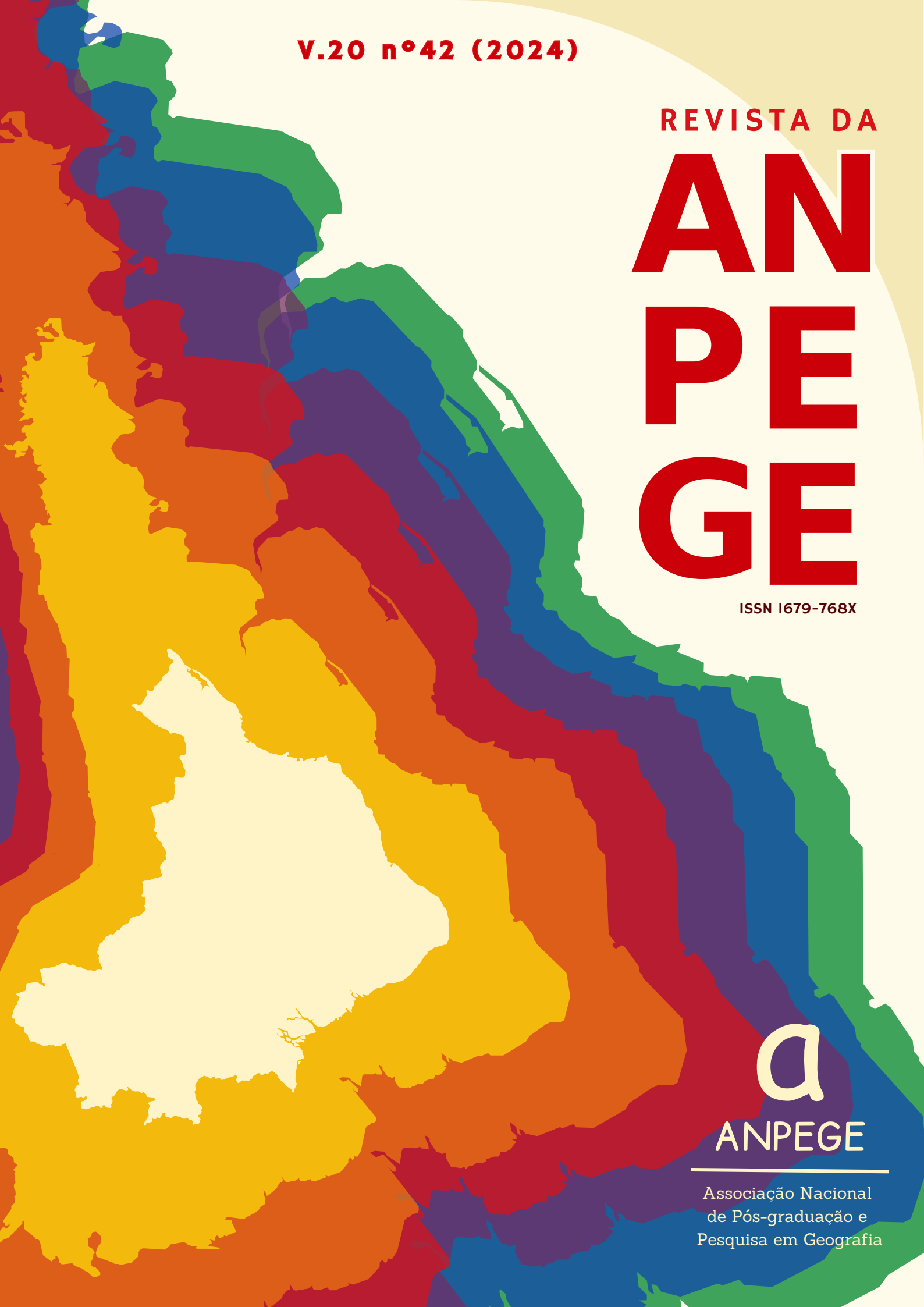
V.20 nº42 (2024)

REVISTA DA ANPEGE

ISSN 1679-768X



a ANPEGE

Associação Nacional
de Pós-graduação e
Pesquisa em Geografia

REVISTA DA
ANPEGE



Vulnerabilidade natural à perda de solo no município de Anastácio/MS: subsídio para o zoneamento ecológico-econômico

Natural vulnerability to soil loss in the municipality of Anastácio/MS: support for ecological-economic zoning

Vulnerabilidad natural a la pérdida de suelo en el municipio de Anastácio/MS: apoyo para la zonificación ecológica-económica

DOI: 10.5418/ra2024.v20i42.19029

DENILSON ROCHA DOS SANTOS
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS)

ELISÂNGELA MARTINS DE CARVALHO
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS)

V.20 n°42 (2024)
e-issn : 1679-768X

RESUMO: A pesquisa aborda a Vulnerabilidade Natural à Perda de Solo em Anastácio/MS para auxiliar no Zoneamento Ecológico-Econômico. Utilizou-se a metodologia proposta por Crepani *et al.* (2001) com base na Ecodinâmica de Tricart (1977), analisando a relação entre pedogênese, morfogênese e classes de vulnerabilidade das Unidades Territoriais Básicas (UTBs). Os dados de Clima, Vegetação, Solos, Geologia e Geomorfologia foram organizados e processados no software QGIS 3.10. A análise revelou que 87% da área estudada é Medianamente Estável/Vulnerável, relacionada principalmente à ausência de vegetação densa. A classe Moderadamente Estável (10%), corresponde a áreas com vegetação nativa e rochas coesas, e Moderadamente Vulnerável (3%), caracteriza-se por áreas com solos rasos e declives acentuados, além de pastagens. A partir dos resultados sugere-se a implementação de práticas de manejo do solo, como curvas de nível e terraceamento, e a preservação da vegetação próxima aos rios para evitar a erosão.

Palavras-chave: vulnerabilidade; gestão territorial; incompatibilidade de uso.

ABSTRACT: The research addresses the Natural Vulnerability to Soil Loss in Anastácio/MS to assist in Ecological-Economic Zoning. The methodology proposed by Crepani et al. (2001) based on Tricart's Ecodynamics (1977) was used, analyzing the relationship between pedogenesis, morphogenesis, and vulnerability classes of Basic Territorial Units (BTUs). Climate, Vegetation, Soils, Geology, and Geomorphology data were organized and processed in QGIS 3.10 software. The analysis revealed that 87% of the studied area is Moderately Stable/Vulnerable, mainly related to the absence of dense vegetation. The Moderately Stable class (10%) corresponds to areas with native vegetation and cohesive rocks, and Moderately Vulnerable (3%) is characterized by areas with shallow soils and steep slopes, as well as pastures. Based on the results, the implementation of soil management practices such as contour plowing and terracing is suggested, along with the preservation of vegetation near rivers to prevent erosion.

Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional. CC BY - permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original.

Keywords: vulnerability; territorial management; incompatibility of use.

RESUMEN: La investigación aborda la Vulnerabilidad Natural a la Pérdida de Suelo en Anastácio/MS para ayudar en el Zonificación Ecológico-Económica. Se utilizó la metodología propuesta por Crepani et al. (2001) basada en la Ecodinámica de Tricart (1977), analizando la relación entre pedogénesis, morfogénesis y clases de vulnerabilidad de las Unidades Territoriales Básicas (UTBs). Los datos de Clima, Vegetación, Suelos, Geología y Geomorfología fueron organizados y procesados en el software QGIS 3.10. El análisis reveló que el 87% del área estudiada es Medianamente Estable/Vulnerable, relacionado principalmente con la ausencia de vegetación densa. La clase Moderadamente Estable (10%) corresponde a áreas con vegetación nativa y rocas cohesivas, y Moderadamente Vulnerable (3%) se caracteriza por áreas con suelos poco profundos y pendientes pronunciadas, además de pastizales. A partir de los resultados, se sugiere la implementación de prácticas de manejo del suelo, como curvas de nivel y terrazas, y la preservación de la vegetación cercana a los ríos para evitar la erosión.

Palabras clave: vulnerabilidad; gestión territorial; incompatibilidad de uso.

INTRODUÇÃO

Aliada às necessidades contemporâneas da sociedade e aos estudos que envolvem políticas de ordenamento territorial municipal, a partir do século XXI, nota-se que um dos enfoques mais explorados está relacionado à análise da dinâmica da paisagem. Tais abordagens evidenciam a interação entre a sociedade e a natureza, ocasionando na formação de paisagens que frequentemente apresentam áreas suscetíveis à vulnerabilidade e riscos socioambientais. A natureza surge, diante dessas análises, seja para compreensão de suas formas de apropriação quanto a avaliação dos impactos ambientais (ZACHARIAS e GUERRA, 2019).

