muito profundos, sendo a espessura do *solum* raramente inferior a 1 metro. (Santos *et al.* 2018). São constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 200cm da superfície do solo ou dentro de 300cm, se o horizonte A apresenta mais que 150cm de espessura. Os latossolos vermelhos, especificamente, são solos com matiz 2,5YR ou mais vermelho na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B (inclusive BA) (Embrapa, 2005).

São solos muito intemperizados, com predomínio de argila de baixa atividade e óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, com inexpressiva mobilização ou migração de argila. São típicos das

regiões equatoriais e tropicais, em antigas superfícies de erosão, sedimentos e terraços fluviais antigos, normalmente em relevo de ondulação suave ou plano. São os solos mais representativos do Brasil, ocupando aproximadamente 39% da área total do país e distribuídos praticamente por todo o território nacional (Stein e Coscolin, 2020). Os latossolos apresentam reduzida suscetibilidade à erosão dada a sua boa permeabilidade e drenabilidade (Guerra e Botelho, 2003).

A classe de Chernossolos, compreendem solos constituídos por material mineral que têm como características diferenciais: alta saturação por bases e horizonte A chernozêmico sobrejacente a horizonte B textural ou B incipiente, ambos com argila de atividade alta ou sobrejacente a horizonte C carbonático, horizonte cálcico ou petrocálcico ou ainda sobrejacente à rocha, quando o horizonte A apresentar alta concentração de carbonato de cálcio (Santos *et al.* 2018). Chernossolos argilúvicos incluem os outros solos com caráter argilúvico abaixo do horizonte A chernozêmico (Embrapa, 2005).

Os Nitossolos, por sua vez, são solos com 350 g/kg ou mais de argila, constituídos por material mineral que apresentam horizonte B nítico imediatamente abaixo do horizonte A ou dentro dos primeiros 50 cm do horizonte B, com argila de

atividade baixa ou caráter alítico na maior parte do horizonte B, dentro de 150cm da superfície do solo. Solos com matiz 2,5YR ou mais vermelho na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B (exclusive BA) (Embrapa, 2005).

Tabela 3. Classes de solos e pesos atribuídos

Solos – classes	Pesos Crepani
Plintossolos	3
Gleissolos	3
Latossolos	1
Chernossolos	2
Nitossolos	2
Argissolos	2
Neossolos	3
Planossolos	2
Vertissolos	3

Argissolos também compõem as características dos solos da bacia. São constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E, com argila de atividade baixa ou com argila de atividade alta conjugada com saturação por bases baixa e/ou caráter alítico na maior parte do horizonte B. Especificamente, os argissolos vermelhos apresentam o matiz 2,5YR ou mais vermelho ou com matiz 5YR e valores e cromas iguais ou menores que 4, na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B. Já os argissolos vermelho-amarelos se enquadram em outros solos de cores vermelho-amareladas e amarelo avermelhadas que não se enquadram em outras classes (Embrapa, 2005).

Grande parte dos solos desta classe apresenta um evidente incremento no teor de argila do horizonte superficial para o horizonte B, com ou

sem decréscimo nos horizontes subjacentes. A transição entre os horizontes A e Bt é usualmente clara, abrupta ou gradual. Os Argissolos são de profundidade variável, desde forte a imperfeitamente drenados, de cores avermelhadas ou amareladas e mais raramente brunadas ou acinzentadas. A textura varia de arenosa a argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte Bt, sempre havendo aumento de argila daquele para este (Santos *et. al.* 2018). Argissolos podem ser encontrados em praticamente todas as regiões brasileiras em diversas condições de clima e relevo. Representam aproximadamente 24% da superfície do País. O acúmulo de argila no horizonte subsuperficial reduz muito a permeabilidade dos argissolos. Isso, aliado ao horizonte superficial muitas vezes arenoso, faz com que a grande limitação agrícola dos argissolos seja o risco de erosão. Por esse motivo, devem ser

preferencialmente utilizados para culturas perenes ou pastagens (Stein e Coscolin, 2020).

Os Neossolos são um grupamento de solos pouco evoluídos. Solos em via de formação seja pela reduzida atuação de processos pedogenéticos ou por características inerentes ao material de origem. Ocorrem aproximadamente em 15% do território brasileiro (Stein e Coscolin, 2020). Solos pouco evoluídos e sem qualquer tipo de horizonte B diagnóstico são classificados como Neossolos. Horizontes glei, plântico e vértico, quando presentes, não ocorrem em condição diagnóstica. Os Neossolos litólicos apresentam o horizonte A ou hístico, assente diretamente sobre a rocha ou sobre um horizonte C ou Cr ou sobre material com 90% (por volume), ou mais de sua massa constituída por fragmentos de rocha com diâmetro maior que 2mm (cascalhos, calhaus e matações) e que apresentam um contato lítico típico ou fragmentário dentro de 50cm da superfície do solo. Admite um horizonte B em início de formação, cuja espessura não satisfaz a qualquer tipo de horizonte B diagnóstico (Embrapa, 2005).

Caracterizados como Neossolos, estes compreendem solos constituídos por material mineral ou por material orgânico pouco espesso que não apresenta alterações expressivas em relação ao material originário devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos, seja em razão de características inerentes ao próprio material de origem (como maior resistência ao intemperismo ou composição químico-mineralógica), seja em razão da influência dos demais fatores de formação (clima, relevo ou tempo), que podem impedir ou limitar a evolução dos solos (Santos *et al.* 2018). Os Neossolos quartzarênicos se enquadram como solos com sequência de horizontes A-C, sem contato lítico dentro de 50cm de profundidade, apresentando textura areia ou areia franca nos horizontes até, no mínimo, a profundidade de 150cm a partir da superfície do solo ou até um contato lítico; essencialmente quartzosos, tendo nas frações areia grossa e areia fina 95% ou mais de quartzo, calcedônia e opala e, praticamente, ausência de minerais primários alteráveis (menos resistentes ao intemperismo). Os Neossolos regolíticos apresentam o horizonte A sobrejacente a horizonte C ou Cr e contato lítico a uma profundidade maior que 50 cm (Embrapa, 2005).

Os Planossolos compreendem solos minerais imperfeitamente ou mal drenados, com horizonte superficial ou subsuperficial eluvial, de textura mais leve, que contrasta abruptamente com o horizonte B imediatamente subjacente, adensado,

geralmente de acentuada concentração de argila, permeabilidade lenta ou muito lenta, constituindo, por vezes, um horizonte pã, responsável pela formação de lençol d'água sobreposto (suspensão) e de existência periódica durante o ano (Santos *et al.* 2018). São solos constituídos por material mineral com horizonte A ou E seguido de horizonte B plânico. Os solos que apresentam horizonte plânico com caráter sódico imediatamente abaixo de um horizonte A ou E são classificados como planossolos nátricos (Embrapa, 2005).