O meio ambiente sofre mudanças constantes naturalmente, ao qual não temos controle. Entretanto, as atividades humanas, cada vez mais intensas sobre o meio, vem ocasionando mudanças significativas, seja ela em relação ao tempo, acelerando os processos de fragilidade ambiental, ou espaço, aumentando as áreas degradáveis do planeta (ANDRADE e ROVANI, 2022). Ross (2006) aponta que a ação humana sobre o meio ambiente apresenta resposta em maior ou menor grau dependendo das características genéticas do meio, ou seja, o grau de vulnerabilidade do ambiente será

alterado em decorrência da fragilidade natural do meio. O autor alega que há um equilíbrio dinâmico nas mudanças ocasionadas pela própria natureza e o ser humano vem alterando este equilíbrio.

Desta forma, compreender as potencialidades e as limitações do meio ambiente são fundamentais para ocupá-lo e explorá-lo de forma sustentável. Para Mira *et al.* (2022, p. 1353) é necessário entender essas potencialidades e limitações dos sistemas ambientais, por meio das categorias morfodinâmicas que "possibilitam a identificação e o mapeamento de diversas áreas estáveis e vulneráveis à degradação ambiental, fundamentais no processo de planejamento, zoneamento e gestão dos recursos naturais".

Essa análise integrada da paisagem tem suas origens no conceito das unidades ecodinâmicas, proposto por Tricart (1977), que ressalta os elementos morfodinâmicos como sendo determinantes nas análises integradas da paisagem. Para o autor o conceito de ecodinâmica é integrado ao conceito de ecossistemas, ao qual fundamenta-se no instrumento lógico de sistemas. O autor apresenta a ideia de sistemas como uma entidade complexa e inter-relacionada, onde o funcionamento é gerado a partir da troca de matéria e energia entre seus componentes, resultando em uma única entidade dinâmica e interdependente, as unidades ecodinâmicas.

Na proposta de CREPANI *et al.* (2001) grau de vulnerabilidade natural à perda de solos é estabelecida pelos fatores morfodinâmicos, de modo que áreas onde há predominância de processos de morfogênese prevalecem os processos erosivos e quando há predominância dos processos de pedogênese, mantêm-se os processos formadores do solo.

Crepani *et al.* (2001), quando propõem uma metodologia para gerar cartas de vulnerabilidade natural, utilizam-se do conceito de ecodinâmica e apresentam as Unidades Territoriais Básicas (UTBs) dividindo-as em unidades de paisagem natural – recorte territorial onde as dinâmicas visíveis e invisíveis se relacionam, sendo necessário conhecer sua gênese, constituição física, forma e estágio – e os polígonos de intervenção antrópica – correspondendo às unidades de atuação humana que alteram as condições naturais. Quanto as UTBs, Mira *et al.* (2022, p. 1354) destacam que o equilíbrio "do sistema representado pela unidade de paisagem natural se altera numa escala variável, de acordo com a introdução de novas forças desenvolvidas no polígono de ação antrópica".

Silva (2022, p. 32) aponta que "a vulnerabilidade caracteriza o grau de suscetibilidade que um componente ou conjunto de componentes do meio/paisagem, manifestam à determinada ação ou fenômeno. É, portanto, a capacidade que o ambiente possui de reagir a fatores naturais nos processos de morfogênese e pedogênese".

O mapeamento da vulnerabilidade natural à perda do solo desempenha um papel crucial no âmbito do planejamento e gestão territorial e ambiental, consolidando-se como uma ferramenta relevante utilizada pelos órgãos públicos. Os procedimentos operacionais para sua elaboração envolvem estudos básicos sobre o relevo, os tipos de solo, a geologia, o clima e o uso e cobertura do

solo. Essas informações são, posteriormente, analisadas de forma integrada para gerar um produto síntese que expressa os diferentes graus de vulnerabilidade que o ambiente possui em função de suas características genéticas (ROCKETT *et al.,* 2014). O mapeamento da vulnerabilidade do solo, ao se integrar com as análises de paisagem, proporciona uma compreensão integral dos desafios ambientais, permitindo uma abordagem mais abrangente na busca por soluções sustentáveis e eficazes no contexto da gestão territorial.

Desta forma, a presente pesquisa se propôs a identificar a Vulnerabilidade Natural à Perda de Solo no município de Anastácio/MS, subsidiando aplicações para o Zoneamento Ecológico-Econômico. As técnicas utilizadas nesta pesquisa pautam-se na proposta de Crepani *et al.* (2001) ao qual propõe uma metodologia utilizando-se do Geoprocessamento e SIG para gerar cartas de vulnerabilidade natural à perda de solo, subsidiando o ZEE e as ações de gestão e planejamento territorial.

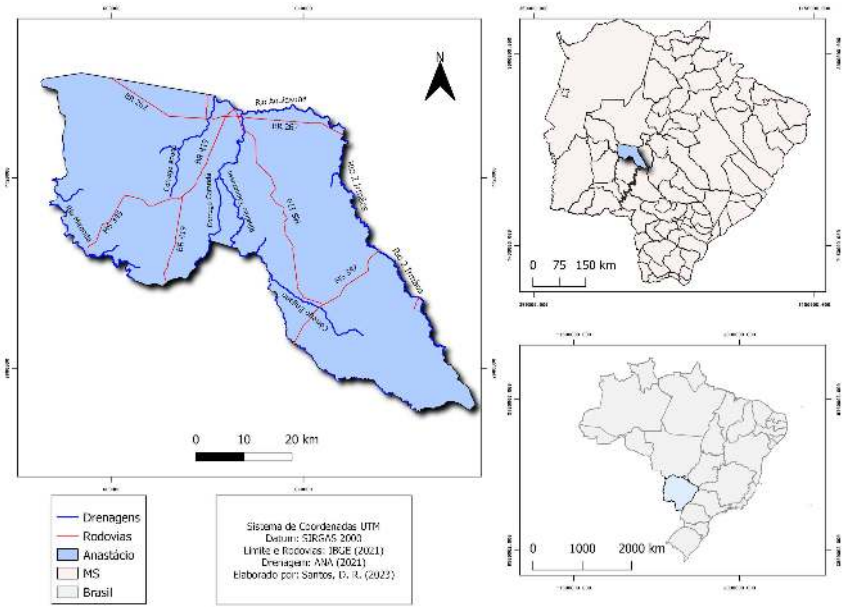
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A seguir será apresentada a área de estudo, sua localização e as metodologias que foram utilizadas para alcançar os objetivos propostos. Desta forma, esse item será apresentado em dois tópicos: Área de Estudo e Procedimentos Técnicos.

Área de Estudo

O município de Anastácio encontra-se na mesorregião do Pantanal Sul Mato-grossense, na microrregião de Aquidauana, e está localizado no sudoeste do estado de Mato Grosso do Sul, no Centro-Oeste brasileiro (Figura 1). Localizado na porção oeste da Bacia Sedimentar do Paraná, possui uma extensão territorial de 2.913,177 km² situados entre as coordenadas geográficas 20°25’00”, 21°05’00” de latitude Sul e 56°10’00”, 55°20’00” de longitude Oeste. Segundo o censo do IBGE (2022), possuiu uma população estimada de 24.107 pessoas.

Figura 1: Mapa de Localização do município de Anastácio/MS



Fonte: Elaborado pelo autor

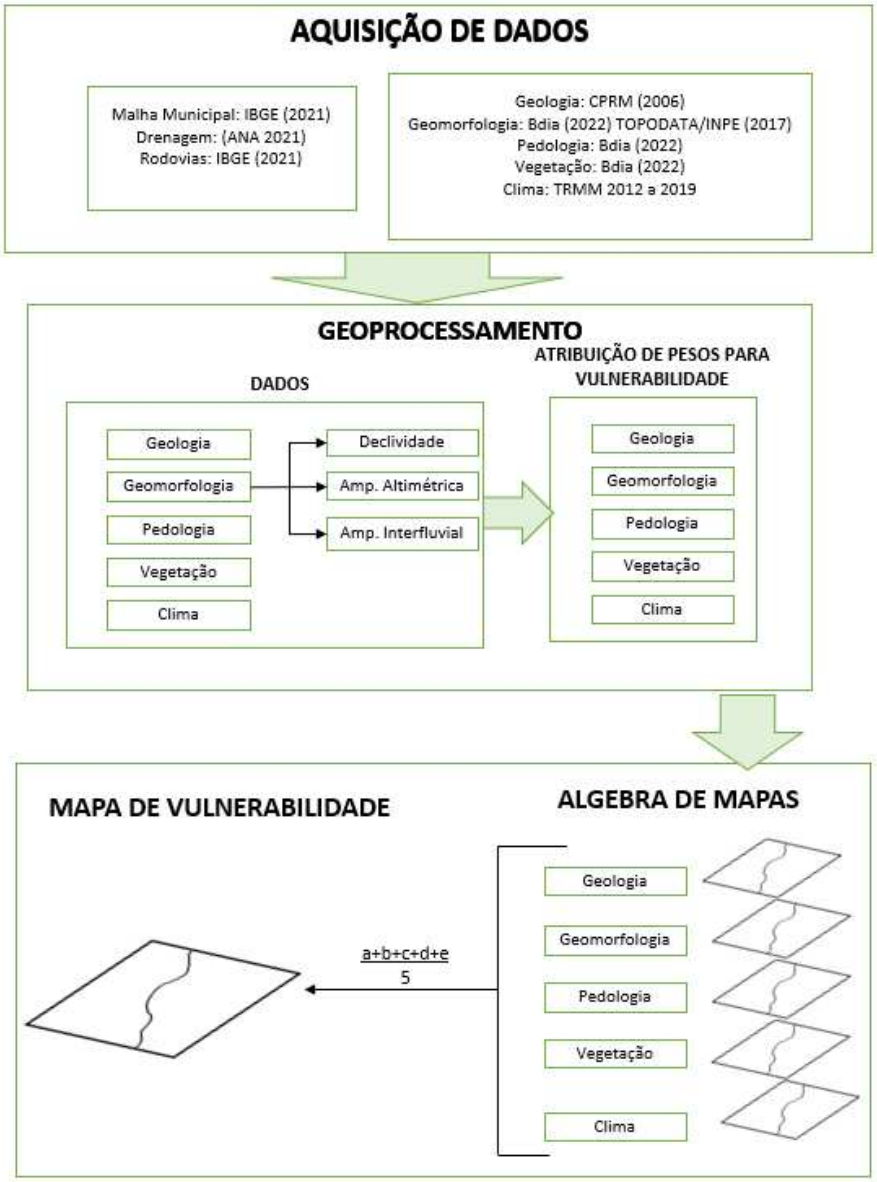
O município de Anastácio possui sua matriz econômica pautada na produção de gado (leite e corte), o que contribuiu para que houvesse uma substituição da vegetação nativa para pastagem. Apesar da forte produção pecuária, o município passa por um aumento das atividades voltadas para a agricultura.

Procedimentos Técnicos

O modelo de vulnerabilidade natural à perda de solo proposto por Crepani *et al.* (2001) utilizam-se do conceito de Ecodinâmica, proposto por Tricart (1977) e baseiam-se nas características morfodinâmicas da superfície terrestre, ou seja, quando prevalece a pedogênese, formação dos solos, classificam-se as áreas como estáveis, e quando prevalece a morfogênese, relacionada a modelagem do relevo (perda de material), classifica-se como áreas instáveis.

Desta forma, iniciaram-se os procedimentos para gerar a carta de vulnerabilidade natural à perda de solos do município de Anastácio/MS. Para tal, foi criado um Banco de Dados no software QGIS 3.10 com os dados vetoriais e matriciais necessários para a análise da área. Posteriormente fez-se a aquisição dos dados referentes às Unidades Territoriais Básicas – UTBs – Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Clima. As escalas dos dados podem ser observadas na tabela 1. As fontes e métodos abordados quanto a aquisição e importação dos dados podem ser observados na Figura 2.

Figura 2: Esquema de Aquisição e Tratamento dos Dados



Fonte: Organizado pelo Autor

Tabela 1: Escala dos Dados

Vetores e Matrizes	Escala
Limite Municipal	1:250.000
Drenagem	1:250.000
Rodovias	1:250.000
Geologia	1:1000.000
Geomorfologia	30m
Pedologia	1:250.000
Vegetação	1:250.000

Fonte: Organizado pelo autor

Após a construção do banco de dados foram aplicadas técnicas de processamento e tratamento dos dados para obter as vulnerabilidades naturais para cada classe elencada, como proposto por Crepani *et al.* (2001). A proposta classifica a vulnerabilidade em 21 classes, entre Estável e Vulnerável, sendo que, as áreas onde prevalecem os processos de pedogênese recebem valores próximos de 1, e áreas com equilíbrio entre pedogênese e morfogênese, os valores são próximos a 2 e áreas onde prevalecem os processos de morfogênese são classificadas como vulneráveis e ponderadas com os valores próximos a 3. A figura 3 aponta as classes apresentadas pelo autor, entretanto, para este trabalho foi realizada uma modificação nas cores para melhor discriminação dos elementos do mapa.

Figura 3: Escala de Vulnerabilidade das UTB's

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

Fonte: Crepani *et al.* (2001)

A seguir será apresentado como cada um dos temas foram tratados e analisados, levando em consideração a metodologia proposta e as técnicas de automatização através dos SIGs.

Geologia

Para a classe de Geologia, fez-se a aquisição dos dados georreferenciados disponibilizados pelo CPRM (2006), sendo inseridos no *software* QGIS 3.10 e realizado a reclassificação dos dados disponíveis. Posteriormente, aplicou-se os pesos de vulnerabilidade para a classe geologia, como proposto por Crepani *et al.* (2001). Para os autores, a vulnerabilidade da geologia leva em consideração a história da evolução do ambiente e o nível de coesão das rochas. Quanto à coesão, aqui empregada, os autores apresentam como a intensidade da ligação entre os minerais ou as partículas que compõem a rocha.

O grau de coesão das rochas é uma informação vital para a Geologia e deve ser integrado aos conceitos da Ecodinâmica. Rochas com baixa coesão são mais propensas a sofrerem mudanças em suas formas de relevo (morfogênese), enquanto rochas altamente coesas favorecem os processos de formação de solos – pedogênese (CREPANI *et al.,* 2001; PALMEIRA, 2004).

Para aplicar a vulnerabilidade a classe geologia, utilizou-se como parâmetro a escala proposta por Crepani et al. (2001), que apresenta a vulnerabilidade aos processos desnudacionais das rochas mais comuns. Posteriormente, utilizando como parâmetro a coluna de vulnerabilidade, transformou-se o vetor em raster, através da função *rasterizar* do QGIS para a aplicação da álgebra de mapas.

Geomorfologia

Para a classe de geomorfologia foi analisado dados morfométricos do relevo, como a amplitude interfluvial, amplitude altimétrica e declividade. Desta forma, fez-se a aquisição do Modelo Digital de Elevação (MDE) do satélite SRTM, disponibilizado pelo INPE, com resolução de 30 metros.

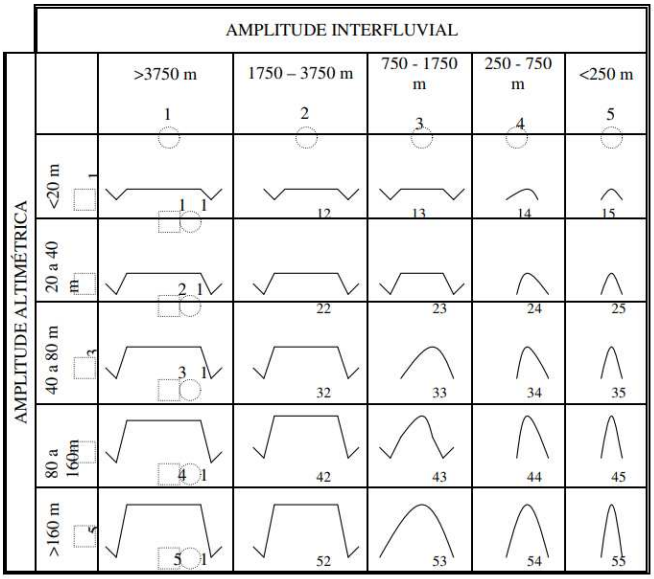
Com a aquisição do MDE realizou-se o procedimento metodológico para obtenção do Índice de Dissecação do relevo, considerando os valores de amplitude interfluvial e amplitude altimétrica, parâmetros necessários para obtenção dos dados de vulnerabilidade para a classe de geomorfologia.

Crepani *et al.* (2001) apresentam que a amplitude interfluvial está intimamente ligada à porosidade e permeabilidade do solo e rochas, sendo assim, os autores consideram que solos impermeáveis dificultam a infiltração da água, o que contribui para uma maior quantidade de água sendo drenada em direção às partes mais baixas da superfície. Esta quantidade de água sobre a superfície resulta em um número maior de canais e, consequentemente, maior disponibilidade de energia potencial que irá contribuir para uma maior capacidade erosiva.

Quanto à amplitude altimétrica, os supracitados autores relacionam com a profundidade de dissecação e que se torna um indicador das análises de transformação de energia potencial disponível. Quanto maior a amplitude altimétrica maior será a energia potencial.

A figura 4 apresenta os padrões de dissecação conforme proposto por Crepani *et al.* (2001). Sendo assim, permite visualizar que quanto maior a amplitude altimétrica e menor a amplitude interfluvial, maior será a disponibilidade de energia potencial para o escoamento superficial.