Por fim, não menos importante, os solos da classe Vertissolos são constituídos por material mineral com horizonte vértico entre 25 e 100cm de profundidade e relação textural insuficiente para caracterizar um B textural, e apresentando, além disso, os seguintes requisitos: teor de argila, após mistura e homogeneização do material de solo, nos 20 cm superficiais, de no mínimo 300 g/kg de solo; fendas verticais no período seco, com pelo menos 1cm de largura, atingindo, no mínimo, 50cm de profundidade, exceto no caso de solos rasos, onde o limite mínimo é de 30cm de profundidade; No mais, se caracterizam pela ausência de material com contato lítico, ou horizonte petrocálcico, ou duripã dentro dos primeiros 30cm de profundidade; em áreas irrigadas ou mal drenadas (sem fendas aparentes), o coeficiente de expansão linear (COLE) deve ser igual ou superior a 0,06 ou a expansibilidade linear é de 6cm ou mais; ausência de qualquer tipo de horizonte B diagnóstico acima do horizonte vértico. Os vertissolos hidromórficos apresentam o horizonte glei dentro dos primeiros 50cm, ou entre 50 e 100 cm desde que precedido por horizonte de cores acinzentadas e os vertissolos háplicos são os outros solos que não se enquadram nas classes anteriores (Embrapa, 2005).

O fator uso da terra e cobertura vegetal

Compete ao uso e cobertura da superfície da terra (Figura 10) 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 consequente aumento na capacidade de erosão pela transformação de energia potencial em energia cinética. Assim aos processos morfogenéticos relacionam-se as coberturas vegetais de densidade (cobertura do terreno) mais baixa, enquanto os processos pedogenéticos ocorrem em situações em que a cobertura vegetal mais densa permite o

desenvolvimento e maturação do solo (Crepani *et al.*, 2001).

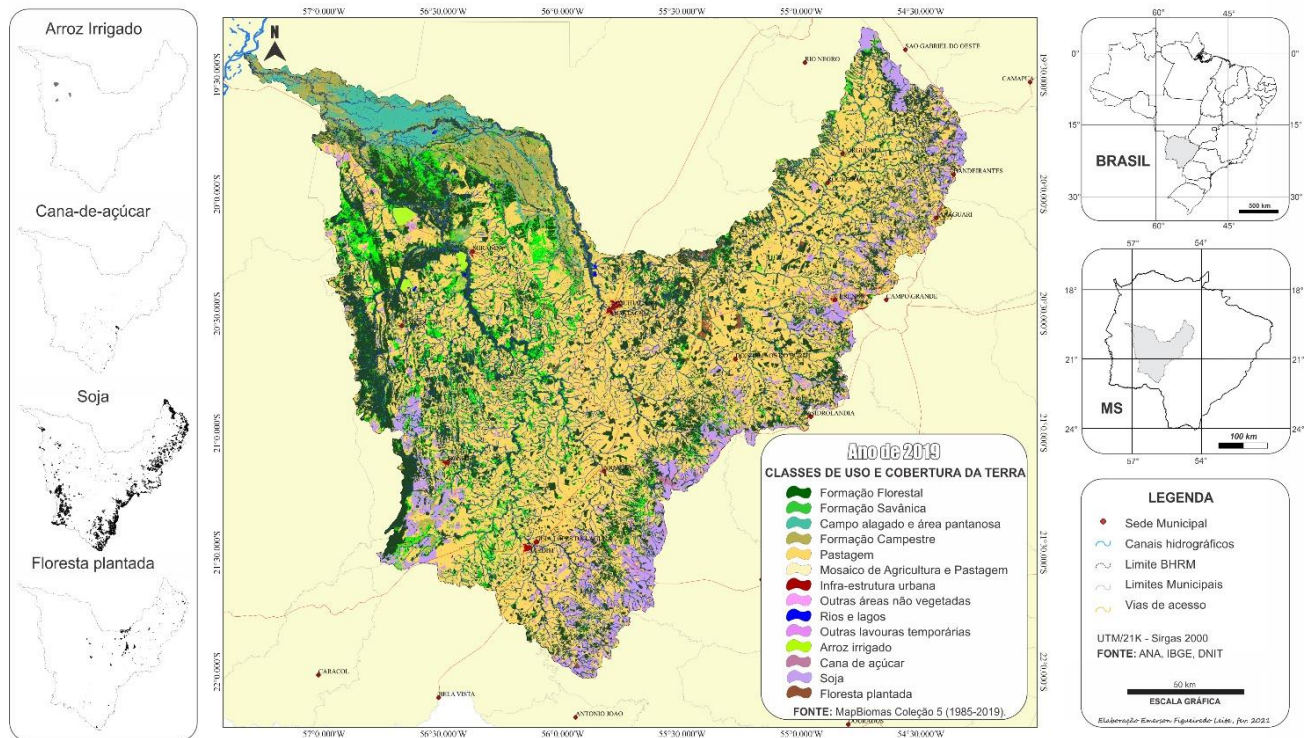


Figura 10. Bacia hidrográfica do Rio Miranda: Uso da terra e cobertura vegetal

Essa informação é determinada a partir do uso da terra e cobertura vegetal. Conforme Crepani *et al.* (2001) estes apresentam as informações da Fitogeografia, que se revestem da maior importância, pois a cobertura vegetal representa a defesa da unidade de paisagem contra os efeitos dos processos modificadores das formas de relevo (erosão), evitando o impacto direto das gotas de chuva contra o terreno, minimizando a energia cinética de desagregação das partículas. Ainda, a Fitogeografia local impede a compactação do solo e aumenta sua capacidade de infiltração edáfica. Fornece um suporte a vida silvestre que, pela presença de estruturas biológicas como raízes de plantas, perfurações de vermes e buracos de animais, aumenta a porosidade e a permeabilidade do solo (Crepani *et al.*, 2001).

Sabe-se que as plantas apresentam papel de extrema importância no reforço dos solos, que as copas das árvores funcionam como “guarda-chuvas” do solo e que a vegetação reduz a velocidade de escoamento das águas. Assim,

quando ocorre a retirada de tal cobertura vegetal, os solos ficam suscetíveis à erosão, e as gotas de chuva provocam o impacto direto no solo, além de aumentar a velocidade de escoamento das águas, o que ocasiona no carreamento de sedimentos (Stein e Coscolin, 2020).

O uso inadequado de técnicas de queima da vegetação e a aragem excessiva do solo como forma de preparação para o cultivo reduzem a sua vida útil, pois os nutrientes localizados na superfície terrestre são retirados pela ação dessas práticas e pelo vento, proporcionando a ação direta do sol. Esses fatores em conjunto acabam ocasionando a erosão e a perda da produtividade futura em novas plantações (Barsano e Barbosa, 2019).