Figura 4: Padrões de Dissecação do Relevo



Fonte: Crepani *et al.* (2001)

Para obtenção dos valores de amplitude altimétrica e da amplitude interfluvial foi aplicada a metodologia apresentada por Guimarães *et al.* (2017) que propõem a automatização da aquisição desses valores. Sendo assim, após a aquisição do MDE e importação deste para o banco de dados no *software* QGIS 3.10, realizou-se a mesclagem das imagens e, em seguida, estabeleceu-se o polígono do recorte espacial, deixando um "buffer" para evitar efeitos nulos nas bordas e, consequentemente, possíveis erros.

Foi realizado o preenchimento dos pixels defeituosos, por meio da ferramenta *r.fill.dir*. Segundo Guimarães *et al*. (2017), as depressões espúrias (os pixels defeituosos) representam falhas no MDE e interferem as análises relacionadas a direção e acumulação do fluxo.

Amplitude Altimétrica

Para aplicar o mapeamento da amplitude altimétrica, foi realizada a inversão dos valores do MDE sem depressão, por meio da ferramenta calculadora raster e multiplicando o MDE por -1. Guimarães *et al*. (2007), ao descrever sobre a necessidade da inversão dos valores, alegam que "o grau de entalhamento de cada pixel representa quantos metros o referido pixel está abaixo do pico situado na mesma região altimétrica". Desta forma, faz-se necessário a realização do cálculo dos valores de cada pixel e para alcançá-los é necessário aplicar a inversão dos valores dos pixels. Como resultado obteve-se um novo arquivo em raster, onde os picos são transformados em depressões.

Com os valores invertidos dos pixels foi possível definir as Bacias Hidrográficas da área de estudo. Vale ressaltar que a amplitude das bacias é calculada com base na distância média entre os divisores de água, para tal, foi utilizado a ferramenta *watershed* no *software* QGIS 3.10, definindo o limiar da área mínima das bacias com o valor de 300m.

A partir do arquivo dos limites de microbacias realizou-se a conversão para vetor. Com o arquivo vetorizado e o MDE tratado aplicou-se a função *zonal statistics*, para atribuir os dados de altimetria do MDE aos vetores. Como resultado desta operação, obteve-se os dados de amplitude altimétrica, ou, Dissecação Vertical. Posteriormente realizou-se a conversão dos valores obtidos para dados matriciais através da função *rasterizar*. Os valores calculados e pesados, de acordo com a vulnerabilidade para cada classe da Amplitude Altimétrica pode ser analisada na Tabela 1.

Tabela 2: Valores de Vulnerabilidade Para a Amplitude Altimétrica

Amplitude Altimétrica (M)	Vulner/ Estabilidade	Amplitude Altimétrica (M)	Vulner/ Estabilidade	Amplitude Altimétrica (M)	Vulner/ Estabilidade
<20	1,0	77 – 84,5	1,7	141,5 – 151	2,4
20 – 29,5	1,1	84,5 – 94	1,8	151 – 160,5	2,5
28,5 – 39	1,2	94 – 103,5	1,9	160,5 – 170	2,6
39 – 48,5	1,3	103,5 – 113	2,0	170 – 179,5	2,7
48,5 – 58	1,4	113 – 122,5	2,1	179,5 – 189	2,8
58 – 67,5	1,5	122,5 – 132	2,2	189 – 200	2,9
67,5 – 77	1,6	132 – 141,5	2,3	>200	3,0

Fonte: Adaptado de Crepani *et al.* (2001)

Amplitude Interfluvial

Para obter dados da Amplitude Interfluvial utilizou-se os dados das tabelas de atributos do vetor gerado no procedimento anterior (geração das meias-bacias). Inicialmente obteve-se os valores de área e perímetro, gerado a partir da calculadora de campo. Com esses valores foi possível calcular o comprimento das bacias e a largura média dos interflúvios.

Para o cálculo do comprimento das bacias realizou-se a multiplicação dos valores do perímetro dividido por 2. Para obter a largura média das bacias foi aplicado a divisão da área pelo comprimento das bacias. Posteriormente realizou a conversão dos valores obtidos para dados matriciais através da função *rasterizar*. Os valores calculados e pesados, de acordo com a vulnerabilidade para cada classe da Amplitude Interfluvial pode ser analisada na Tabela 2.

Tabela 3: Valores de Vulnerabilidade Para a Amplitude Interfluvial

Amplitude Interfluvial (M)	Vulner/ Estabilidade	Amplitude Interfluvial (M)	Vulner/ Estabilidade	Amplitude Interfluvial (M)	Vulner/ Estabilidade
<5000	1,0	3250 – 3500	1,7	1500 – 1750	2,4
4750 – 5000	1,1	3000 – 3250	1,8	1250 – 1500	2,5
4500 – 4750	1,2	2750 – 3000	1,9	1000 – 1250	2,6
4250 – 4500	1,3	2500 – 2750	2,0	750 – 1000	2,7
4000 – 4250	1,4	2250 – 2500	2,1	500 – 750	2,8
3750 – 4000	1,5	2000 – 2250	2,2	250 – 500	2,9
3500 – 3750	1,6	1750 – 2000	2,3	>250	3,0

Fonte: Adaptado de Crepani *et al.* (2001)

Declividade das Encostas

Para gerar os dados de declividade foi utilizado o MDE com resolução de 30 metros e aplicou-se a função *Declividade.* Posteriormente foi realizada a classificação, seguindo os parâmetros propostos por Crepani et al. (2001) através da função *Reclassificador por Tabela.*

Os valores calculados e pesados, de acordo com a vulnerabilidade para cada classe da Declividade das Encostas pode ser analisada na Tabela 3.

Tabela 4: Valores de Vulnerabilidade Para a Declividade das Encostas

Declividade		Vulner / Estab	Declividade		Vulner / Estab	Declividade		Vulner / Estab
Graus	Porcent.		Graus	Porcent.		Graus	Porcent.	
<2	<3,5	1,0	9,9 – 11,2	17,4 – 19,8	1,7	19,1 – 20,4	34,6 – 37,2	2,4
2 – 3,3	3,5 – 5,8	1,1	11,2 – 12,5	19,8 – 22,2	1,8	20,4 – 21,7	37,2 – 39,8	2,5
3,3 – 4,6	5,8 – 8,2	1,2	12,5 – 13,8	22,2 – 24,5	1,9	21,7 – 23,0	39,8 – 42,4	2,6
4,6 – 5,9	8,2 – 10,3	1,3	13,8 – 15,2	24,5 – 27,2	2,0	23,0 – 24,4	42,4 – 45,3	2,7
5,9 – 7,3	10,3 – 12,9	1,4	15,2 – 16,5	27,2 – 29,6	2,1	24,4 – 25,7	45,3 – 48,1	2,8
7,3 – 8,6	12,9 – 15,1	1,5	16,5 – 17,8	29,6 – 32,1	2,2	25,7 – 27	48,1 – 50	2,9
8,6 – 9,9	15,1 – 17,4	1,6	17,8 – 19,1	32,1 – 34,6	2,3	>27	>50	3,0

Fonte: Adaptado de Crepani *et al.* (2001)

Vulnerabilidade Geomorfológica

Após obter os dados morfométricos da área e realizada sua conversão para raster, realizou-se a álgebra de mapas para a obtenção dos valores de vulnerabilidade geomorfológica, para tal aplicou-se a seguinte equação:

$$R = \frac{G+A+D}{3}$$

Onde:

R – Vulnerabilidade para o tema Geomorfologia;

G – Vulnerabilidade atribuída ao Grau de Dissecação/Amplitude Interfluvial;

A – Vulnerabilidade atribuída à Amplitude Altimétrica;

D – Vulnerabilidade atribuída à Declividade.

Pedologia

Para obter a vulnerabilidade natural para a classe Solos, realizou-se a aquisição dos dados vetoriais do IBGE (2022), disponibilizados pelo banco de dados Bdia, e inseridos no banco de dados do projeto. Desta forma realizou-se a classificação das informações disponíveis e aplicou-se os pesos de vulnerabilidade para cada classe de acordo com Crepani *et al*. (2001).

Crepani *et al.* (2001), acerca dos critérios analisados para a vulnerabilidade natural dos solos, pondera que se baseia no grau de maturidade do solo, que reflete diretamente aos processos de pedogênese e morfogênese do solo, desta forma, destacam que quando há a prevalência de solos jovens, é marcado pelos processos de morfogêneses e onde se encontra solos maduros reflete a presença dos processos de pedogênese. Os valores de vulnerabilidade propostos por Crepani *et al.* (2001), seguindo o parâmetro apresentado, podem ser observados na tabela 04.

Tabela 5: Categoria Morfodinâmica dos Solos e seus valores

Categoria Morfodinâmica	Relação Pedogênese / Morfogênese	Valor
Estável	Prevalece a Pedogênese	1,0
Intermediário	Equilíbrio entre Pedogênese e Morfogênese	2,0
Instável	Prevalece a Morfogênese	3,0

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em Crepani *et al.* (2001)

Vegetação

Quanto à classe de vegetação, considera-se a densidade da cobertura vegetal como determinante às 21 classes de vulnerabilidade. Para Crepani *et al.* (2001) a cobertura vegetal protege o terreno das ações erosivas, desta forma, pode-se compreender que áreas com uma maior densidade de vegetação são caracterizadas como áreas estáveis às ações erosivas enquanto em áreas com uma menor densidade de vegetação possuem maior probabilidade de ocorrerem processos erosivos. Tal percepção pode ser sintetizada na Tabela 05.

Desta forma, para obter a vulnerabilidade natural à perda de solo para a classe Vegetação, fez-se aquisição dos dados vetoriais importados do IBGE (2022), pelo banco de dados do Bdia, inseridos no Banco de Dados do projeto, reclassificados para, então, ponderar a vulnerabilidade para cada polígono referente às classes encontradas na área. Após obter os valores de vulnerabilidade, fez-se o processo de transformar o vetor para raster, pela função *rasterizar* no QGIS para a posterior análise.

Tabela 6: Categoria Morfodinâmica da vegetação e seus Valores

Categoria Morfodinâmica	Densidade de Vegetação	Valor
Estável	Alta Densidade de Cobertura	1,0
Intermediários	Densidade Intermediária de Cobertura	2,0
Instável	Baixas Densidade de Cobertura	3,0

Fonte: Organizado pelo Autor

Clima

Quanto ao clima, Para Crepani *et al.* (2001) as características das chuvas que torna um potencial aos processos erosivos são a pluviosidade total, intensidade pluviométrica e distribuição sazonal. Destas apresentadas, destaca a intensidade pluviométrica, que tem relação direta com as outras duas características, ou seja, é a relação entre a quantidade de chuva e os períodos chuvosos. Sendo assim, a partir da intensidade pluviométrica pode-se analisar o potencial energético que será transformado em energia cinética.

Desta forma, para obtenção dos dados climatológicos, fez-se a aquisição dos dados a partir do satélite Tropical Rainfall Measuring Mission – TRMM – que utiliza técnicas de Sensoriamento Remoto Orbital (SRO) para estimar dados pluviométricos. A escolha pelo uso da aquisição de dados estimados de chuva para o desenvolvimento da pesquisa se deu por dois aspectos: a ausência de estações pluviométricas e dados incompletos nas estações existentes. Os dados do satélite TRMM foram analisados por diversos pesquisadores, tais como Soares, Paz e Piccilli (2016); Cruz (2022); Souza *et al.* (2023); Jardim *et al.* (2023), que ponderam a eficácia dos dados simulados aos dados coletados nas respectivas áreas de análise.

Para a pesquisa foram coletados dados pluviométricos a partir do TRMM, compreendendo nove pontos no entorno do município. Os dados foram convertidos para planilha CSV, no Excel, e importados no banco de dados. Posteriormente realizou-se a interpolação, através da função *interpolador IDW* definindo o tamanho do *pixel* em 0,01mm, no *software* QGIS 3.10 e em seguida realizou-se o cálculo para obter a Intensidade Pluviométrica, onde foram divididos os valores de pluviosidade média anual pela duração de meses chuvosos. Com os dados de Intensidade Pluviométrica, analisou-se a vulnerabilidade da área aplicando os critérios elencados por Crepani *et al.* (2001), conforme apresentado na tabela 7.

Tabela 7: Valores de Vulnerabilidade para Intensidade Pluviométrica

Intensidade Pluviométrica (mm/mês)	Vulnerabili	Intensidade Pluviométrica (mm/mês)	Vulnerabilidade	Intensidade Pluviométrica (mm/mês)	Vulnerabilidade
<50	1,0	200 – 225	1,7	375 – 400	2,4
50 – 75	1,1	225 – 250	1,8	400 – 425	2,5
75 – 100	1,2	250 – 275	1,9	425 – 450	2,6
100 – 125	1,3	275 – 300	2,0	450 – 475	2,7
125 – 150	1,4	300 – 325	2,1	475 – 500	2,8
150 – 175	1,5	325 – 350	2,2	500 – 525	2,9
175 – 200	1,6	350 – 375	2,3	>525	3,0

Fonte: Adaptada de Crepani *et al.* (2001)

Vulnerabilidade Natural à Perda de Solo

Com os dados das UTBs tratados e ponderados, realizou-se a álgebra de mapas para obter uma média aritmética, a partir dos valores individuais de cada classe. Para tal, foi aplicada a seguinte equação:

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

Onde:

V – Vulnerabilidade

G – Vulnerabilidade para o tema Geologia

R – Vulnerabilidade para o tema Geomorfologia

S – Vulnerabilidade para o tema Solos

Vg – Vulnerabilidade para o tema Vegetação

C – Vulnerabilidade para o tema Clima

Deste modo obteve-se valores nos intervalos de 1 a 3, totalizando 21 classes, ao qual permitiu gerar o mapa de vulnerabilidade natural à perda de solo do município de Anastácio-MS.

Mapeamento de Uso e Cobertura da Terra

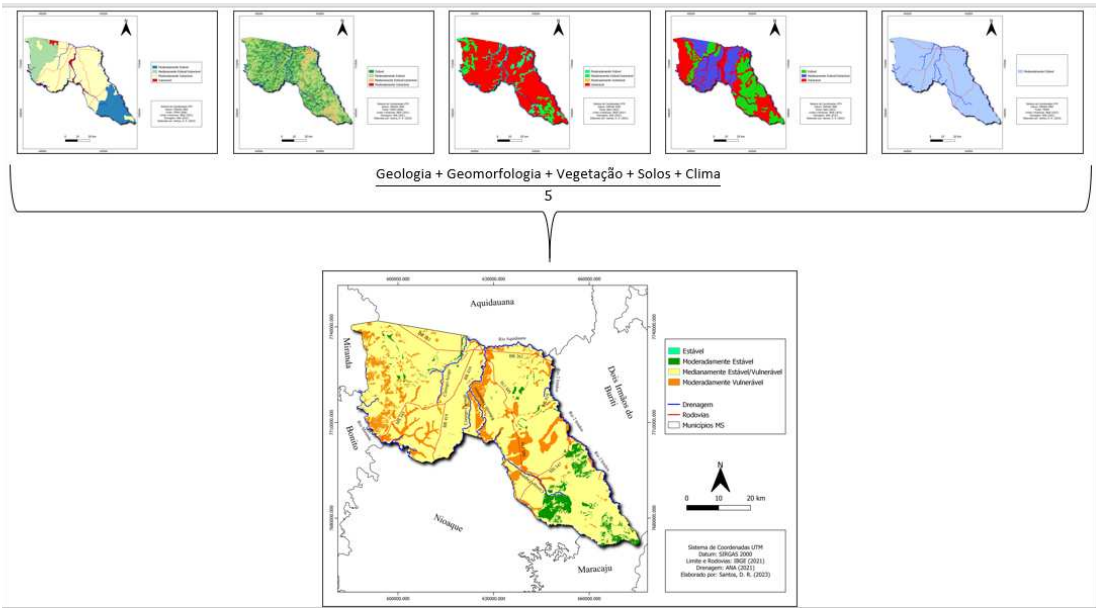
Para obter o mapeamento de Uso e Cobertura da Terra fez-se a aquisição dos dados através do projeto MapBiomas disponibilizado pelo Google Earth Engine. Obteve os dados da coleção 7.1 referentes aos anos de 1974, 2004 e 2022. Os dados foram importados para o *software* QGIS 3.10 para tratamento, refinamento e análise dos dados. Posteriormente, fez-se a reclassificação, para identificar as classes no perímetro do município. Através do trabalho de campo foi possível averiguar as classes encontradas.

RESULTADOS E ANÁLISES

A partir da equação dos mapas de vulnerabilidade para cada UTBs, como proposto por Crepani *et al.* (2001), obteve-se os valores de vulnerabilidade natural a perda de solos do município de Anastácio/MS (Figura 9). Posteriormente, realizou-se o mapeamento de uso e cobertura do solo para os anos de 1984, 2004 e 2022 para análise integrada a fim de obter as incompatibilidades de uso no município.

A geologia do município é composta pela Formação Serra Geral, Formação Aquidauana, Formação Botucatu, Formação Caiuá, Formação Cuiabá Xisto e Formação Cuiabá Mármore, Formação Pantanal e Depósitos Aluvionares (Figura 9), aos quais foram analisados e ponderados os graus de vulnerabilidade de acordo com a proposta de Crepani *et al.* (2001).

Figura 5: Álgebras de Mapas para gerar o Mapa de Vulnerabilidade Natural a Perda de Solos



Fonte: Elaborado pelos autores

A litologia do município possui uma predominância de áreas classificadas como Moderadamente Vulneráveis, por possuírem uma facilidade a sofrerem desagregação das partículas frente aos processos erosivos, como os arenitos e xistos.

Quanto a Geomorfologia o mapa de Vulnerabilidade demonstrou uma predominância de áreas Estáveis e Moderadamente Estáveis, visto que há uma homogeneidade paisagística de áreas com declividades suave e suave ondulada, baixa amplitude altimétrica e grandes amplitudes interfluviais (Figura 9).