Os impactos provenientes das atividades agropecuárias provocam grave degradação da qualidade da água e do solo por conta do desmatamento, uso de técnicas agrícolas inadequadas, emprego descontrolado de agroquímicos (Philippi Jr *et al.*, 2019).

Tabela 4. Classes uso da terra e cobertura vegetal na bacia hidrográfica do rio Miranda.

Uso e cobertura	Peso	Área (km ²)	%
Formação Florestal	1.6	11.044,13	26,22
Formação Savânica	2.0	2.944,88	6,99
Campo Alagado e Área Pantanosa	0.0	1.334,22	3,17
Formação Campestre	2.8	2.235,74	5,31
Pastagem	2.8	21.263,12	50,52
Cana	3.0	25,96	0,06
Infraestrutura Urbana	2.0	54,50	0,13
Outras Áreas não vegetadas	3.0	26,55	0,06
Rio, Lago	0.0	81,29	0,19
Outras Lavouras Temporárias	3.0	400,70	0,95
Arroz Irrigado	3.0	103,46	0,25
Floresta Plantada	2.0	123,53	0,29
Soja	3.0	2.467,78	5,86
Total		42.124 km²	100%

Organização dos autores (2021).

Em relação ao uso da terra e cobertura vegetal para a bacia hidrográfica do Rio Miranda, temos 13.989,01 km² (33,21%) como áreas de remanescentes de Formação Florestal e Savânica.

Estas classes ocupam áreas ao longo dos cursos d'água e/ou áreas com relevo acidentado ao longo das serras e transições planalto-planície.



Figura 11. Remanescentes florestais no Parque Nacional da Serra da Bodoquena (Leite, 2019b).

Os maiores fragmentos florestais são encontrados nos municípios de Bonito e Bodoquena, por conta da Serra da Bodoquena e pela existência do Parque Nacional da Serra da Bodoquena, unidade de conservação de proteção integral federal implantada no estado de Mato Grosso do Sul (Figura 11). Pode-se dizer que esta preservação é imposta pelas próprias limitações do relevo, dada as altas declividades que dificultam o

processo de ocupação antrópica. Explica Ab'Saber (2003), que restam somente reservas de ecossistemas naturais naqueles espaços topográfica e climaticamente mais incômodos e difíceis de serem atingidos.

Tavares, Mendes, Ferreira Neto (2022) ao analisarem a bacia hidrográfica do Ribeirão Paraíso (GO) e considerando-se os processos de dinâmica morfológica, verificaram a mesma situação, que as

áreas correspondentes às suscetibilidades mais baixas (estável e moderadamente estável) estavam ocupadas geralmente por florestas, matas de galeria

e Cerrado e inseridas em relevos médios ondulados, correspondentes às margens dos principais cursos d'água dessa bacia.



Figura 12. Gado em pastagem no município de Aquidauana, Pantanal (Leite, 2019b).

Também, como no Pantanal, nestas áreas as atividades econômicas caracterizam o uso e cobertura da terra pelo turismo, pela pecuária extensiva e em menor proporção a agricultura comercial (soja, milho). A oeste da bacia, no município de Miranda também se apresentam remanescentes florestais, uma área de relevo plano e inundação periódica, características que tem impedido a ocupação definitiva.

Áreas de pastagem e formação campestre são exploradas pela prática da pecuária extensiva (criação de gado) e ocupam 23.498,86 km² (55,83%) da bacia (Figura 12). O arroz irrigado é cultivado principalmente nos municípios de Miranda e Bodoquena, com um total de 103,46 km² (0,25%). Áreas com floresta plantada são encontradas em maior evidência nos municípios de Dois irmãos do Buriti, Anastácio e Nioaque (123,53 km²).

Ao analisar mapas temáticos de uso do solo para a bacia hidrográfica do Rio Miranda no período de 1973 a 2006, Ferraz (2006) notou que a maior parte da área antropizada era composta por pastagens, desde a planície pantaneira até as encostas dos morros. Para os autores na bacia não existiam, no período analisado, grandes centros de produção agrícola, assim constata-se que o percentual destas áreas é reduzido.

Estevan (2015) observou que mais da metade da BHRM encontrava-se desmatada, com perda de sua vegetação nativa em 1.880 km² nos últimos 10 anos, (4,4 % da área total), considerando o período de 2002 a 2012. A autora conclui que as tendências gerais de mudanças na bacia ao longo dos 10 anos analisados foram de redução da proporção de vegetação remanescente de vegetação nativa; diminuição do tamanho dos fragmentos e aumento de sua densidade; diminuição da complexidade de formas dos fragmentos; diminuição da conectividade e aumento do isolamento; e diminuição da diversidade de habitats (*i.e.* classes de vegetação).

A agricultura, por sua vez, com cultivo de soja, cana e outras lavouras temporárias são destaque em toda a parte alta da bacia, se estendendo no sentido sul-nordeste, envolvendo áreas dos municípios de Ponta Porã, Maracaju, Sidrolândia, Terenos, Campo Grande, Jaraguari, Bandeirantes e São Gabriel do Oeste. Ainda, na porção sudoeste da bacia, a agricultura mecanizada é destaque na área ocupada nos municípios de Jardim, Bonito (Figura 13) e Bodoquena. Somam no total 2.894,44 km² de área na bacia do Rio Miranda.

Apesar dos altos índices do fator geomorfológico na interface dos planaltos (da parte alta da bacia) com o planalto dissecado da borda

ocidental da bacia do Paraná, os topos com as formas tabulares, as baixas declividades e os solos da classe latossolos favoreceram a implantação dos usos agrícolas ligados ao cultivo de soja e outras lavouras temporárias.

As atividades desenvolvidas dentro dos polígonos de intervenção antrópica introduzem

novas forças que podem alterar, em escala variável, as condições de equilíbrio do sistema representado pela unidade de paisagem natural. A agricultura, a pecuária, a silvicultura, a mineração e as obras de engenharia civil são exemplos de atividades que, em maior ou menor escala, introduzem estímulos externos ao sistema (Crepani *et al.*, 2001).



Figura 13. Área de cultivo no município de Bonito-MS (Leite, 2019b).

As intervenções antrópicas também podem contribuir para a instabilidade desses locais. A ocupação de terrenos de encostas tem ocorrido com a remoção da vegetação, alterações no escoamento natural das águas, movimentos de terra (escavações e aterros), disposição incorreta de resíduos sólidos e líquidos, ações essas que contribuem para a desestabilização e o deslizamento dos terrenos com danos ambientais, sociais e econômicos (Aquino e Mota, 2019).

O tipo de atividade antrópica desenvolvida sobre uma determinada unidade de paisagem natural pode representar sua destruição devido a sua pequena capacidade de absorver os estímulos advindos desta atividade econômica, enquanto que sua interação com outra unidade de menor vulnerabilidade, seguindo os sistemas de manejo mais indicados com práticas conservacionistas, pode representar uma atividade economicamente rentável. Isto parece mostrar que a escolha entre um desastre ecológico ou o desenvolvimento sustentado, passa pelo conhecimento da natureza da interação existente entre as unidades de paisagem natural e os polígonos de intervenção antrópica (Crepani *et al.*, 2001).

A substituição de componentes das paisagens tropicais – nos setores de mais amplo aproveitamento agrícola – tem sido a fórmula predominante e até hoje insubstituível para a conquista dos espaços econômicos das áreas primariamente florestadas dos trópicos úmidos. A supressão da floresta por grandes espaços, senão pelo espaço total, para o encontro de espaços agrários, tem sido lamentavelmente a única fórmula até hoje experimentada pelos países tropicais em vias de desenvolvimento (Ab'SÁBER, 2003).

Por sua, para Ferraz (2006) a incorporação de terras ao sistema produtivo, no âmbito regional e local, associado a esta prática tem-se criado um significativo aumento na geração de empregos, nos excedentes de produção refletindo nas exportações e assim trazendo benefícios econômicos para o estado em geral.

No ambiente rural, os impactos provenientes das atividades agropecuárias podem provocar grave degradação da qualidade da água e do solo, especialmente por conta do desmatamento, uso de técnicas agrícolas inadequadas, emprego descontrolado de agroquímicos. A agricultura é um importante pilar da economia brasileira em virtude

da geração de empregos no campo e distribuição de renda, mas por outro lado é o maior consumidor de água (Philippi Jr. *et al.*, 2019).

O fator climático: intensidade pluviométrica

O elemento climático considerado na determinação da estabilidade e vulnerabilidade ambiental é a pluviosidade e sua intensidade. Segundo Crepani *et al.* (2001) o clima controla o intemperismo diretamente, através da precipitação pluviométrica e da temperatura. A denudação é causada pela ação da chuva que age sobre as rochas provocando o intemperismo, e mais tarde sobre o solo removendo-o pela erosão hídrica. A energia cinética do impacto direto das gotas e o escoamento superficial do excesso de água da chuva (“runoff” ou enxurrada) são os agentes ativos da erosão hídrica, o solo é o agente passivo. A erosão, então, resulta do poder da chuva em causá-la e da capacidade do solo em resistir à erosão.

Salomão (2005) comenta que a ação erosiva da chuva é dependente da distribuição e volume pluviométrico, observadas no tempo e no espaço. Para o autor, as chuvas torrenciais ou pancadas de chuvas intensas, se constituem como a forma mais agressiva de impacto da gota da água no solo, períodos em que a erosão é máxima. Desta

forma, ressalta-se a importância dos dados climatológicos diante dos estudos ambientais.

Christofolletti (2017) enfatiza que, dentre os vários elementos, a ação das águas é aquela que maior importância tem na esculturação do modelado terrestre. Para o autor, as formas de relevo parecem que dormitam no decorrer da estação seca para, na estação chuvosa, acordarem sobressaltados pelos mecanismos de esculturação que pouco a pouco lhes vão alterando a fisionomia, ressaltando ou substituindo os traços característicos deste domínio paisagístico.

Estas informações, relativas à pluviosidade anual e à duração do período chuvoso, que definem a intensidade pluviométrica, permitem a quantificação empírica do grau de risco a que está submetida uma determinada área de estudo, no caso aqui, a bacia hidrográfica do Rio Miranda. Quando a intensidade pluviométrica é elevada, a quantidade de água disponível para o “runoff” é muito grande, e, portanto, é maior a capacidade de erosão. Estas situações reúnem as melhores condições para o desenvolvimento dos processos morfogenéticos cujo vetor principal, para nossas condições climáticas, é o “runoff” (Crepani *et al.* 2001).

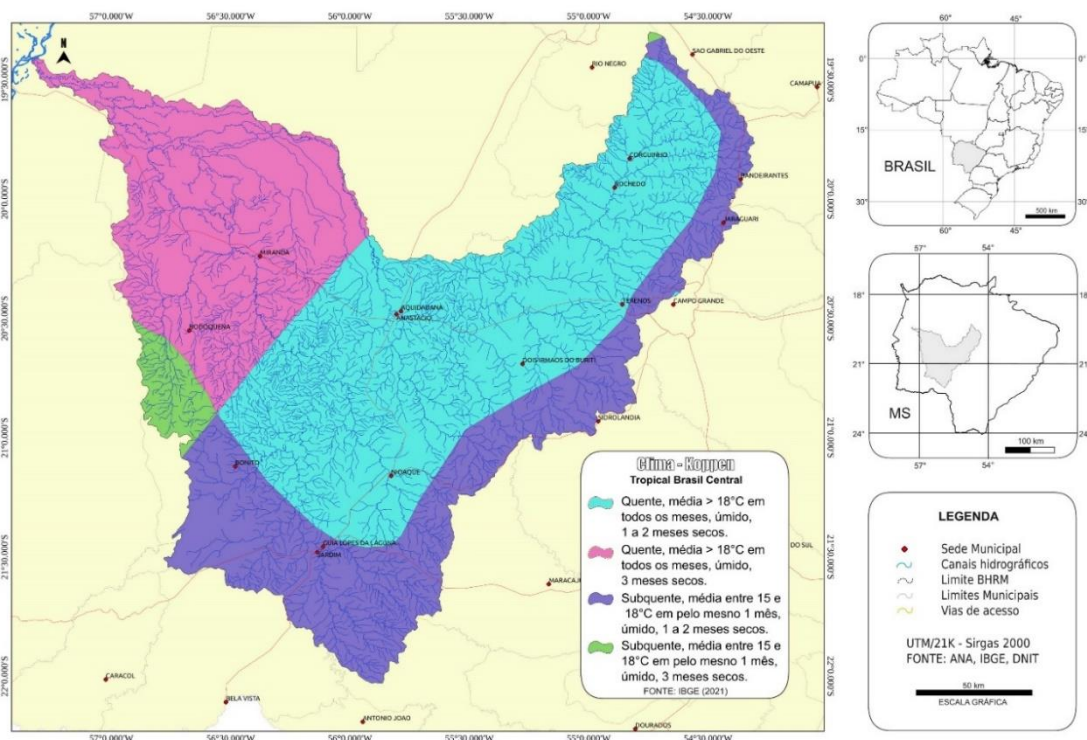


Figura 14. Bacia hidrográfica do Rio Miranda: Aspectos do clima

Desta forma, considerando Crepani *et al.* (2001) que estabelecem a intensidade pluviométrica como a relação entre a pluviosidade

média anual e a duração do período chuvoso, têm-se: para os valores da precipitação média anual (PMA) 1550 mm (Normais Climatológicas,

INMET, Brasil, 2009); e a duração do período chuvoso (DPC) de 9 meses (IBGE, 2021), o que resulta em valores de intensidade pluviométrica (IP) 172 com seu valor de estabilidade/vulnerabilidade em 1.5 para a área da bacia hidrográfica do Rio Miranda – MS.