A partir da compilação dos dados de solos, foi identificado a presença de dez classes de solos no município, ao qual predominam os Argissolos, Latossolo e Neossolo. Áreas onde há a presença de

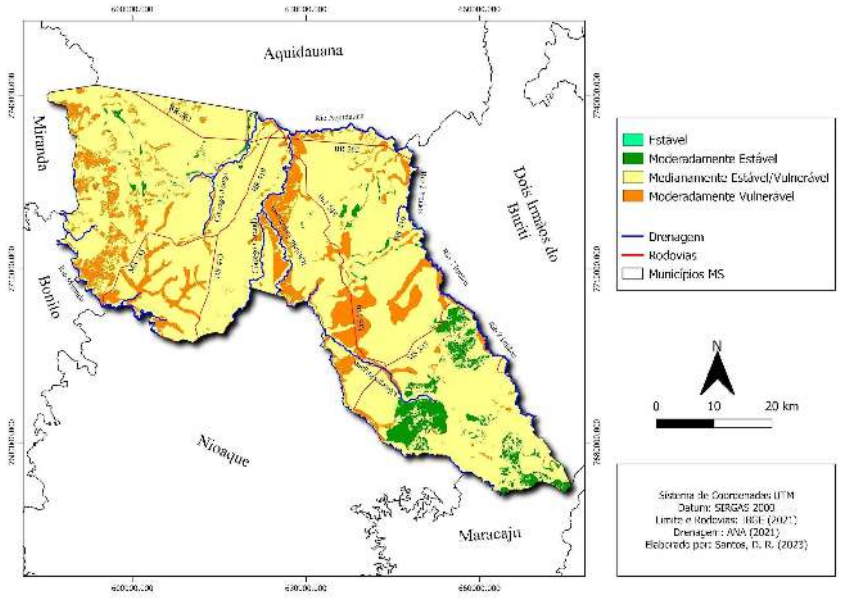
Latossolo, atribui-se vulnerabilidade estável, áreas onde encontram Argissolos pondera-se como Medianamente Estável/Vulnerável e as áreas vulneráveis onde há a presença de Neossolos (Figura 9).

Com a compilação dos dados de vegetação, identificou-se no município de Anastácio/MS a presença de quatro fitofisionomias, além das áreas de influência antrópica, sendo elas: Floresta Estacional Semidecidual Aluvial e Savana Arborizada, Florestada e Parque. Quanto às atividades antrópicas, destacam a presença de áreas de pastagem, pecuária, atividades agrícolas e as Áreas Urbanas. Pela presença de pastagem em 77% da área a vulnerabilidade com maior ocorrência, para a classe de vegetação, é vulnerável. Observa-se que se trata de áreas com grande influência antrópica e que passaram por processos de desmatamento/retirada da cobertura vegetal para fins de uso humano (Figura 9).

O Clima do município é marcado pela dominância das massas equatoriais e tropicais e sofre influência das massas tropicais e polares. É caracterizado por períodos chuvosos durante o verão e secos durante o inverno (SANT'ANNA-NETO, 1993). Desta forma, nota-se que a vulnerabilidade para o índice de intensidade pluviométrica do município é considerada Moderadamente Estável (1,4). Podendo dizer que processos erosivos causados pela chuva são poucos intensos, levando em consideração a distribuição de chuvas ao longo do ano. Com a compilação dos dados de Clima através do satélite TRMM, identificou valores de pluviosidade total, no período de 2012 a 2019, valores entre 1352 e 1415 mm.

Através do mapeamento da vulnerabilidade (Figura 6), nota-se que o município de Anastácio apresenta valores que vão de 1,2 (Estável) a 2,5 (Moderadamente Vulnerável), sendo que 87% da área é representada pelo grau de vulnerabilidade Medianamente Estável Vulnerável, representado pelos valores de 1,8 a 2,2.

Figura 6: Mapa de Vulnerabilidade Natural à Perda de Solo do Município de Anastácio/MS



Fonte: Elaborado pelo Autor

O grau denominado Moderadamente Estável representa 10% da área e está expresso pelos valores de 1,4 a 1,7. As áreas com grau de vulnerabilidade Moderadamente Vulnerável, entre os valores 2,3 a 2,5, representam 3% do total da área. O grau com menor área do mapeamento representa os valores de 1,2 e 1,3 denominado como grau de vulnerabilidade Estável. Tais valores apresentam-se na tabela 12.

Tabela 8: Classes de Vulnerabilidade Natural a Perda de Solo em Anastácio-MS

Grau De Vulnerabilidade	Vulnerabilidade	Km2	%	%
Estável	1,2	0,3546	0%	1%
	1,3	20,7153	1%	
Moderadamente Estável	1,4	12,5253	0%	10%
	1,5	16,8111	1%	
	1,6	95,1231	3%	
	1,7	165,3894	6%	
Medianamente Estável/Vulnerável	1,8	534,6855	18%	87%
	1,9	402,5142	14%	
	2,0	894,303	31%	
	2,1	337,5747	12%	
	2,2	349,1361	12%	
Moderadamente Vulnerável	2,3	78,5772	3%	3%
	2,4	5,4585	0%	
	2,5	0,009	0%	
Total	-	2913,177	100%	100%

Fonte: Organizado pelo Autor

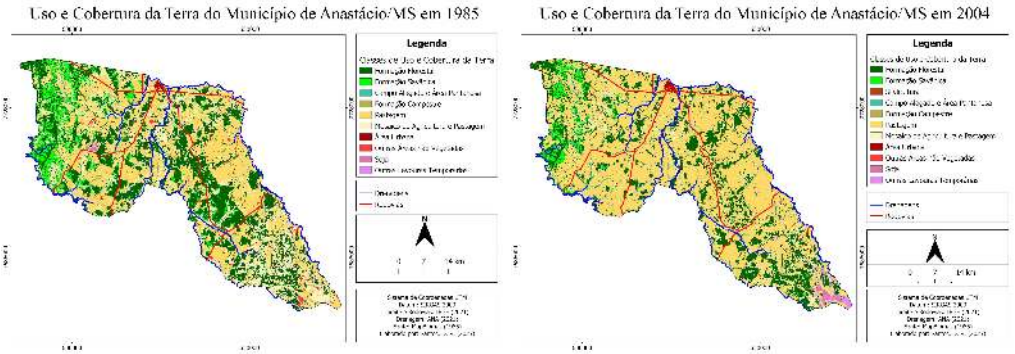
O grau de vulnerabilidade Estável, correspondente a menor área do município, relaciona-se com maior estabilidade frente aos processos morfodinâmicos. O mesmo se aplica a classe Moderadamente Estável. A primeira encontra-se dispersa entre a classe Moderadamente Estável e ambas possuem esta característica pela presença de vegetação densa (Savana Florestada) e um relevo suave a suave ondulado. Encontra-se também solos profundos (latossolos) e a presença de litologias mais resistentes, como na porção sudeste, onde predomina o basalto da Formação Serra Geral e na porção oeste, em que estão presentes o mármore da Formação Cuiabá.

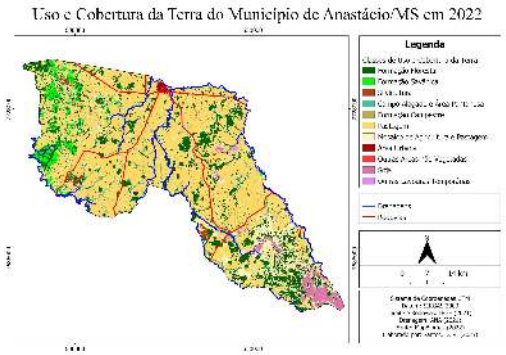
A classe Medianamente Estável/Vulnerável expressa a maior área do município (87%). Compreende áreas com ausência de vegetação densa, grande maioria ligado a atividades antrópicas como agricultura e pecuária (pastagem).

As áreas com o grau de vulnerabilidade Moderadamente Vulnerável correspondem áreas com amplitude altimétrica e declividade elevada, onde o relevo se define como ondulado ou forte ondulado, além disso, expressa áreas com solos recentes, rasos em que predominam os processos morfodinâmicos, como Plintossolos e Neossolos. A litologia dessas áreas, principalmente na porção central, corresponde aos materiais inconsolidados dos depósitos aluvionares e arenitos da formação Aquidauana e Botucatu. Ainda deve-se considerar a pecuária, onde se ponderou vulnerabilidade 3,0 (vulnerável), como condicionante dentre os fatores elencados.

A partir das informações do mapa de vulnerabilidade, podem ser conduzidas análises e discussões de incompatibilidade de uso, combinando-as com novos dados. Deste modo, os mapas de uso e cobertura da terra do município, proporcionará discussões cruciais para compreender a dinâmica da paisagem na área de estudo (Figuras 7).