Estabilidade e vulnerabilidade ambiental para a Bacia Hidrográfica do Rio Miranda

Impactos ambientais dizem respeito aos processos de transformação e degradação do meio ambiente causados pelas atividades humanas, e que devem constituir motivos de preocupação, devido à perda de qualidade de vida das populações, explicam Mendonça e Dias (2019).

Os resultados apresentados no mapa final de Vulnerabilidade ambiental a processos erosivos (Figura 15), nos apresenta a interação entre os elementos que compõem a paisagem da bacia hidrográfica do Rio Miranda, onde nas áreas mais vulneráveis prevalecem os processos formadores de relevo, e nas áreas mais estáveis, prevalecem os processos formadores de solo. Os processos erosivos ocorrem em maior ou menor grau por toda a bacia, nas suas diversas formas.

Na área dentro dos limites de Pantanal na bacia, na porção noroeste, determinou-se como área estável, considerando a predominância dos

processos de acumulação, correspondendo a 13,60% da área total (5.807,88 km²). São áreas dos pantanais do Abobral, Aquidauana, Miranda e Nabileque. Apesar do resultado apresentar baixa vulnerabilidade a processos erosivos para as áreas de Pantanal, conforme Gouveia & Ross (2019), não podemos classificar tais áreas como sendo áreas sem restrições do meio físico à ocupação, pois explicam Santos & Ross (2012), são ambientes de extrema fragilidade, constantemente inundados, e deveriam ser destinados a manutenção da funcionalidade sistêmica destes ambientes. Ainda, conforme Boin et al. (2019) embora o Pantanal permaneça bem preservado, carece de medidas preservacionistas e conservacionistas, principalmente devido ao uso do solo em seu entorno – áreas de terra firme – para agricultura e pecuária, que aumentam o assoreamento, a perda de biodiversidade e a contaminação dos rios que ingressam as planícies.

Áreas classificadas como moderadamente estáveis ocupam 7.345,94 km² (17,44%). Basicamente compreendem áreas do alto curso da bacia. A maior parte da bacia se enquadra na classe medianamente estável/vulnerável, correspondendo a uma área de 27.859,35 km² (66,14% de toda a bacia). Praticamente todo o médio e baixo curso estão enquadrados nesta classe de vulnerabilidade.

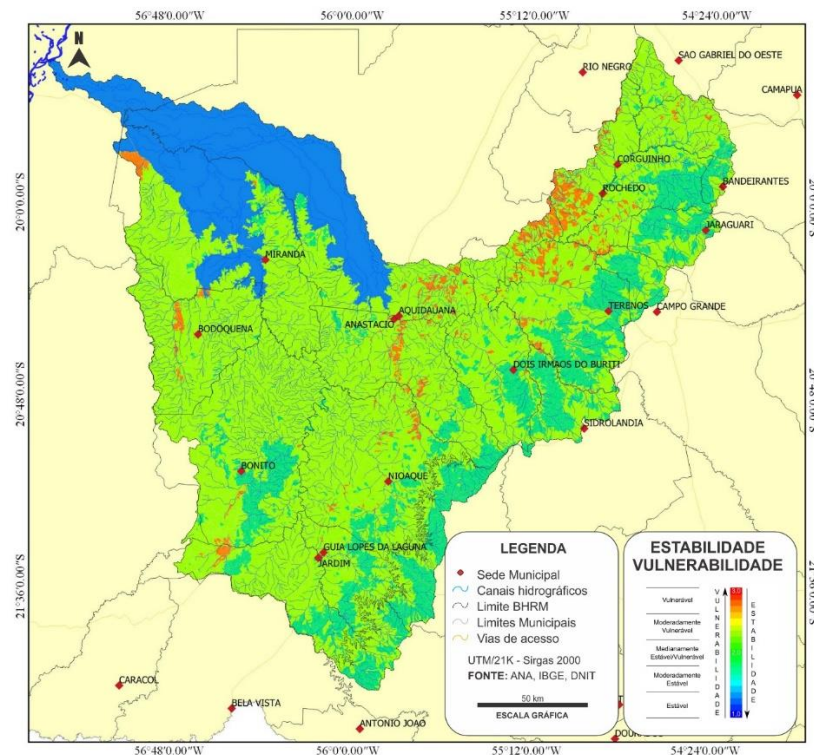


Figura 15. Bacia hidrográfica do Rio Miranda: Estabilidade/vulnerabilidade a processos erosivos.

Mato Grosso do Sul (2014) apresentou estudo da vulnerabilidade ambiental da BHRM e constataram a predominância de áreas com classificação medianamente estável/vulnerável, sendo 58,83% da extensão territorial da bacia, sendo esta classe distribuída homogeneamente por toda a bacia, seguida das áreas classificadas como moderadamente estável, que compreenderam a segunda maior abrangência territorial (22,74%).

Em menor proporção, ocupando uma área de 1.184,83km² (2,82%), estão as áreas consideradas moderadamente vulneráveis, estando fragmentadas pela bacia do Miranda. Destaque desta classe são áreas da sub-bacia do Ribeirão Taquarussu na porção central da área analisada. Ainda, na porção nordeste da bacia, nas proximidades do Rio Aquidauana, também observados em Mato Grosso do Sul (2014). Mira *et al.* (2022) alertam para as áreas com um alto grau de vulnerabilidade ambiental, deve-se planejar e aplicar práticas preservacionistas para garantir o equilíbrio entre meio ambiente e desenvolvimento,

sempre numa perspectiva conservacionista e preservacionista.

Spörl e Ross (2004) cometam que a utilização da média aritmética ponderada pode forçar para uma vulnerabilidade média. Segundo os autores a média faz com que variáveis muito frágeis sejam atenuadas pelas variáveis de menor fragilidade. Com isso, variáveis potencialmente muito frágeis quando combinadas com variáveis menos frágeis, deixam de oferecer riscos à erosão.

A correlação entre as atividades desenvolvidas na BHRM e a vulnerabilidade ambiental da mesma possui caráter estratégico no que diz respeito ao planejamento para uma gestão mais eficiente dos recursos naturais disponíveis na bacia, visto que a inserção de empreendimentos de alto ou significativo impacto ambiental em áreas mais vulneráveis sob a ótica ambiental pode resultar em risco potencial de danos ao meio local, tornando maiores as chances, por exemplo de possíveis alterações que degradem os recursos hídricos (Mato Grosso do Sul, 2014).