Figura 7: Mudanças no Uso e Cobertura da Terra do Município de Anastácio/MS 1985, 2004, 2022





Fonte: Organizado pelo autor

Tais mapas não apenas demonstram a espacialização do uso e cobertura, mas permitem análises mais complexas quando esses dados são correlacionados com a vulnerabilidade natural, contribuindo assim, para ações de planejamento e gestão sustentável do território.

Com o mapeamento de uso e cobertura da terra do município de Anastácio pode-se notar que durante os anos de 1985 a 2022 houve uma redução das áreas de vegetação natural (Formação Florestal, Savânica, Campo Alagado e Formação campestre) em sobreposição ao aumento das áreas destinadas a pastagem, responsável pela principal atividade econômica do município, como observado na tabela 13 e gráfico 01.

Tabela 9: Classes de Uso e Ocupação da Terra do Município de Anastácio/MS para os períodos de 1985; 2004; 2022

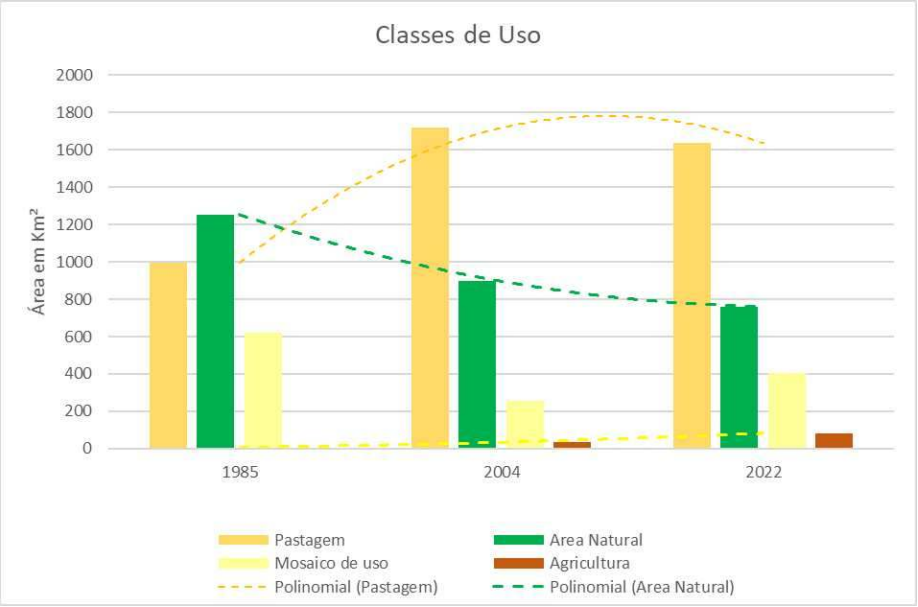
Classes de Uso	1985		2004		2022	
	km2	%	km2	%	Km2	%
Formação Florestal	947,22	32,51%	729,26	25,03%	580,33	19,92%
Formação Savânica	239,25	8,21%	94,51	3,24%	92,79	3,18%
Campo Alagado e Área Pantanosa	47,40	1,63%	68,14	2,34%	68,09	2,34%
Formação Campestre	18,92	0,65%	4,07	0,14%	20,05	0,69%
Silvicultura			0,03	0,00%	18,08	0,62%
Pastagem	995,23	34,16%	1717,15	58,93%	1635,55	56,13%
Mosaico de uso	618,16	21,21%	257,13	8,82%	402,23	13,80%
Área Urbana	4,80	0,16%	6,04	0,21%	7,33	0,25%
Outras Áreas não vegetadas	36,43	1,25%	3,38	0,12%	7,29	0,25%

						60%
Outras Lavouras Temporárias	0,76	0,03%	21,34	0,73%	6,11	0,21%
Total		**2913,82**			**100,00%**	

Fonte: Organizado pelo Autor

Durante o ano de 1985 as áreas de Vegetação Natural (Formação Florestal; Formação Savânica; Campo Alagado e Formação Campestre) apresentavam-se predominantemente espalhadas sobre toda a área de estudo, somando 43% da área total do município.

Gráfico 1: Mudança no uso da terra no município de Anastácio/MS

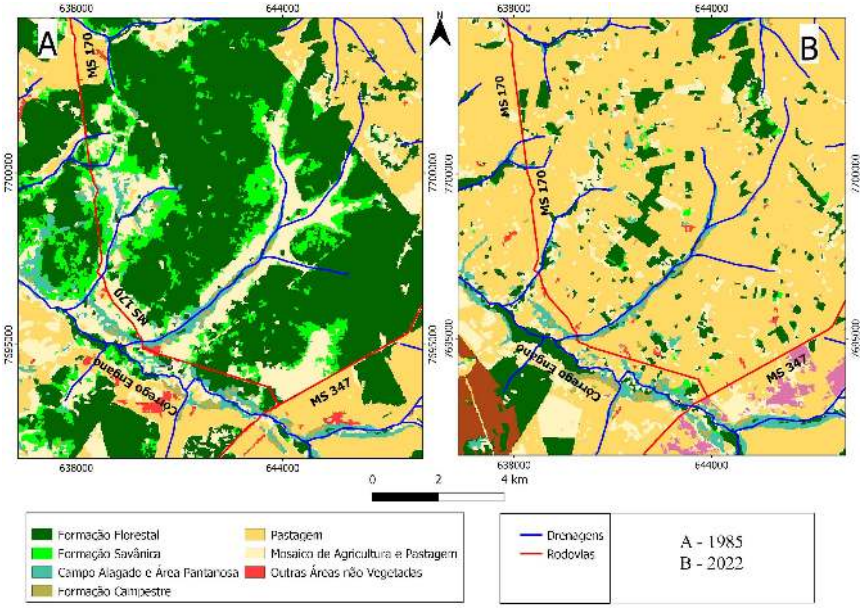


Fonte: Organizado pelo autor

Ao longo dos anos nota-se que as áreas naturais sofrem uma diminuição, à medida que as áreas de pastagem avançam, consolidando a pecuária como matriz econômica do município (Figura 8). As áreas de vegetação natural ficam restritas às áreas com declividade mais acentuada e próxima às margens dos rios.

Quando correlacionados os dados, nota-se que a retirada de vegetação, principalmente em áreas onde há a susceptibilidade aos processos erosivos, se torna um agravante para os processos morfodinâmicos, desta forma, compreende-se que as mudanças ocorridas podem contribuir para o aumento das áreas vulneráveis no município.

Figura 8: Perda de vegetação nativa entre 1985 e 2022 no leste de Anastácio-MS



Fonte: Acervo do autor

As áreas de Pastagem, durante o período analisado, sofrem um aumento significativo, nos primeiros dezenove anos, entretanto, durante o período de 2004 a 2022 apresenta uma leve diminuição nas áreas, que foram, gradativamente, sendo destinadas para a atividade de agricultura. Apesar desta tendência, constitui a maior classe de uso em 2022, com 56,13% da área (Figura 9 - A).

Figura 9: Áreas de Pastagem



Fonte: Arquivo do autor

As áreas classificadas como Mosaico de Usos apresentam uma tendência de diminuição dos anos de 1985 para 2004, no entanto, voltam a crescer no ano de 2022. O Mosaico de usos são áreas onde não foi possível discriminar o tipo de uso agropecuário.

As Áreas Urbanas apresentam crescimento ao longo dos anos, onde, inicialmente, correspondiam a 4,80km² em 1985 e, para o ano de 2022 corresponde a 7,33%, crescimento de 0,09%.

As áreas definidas como Outras Áreas não vegetadas representam, no ano de 2022, 0,25% da área de estudo. São, em sua maioria, áreas com solo exposto ligadas, principalmente, a cultura de plantio. As classes de agricultura (Soja e outras lavouras temporárias) apresentam crescimento para os períodos analisados (Figura 9 - B). Para o ano de 2022 as áreas definidas com classe agricultura representam 2,60% da área de estudo, tendo um aumento de 2,38%.

As áreas destinadas à atividade de Silvicultura surgem a partir dos dados coletados no ano de 2004, e se consolidando, correspondendo a 0,62% da área, no ano de 2022 (Figura 9 – C).

Os dados de uso e cobertura da terra, quando analisada em conjunto com dados como o mapa de vulnerabilidade, auxiliam na compreensão de áreas com vulnerabilidades estáveis e instáveis e a propensão da perda de solo. A substituição da área de vegetação nativa para pastagem, principalmente em áreas com terrenos íngremes e sem a utilização de técnicas conservacionistas, como curvas de

níveis, contribui para a erosão do solo, visto que a vegetação contribui para a diminuição da energia cinética da água facilitando a infiltração da água no solo e servindo como barreira natural para o escoamento superficial das águas. Principalmente em áreas com solos rasos e terrenos íngremes. Fato este que pode ser identificado na figura 10 - A, que mostra uma área, na porção oeste do município que possuem Neossolo Litólico, que teve sua vegetação removida para implantação de pastagem.