Tabela 5. Área ocupada pelas classes de Estabilidade/vulnerabilidade Ambiental (processos erosivos)

Cor	Classe	Área (km ²)	Área (%)
	Estável (Pantanal)	5.807,88	13,60
	Moderadamente estável	7.345,94	17,44
	Medianamente estável/vulnerável	27.859,35	66,14
	Moderadamente vulnerável	1.184,83	2,82
		42.124,00	

Spörl e Ross (2004) ressaltam que na aplicação de metodologias que determinam a vulnerabilidade dos ambientes podem apresentar resultados que não refletem as características da área analisada. Os autores comentam que nem sempre o relevo mais dissecado é de fato mais frágil, ou o contrário, nem sempre o relevo pouco dissecado é realmente mais estável. Essa observação reforça o caráter sistêmico da análise, uma vez que a estabilidade e vulnerabilidade depende da integração e não da contribuição de um ou outro elemento isolado envolvido na análise.

A aplicação de metodologias de fragilidade e/ou vulnerabilidade possibilitam gerar um diagnóstico dos fatores limitantes ao uso e ocupação das terras e constituem importantes ferramentas no processo de planejamento, gestão ambiental e adoção de políticas públicas que visem à conservação de unidade territorial (Materano e Brito, 2020; Mira *et al.* 2022; Cavalcante *et al.* 2022).

Conclusões

A bacia hidrográfica do Rio Miranda-MS é uma bacia das mais importantes para o Estado de Mato Grosso do Sul e para o Pantanal, pelo seu tamanho e pela diversidade de atividades econômicas que ocorrem em seu interior, conforme evidenciado, a pecuária que predomina, a agricultura, e, ainda, a exploração mineral, turismo e os aglomerados urbanos. Os resultados evidenciaram como se relacionam as variáveis físicas para expressar os diferentes graus de vulnerabilidade da bacia.

Os dados levantados de uso e cobertura da terra confirmam a pecuária como a atividade econômica de maior expressividade espacial na bacia, ocupando 50% da área total com pastagens, que são favorecidas pelas características do relevo de baixa declividade e consequentemente de muito fraca a média energia do relevo (característica de 66% da bacia).

Uma vez que a erosão é um problema ambiental, social e econômico, conclui-se que uma atenção deve ser dada às áreas classificadas como

medianamente estáveis/vulneráveis e áreas com moderada vulnerabilidade. Principalmente em relação às atividades ali desenvolvidas, de forma que adotem práticas de proteção ao solo e da água, como curvas de nível, por exemplo. O caráter mediano de vulnerabilidade destas áreas, demonstra a importância da manutenção de áreas de preservação, sem a exploração direta, quer seja pela agricultura e/ou pecuária. Reforça ainda que a vegetação pode ser o elemento fundamental na estabilidade dessas áreas, diante da vulnerabilidade de outros elementos do quadro natural.

Nos Pantanaís, aqui considerados como estáveis, por serem áreas de deposição, estes processos erosivos ocorrem em uma escala de análise diferente da aqui aplicada. Porém, são áreas que devem ter atenção por conta de suas funções ecológicas. A estabilidade e vulnerabilidade a processos erosivos para a bacia é um importante indicador ambiental, resultando da interação entre os seus componentes naturais e a ação antrópica nas suas diversas formas de exploração da área. Seu conhecimento objetivou o entendimento desses processos de forma a fornecer informações que possam subsidiar as intervenções na área. A metodologia utilizada demonstrou-se eficiente e apropriada.

Merece destaque que a metodologia utilizada é amplamente aplicada e tem permitido ajustes e adaptações em função das características da área analisada. Os recursos envolvidos, os dados disponíveis na atualidade e as geotecnologias têm facilitado e agilizado este tipo de análise, garantindo a produção de produtos cartográficos e informações de qualidade, esses de grande significância para o processo de gestão territorial e para a implementação de políticas públicas.

Agradecimentos

“O trabalho foi realizado com apoio da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS/MEC – Brasil” em cooperação com a Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD/MEC – Brasil, na forma de pós-doutorado no Programa de Pós-graduação em Geografia”.

Referências

Abreu, Nádia Rafaela Pereira de; Vieira, Antonio Fábio Sabbá Guimarães, 2020; Classificação de Unidades Ambientais na Paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Sanabani (BHS), em Silves-Amazonas. Ateliê Geográfico - Goiânia-GO, v. 14, n. 3, dez/, p. 192 – 217

- Ab'saber, Aziz Nacib, 2003. Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial.
- Aquino, Afonso Rodrigues; Paletta, Francisco Carlos; Almeida, Josimar Ribeiro de 2017. Vulnerabilidade ambiental. Afonso Rodrigues de Aquino, São Paulo: Blucher., 112 p.
- Aquino, Marisete Dantas; Mota, Suetônio. Planejamento ambiental e ordenamento territorial em bacias hidrográficas. In. Philippi Jr., Arlindo. Sobral, Maria do Carmo. 2019. Gestão de bacias hidrográficas e sustentabilidade. 1.ed. Barueri, SP: Ed. Manole., pag. 3-18.
- Back, Álvaro José; Ladwig, Nilzo Ivo; Schwalm, Hugo; Matos, Henrique; Pereira, Jori Ramos. 2019, Características morfológicas da bacia hidrográfica relacionadas à erosão hídrica. In.: Poletto, Cristiano. Hidrossedimentologia. Editora Interciência. 281 p.
- Barsano, Paulo Roberto; Barbosa, Rildo Pereira. 2019 Meio ambiente: guia prático e didático. 3. São Paulo: Erica.
- Becker, Bertha; Egler, Claudio A. G. Detalhamento da metodologia para a execução do zoneamento ecológico-econômico pelos Estados da Amazônia Legal. Brasília-DF, 1997.
- Boin, M. N.; Martins, P. C. S.; Silva, C. A.; Salgado, A. A. R.. 2019, The Pantanal: the brazilian wetlands. In: André Augusto Rodrigues Salgado; Leonardo José Cordeiro Santos; Julio César Paisani. (Org.). The Physical Geography of Brazil: Environment, Vegetation and Landscape. 1ªed. Dordrecht: Springer, v., p. 75-91.
- Brasil, Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006.
- Brasil, Ministério das Minas e Energia. Projeto RADAMBRASIL. Folha SE.21 Corumbá e parte da Folha SE.20; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1982. 452 p.
- Brasil. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapas em Geociências. <https://downloads.ibge.gov.br>, 2020.
- Brasil. Ministério das Minas e Energia. Secretaria de Minas e Metalurgia. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Aquidauana. Folha SF.21-X-A. – Escala 1:250.000. Estado de Mato Grosso do Sul / organizado por Hélio de Oliveira Godoi. Brasília: CPRM, 2001.
- Brasil. Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990 / Organizadores: Andrea Malheiros Ramos, Luiz André Rodrigues dos Santos, Lauro Tadeu

- Guimarães Fortes. Brasília, DF : INMET, 2009. 465 p.
- Braz, Adalto Moreira; García, Patricia Helena Mirandola; Pinto, André Luiz; Chávez, Eduardo Salinas; Oliveira, Ivanilton José de; 2020 Manejo integrado de cuencas hidrográficas: posibilidades y avances en los análisis de uso y cobertura de la tierra. Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía | vol. 29, n.º 1, ene. - 69-85.
- Brugnoli, R.: Salinas E. 2021. Estado geoecológico das paisagens da bacia hidrográfica do córrego Formosinho, Bonito/MS – Brasil: bases para a gestão territorial, Geofronter, Campo Grande, v. 7, p. 1-26.
- Mendes, C. A. B.; Dias, F. A.; Lange, M. B. Ribas; Pereira, M. C. Barbosa; B., M.; Barreto, S. Röiphe; Grehs, Sandor Arvino. 2004, Bacia hidrográfica do rio Miranda: estado da arte. Campo Grande: UCDB.
- Cavalcante, J. C.; Lima, A. M. M. Silva, J. C. C.; Holanda, B. S. Almeida, C. A. 2004. Fragilidade ambiental potencial e emergente da bacia do rio Mocajuba – PA. Revista Brasileira de Geografia Física v.15, n.03 (2022) 1417-1433.
- Christofolletti, A. Contribuição ao estudo dos processos morfogenéticos na área dos cerrados. Boletim Paulista De Geografia, (42), 71–77. Recuperado de <https://publicacoes.agb.org.br/index.php/boletim-paulista/article/view/1193>, 2017.
- Crepani, E. M., J. S. Azevedo, L.G. Hernandez F., P. F., T. Gallotti; D., V. 1996 Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico-econômico. INPE, São José dos Campos, 20 pag.
- Crepani, Edison; Medeiros, José Simeão de; Hernandez Filho, Pedro; Florenzano, Teresa Gallotti; Duarte, Valdete; Barbosa, Cláudio Clemente Faria. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial. INPE, São José dos Campos, 2001, 103 pag.
- Cutter, Susan L. A ciência da vulnerabilidade: modelos, métodos e indicadores. Revista Crítica de Ciências Sociais [Online], 93 | 2011, colocado online no dia 01 Outubro 2012, criado a 15 Julho 2015. URL : <http://rccs.revues.org/165> ; DOI : 10.4000/rccs.165.
- Echeverria, J. L. 2008. A competência fluvial do Ribeirão Taquarussu-MS. [Dissertação de Mestrado] Aquidauana, UFMS.
- Embrapa. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS). SPI, EMBRAPA, 2005, 412p.
- Estevan, L. S. 2015. Mudanças nos padrões espaciais dos remanescentes de vegetação nativa na bacia hidrográfica do Rio Miranda, MS. [Dissertação de Mestrado, orientação Dra. Júlia Arieira] Cuiabá-MT, Universidade de Cuiabá.
- Faria, K. M. S. Sousa, A. C. Rodrigues C.; Batista, J. G. 2021 ;Análise da vulnerabilidade à perda de solos da reserva da biosfera do cerrado em Goiás e Distrito Federal. Rede – Revista Eletrônica do PRODEMA, Fortaleza, Brasil, 15, 07 – 20.
- Ferraz, R. G. B. 2006. Antropização da bacia hidrográfica do Rio Miranda: alterações climáticas, recursos naturais e desenvolvimento. [Dissertação de Mestrado, orientação do Prof. Dr. Reginaldo Brito da Costa] Campo Grande-MS, UCDB.
- Figueiredo, M. C. B.; Vieira, Vicente P. P. B.; Mota, Suetônio; Rosa, Morsyleide F. M.; Miranda, S. 2010. Análise da vulnerabilidade ambiental. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical.
- Gazolla, B. L.; Gonçalves, F. V. 2017. Caracterização do Processo de Erosão das Margens do Rio Miranda na Região do Passo do Lontra, Corumbá, Mato Grosso do Sul. Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ - 40 - 2 / p. 144-152.
- Godoy, A. M.; Manzano, J. C.; Araújo, L. Marques B. Silva, J. A. 2009. Contexto geológico e estrutural do Maciço Rio Apa, sul do Cráton Amazônico-MS. São Paulo, UNESP, Geociências, 28, 485-499, 2009.
- Gouveia, I. C. Moroz-Caccia; Ross, Jurandyr L. S. 2019; Fragilidade Ambiental: uma Proposta de Aplicação de Geomorphons para a Variável Relevô. Revista do Departamento de Geografia – Volume 37 (2019). DOI: 10.11606/rdg.v37i0.151030
- Guerra, A. J. T.; Botelho, R. G. M. Erosão dos solos. In.: Geomorfologia do Brasil. 3ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. Pag. 181-228.
- Ianoski, A. B. Problemas ambientais: tendências globais. Contentus, 2020. 116 p.
- Leite, E. F. Análise da vulnerabilidade natural à perda de solo da Bacia Hidrográfica do Rio Nioaque. Projeto de Pesquisa. UFMS, 2019.
- Leite, E. F.. Análise da vulnerabilidade natural à perda de solo da Bacia Hidrográfica do Rio Nioaque. Projeto de Pesquisa. UFMS, 2019a.
- Leite, E. F. Caracterização, diagnóstica e zoneamento: o exemplo da bacia hidrográfica do Rio Formiga-TO. [Tese de doutorado em Geografia] Uberlândia: UFU, 2011.
- Leite, E. F. 2019. Panorama das condições econômicas e ambientais da Bacia Hidrográfica

- do Rio Miranda, MS. Projeto de Pesquisa. UFMS, b.
- Leite, E. F. Rosa, R. 2010. Evolução conceitual da bacia hidrográfica sob o enfoque da paisagem integrada. *Geopantanal: revista do Curso de Geografia / Universidade Federal de Mato Grosso do Sul*. N.8. p. 131-144. jan./jun.
- Lima, B. S.; Silva, C. 2019 Aparecido da. A qualidade visual da paisagem da Serra de Maracaju-MS/Brasil, um patrimônio a ser desvendado. XIII Enanpege. A Geografia brasileira na ciência-mundo: produção, circulação e apropriação do conhecimento. São Paulo: 2 a 7 de setembro.
- Macêdo, R. J. A.; Santos, J. C. Surya, L. 2021 Modelagem da erosão hídrica potencial no Parque Nacional Serra da Capivara, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 22, (Out-Dez) DOI: 10.20502/rbg.v22i4.
- Manoel, Jhonatan Laszlo; Nunes, João Osvaldo Rodrigues. Análise do meio físico e avaliação da vulnerabilidade ambiental do município de Maringá – PR. *Caminhos de Geografia, Uberlândia-MG*, v. 20, n. 71, Setembro/2019, p.215-233
- Materano, Lisbeth Segovia; Brito, Jorge Luis Silva. Fragilidade Ambiental Potencial da Bacia Hidrográfica do Rio Castán, Estado Trujillo - Venezuela. *Caminhos de Geografia, Uberlândia - MG*, 21, Mar/2020, p. 86–97.
- Mato Grosso do Sul, Plano de recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Miranda. Campo Grande: Imasul/Semade, 2016.
- Mato Grosso do Sul, Plano de recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Miranda. Campo Grande: Imasul/Semade, 2014.
- Medeiros, R. B. ; Chávez, E. S.; da Silva, Charlei A.; Berezuk, André G. 2022. Geoecological diagnosis of landscapes of the Formoso River Watershed, Bonito/MS, Brazil. *Environmental Earth Sciences* 81, p. 174-01-19, 2022.
- Mendonça, Francisco de Assis; DIAS, Mariana Andreotti. Meio ambiente e sustentabilidade. Editora Intersaberes, 2019. 298 p.
- Mira, Í. R. C. Carvalho, D. S.; Souza, D. S. L.; Silva, M. L. 2022. Vulnerabilidade Ambiental da Sub-Bacia do Alto-Médio Rios Mogi Guaçu e Pardo – MG. *Revista Brasileira de Geografia Física* 15, (2022) 1352-1370.
- MS. Mato Grosso do Sul. Secretaria de Planejamento e coordenação Geral. Atlas Multirreferencial. Campo Grande-MS, 1990.
- Nörnberg, S Otte; R., M. Ortemar; 2021 Fragilidade ambiental e vulnerabilidade à perda de solos no município de Pelotas/RS: aplicação e comparação de modelos. *Caminhos de Geografia Uberlândia-MG*. 22, 2021, p. 42–59
- Oliveira, M. D.; Ferreira, C. J. 2003 Estudos Limnológicos para monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio Miranda, Pantanal Sul. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003. 61 p.
- Philippi Jr., A. Sobral, M. C. Carvalho, R M. 2019 Caminha Mendes de Oliveira. Bacia hidrográfica no contexto da sustentabilidade. In. Philippi Jr., Arlindo. Sobral, Maria do Carmo. Gestão de bacias hidrográficas e sustentabilidade. 1.ed. Barueri, SP: Ed. Manole, 2019.
- Pinto, A. L. 2007 Hidrogeologia e qualidade das águas da bacia do Rio Miranda/MS. OLAM Ciência & Tecnologia. Rio Claro/SP, Brasil Ano VII, Dezembro/2007. www.olam.com.br
- Pott, A.; Damasceno-J., G. Alves; S., M. P. 2014, Características da Bacia Hidrográfica do Rio Miranda. *Geopantanal: revista do Curso de Geografia / Universidade Federal de Mato Grosso do Sul*. N.16. p. 125-140. jan./jun. 2014.
- Sales, J. C. Cabral, I. L. Lazzarotto; J, C R. 2021 A Cartografia Geomorfológica Aplicada a Análise da Bacia Hidrográfica do Rio da Prata em Jaciara – MT– Brasil. *Revista Geografar - Curitiba*, 16, 571-595, jul. a dez./2021
- Salomão, F. X. T 2005. Controle e prevenção dos processos erosivos. In.: Guerra, Antônio José Teixeira; Silva, Antônio Soares da; Botelho, Rosângela Garrido Machado. Erosão e conservação dos solos. 2ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 229 – 268.
- Santos, H. G. dos; Jacomine, P. K. T.; Anjos, L. H. C. dos; Oliveira, V. A. de; Lumberras, J. F.; Coelho, M. R.; Almeida, J. A. de; Araujo Filho, J. C. de; Oliveira, J. B. de; Cunha, T. J. F. 2018 Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. – 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2018.
- Santos, J. O. Ross, J. L. S. 2012; Fragilidade ambiental urbana. *Revista da ANPEGE*, 8 127 - 144, ago./dez. 2012.
- Silva, J. S.V.; Neves, S. M. A. S. 2014; Vendrusculo, Laurimar Gonçalves. Caracterização ambiental da Unidade de Planejamento e Gerenciamento do rio Amambaí. *Revista GeoPantanal, UFMS/AGB, Corumbá/MS*, N. 16, 21-35, jan./jun. 2014.
- Silva, R C. Mecanização e manejo do solo. 1. São Paulo: Erica, 2019.
- Souza, C.M., Jr.; Z. Shimbo, J.; Rosa, M.R.; Parente, L.L.; A. Alencar, A.; Rudorff, B.F.T.; Hasenack, H.; Matsumoto, M.; G. Ferreira, L.; Souza-Filho, P.W.M.; De Oliveira, S.W.;

- Rocha, W.F.; Fonseca, A.V.; Marques, C.B.; Diniz, C.G.; Costa, D.; Monteiro, D.; Rosa, E.R.; Vélez-Martin, E.; Weber, E.J.; Lenti, F.E.B.; Paternost, F.F.; Pareyn, F.G.C.; Siqueira, J.V.; Viera, J.L.; Neto, L.C.F.; Saraiva, M.M.; Sales, M.H.; Salgado, M.P.G.; Vasconcelos, R.; Galano, S.; Mesquita, V.V.; Azevedo, T. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. *Remote Sens.* 2020, 12, 2735.
- Souza, J.C. S. Nunes, N. N. Amaral; H., R. M. Costa S.; Unidades de paisagem e dinâmica temporal do uso e cobertura do solo na bacia hidrográfica do Rio das Pedras, Goiás, Brasil. *Revista Cerrados, Montes Claros – MG*, 19, 03-22, jan./jun.-2021.
- Spörl, Christiane; Ross, Jurandy Luciano Sanches. Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. *GeoUSP. Espaço e Tempo*. São Paulo, n.15, p. 39-49, 2004.
- Stein, R., T. e Coscolin, R. B. S. 2020 Agricultura climaticamente inteligente e sustentabilidade. Disponível em: Minha Biblioteca, Grupo A, 2020.
- Tavares, K. S. R; Mendes, S. O; Ferreira N., J. B. 2022 Geografia Física e a abordagem geossistêmica aplicada à estudos de suscetibilidade ambiental de bacias hidrográficas. *Revista Brasileira de Geografia Física* 15, (2022) 634-649.
- Tavares, K. S. R; Oliveira, I. J.; Romão, P. A. 2022 Adaptação do fator geomorfológico na metodologia de mapeamento da vulnerabilidade à perda de solos. *Revista Brasileira de Geografia Física* 15, (2022) 936-959.
- Tricart, J. L. F. *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977.