Figura 10: Área com início de feições erosivas ocasionadas pela remoção de vegetação



Fonte: Arquivo do autor

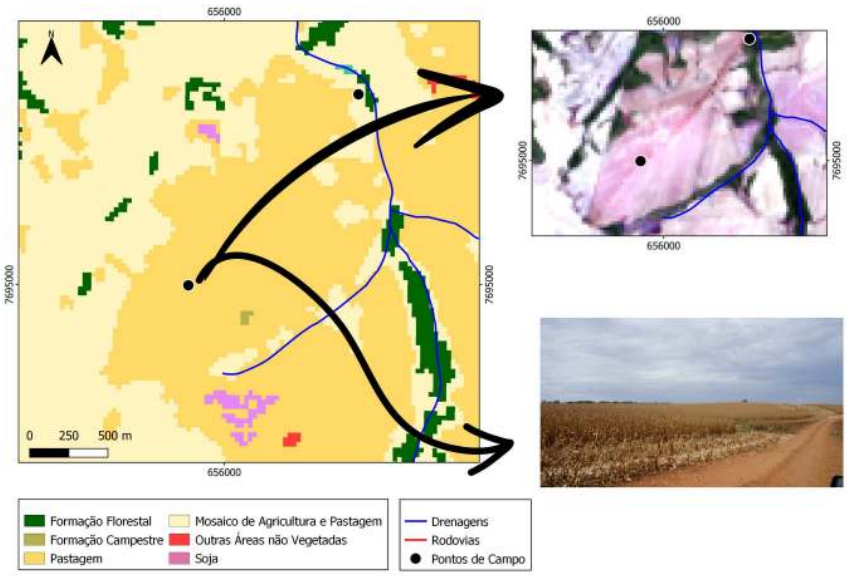
Quando averiguado *in loco* na porção leste do município (Figura 10 – B), as mesmas atividades foram identificadas, notando a ocorrência do início de formação de feições erosivas em áreas onde há declividades suave ondulada e solos rasos.

Outro cenário que pode ser constatado são as práticas agrícolas, onde há a remoção da vegetação e, em muitos casos, o solo fica exposto no período intermediário entre a plantação de uma cultura e outra. Tais atividades, se desenvolvidas em áreas vulneráveis, com alta propensão à perda de solos, e sem técnicas de manejo adequada podem permitir o surgimento de feições erosivas.

Apesar do município de Anastácio/MS possuir sua economia baseada na pecuária, as atividades agrícolas começam a aumentar. Tais informações podem ser identificadas nas informações obtidas através do mapeamento de uso e cobertura da terra quando há uma tendência de crescimento nos dados relacionados a essa atividade, e *in loco,* nas atividades de campo realizadas no município.

Algo a ser considerado, principalmente entre o período do último dado coletado (2022) e o dia da realização da primeira atividade de campo (28 de julho de 2023), sendo observado que já existe uma mudança no cenário, pois onde áreas foram classificadas como pastagem, atualmente, já estão sendo destinadas às práticas agrícolas, como se pode observar na figura 11.

Figura 11: Mudança no uso entre os anos de 2022 e 2023

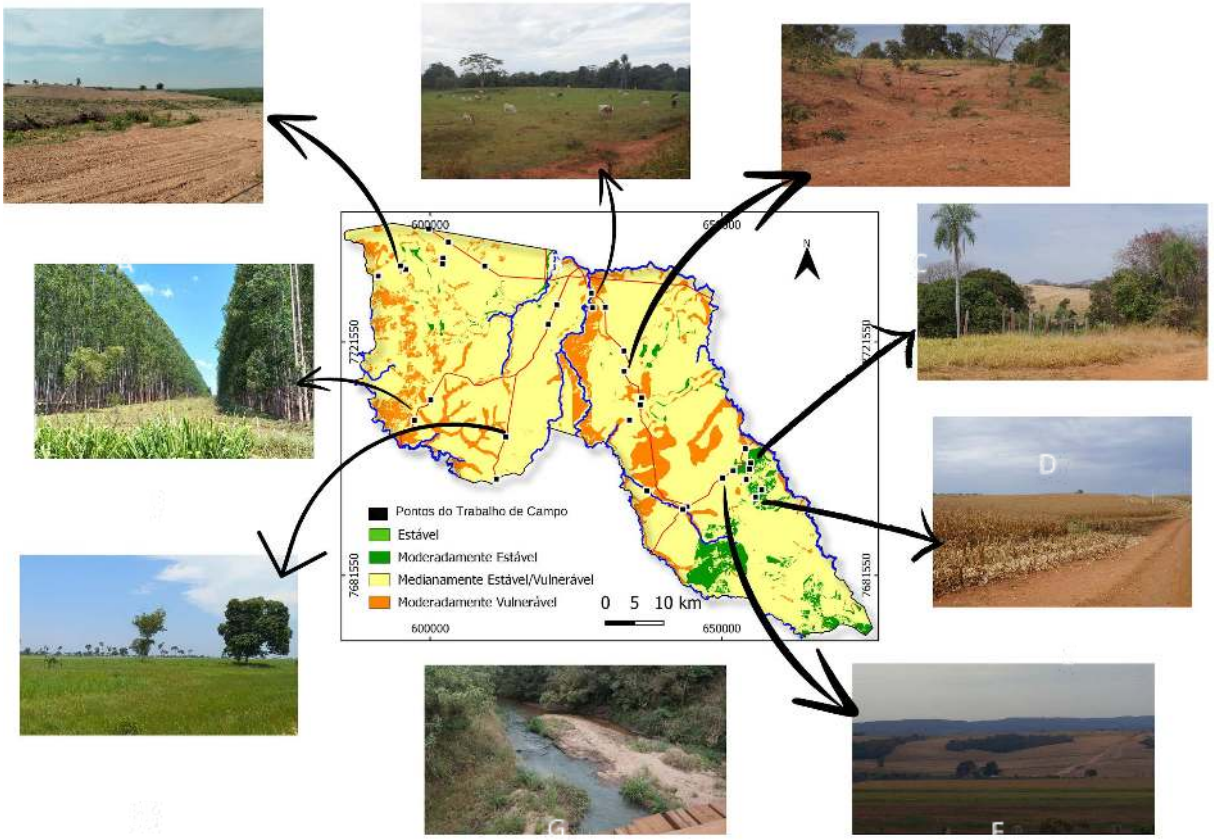


Fonte: Acervo do autor

A observação dos dados de vulnerabilidade natural a perda de solo e o uso e ocupação do município de Anastácio do ano de 2022 permite identificar áreas em que há a necessidade de preservação e áreas que necessitam de um manejo adequado do solo. Através desta análise, nota-se que as áreas Moderadamente e Medianamente Vulnerável, que apresentam solos rasos, pouca densidade de vegetação e relevos ondulados, localizam-se, em sua maioria, em áreas de pastagem. Em alguns casos encontram-se próximos a leitos de rios (principalmente pela presença do Gleissolo Háplico).

A figura 12 apresenta a espacialização do uso e cobertura, observadas *in loco*, e o grau de vulnerabilidade ponderado para cada área. Nota-se, através do quadro comparativo, que atividades agropecuárias, desenvolvidas em áreas vulneráveis, podem implicar em maior perda de solo e, consequentemente, no surgimento de feições erosivas. É importante, principalmente em áreas Medianamente Vulneráveis, a utilização de técnicas de manejo, tal como a implantação de curvas de nível.

Figura 12: Distribuição do Uso e Cobertura da terra e o grau de vulnerabilidade correspondente



Fonte: Acervo do autor

A figura 12 A, C e F, por exemplo, apresenta uma área não vegetada, com relevo suave ondulado e solo raso. Os fatores apresentados, correlacionados, implicam no avanço dos processos a perda de solos.

Sendo assim, pode-se afirmar que nas áreas classificadas como moderadamente estável devem ser priorizadas ações de preservação, mantendo a dinâmica natural da área, visto que possuem alta propensão a perda de solo, principalmente com a remoção da vegetação para implementação de práticas agrícolas e pecuárias, visto que aumentam consideravelmente a propensão de sofrerem com processos erosivos.

É importante destacar que as áreas Medianamente Estável/Vulnerável, compõem mais 87% da área, devem ser priorizadas o uso de manejo adequado do solo, principalmente no que auxilia a diminuir a energia potencial erosiva do terreno. Como exemplo, pode ser observado na figura 20 a implementação de curvas de nível em áreas Medianamente Estáveis/Vulneráveis destinadas ao plantio de pastagem.

Figura 13: Implementação de Curva de Nível em áreas Medianamente Estável/Vulnerável



Fonte: Arquivo do Autor

CONCLUSÃO

A análise integrada da Paisagem permitiu compreender as dinâmicas atuantes em um recorte espacial, além de fornecer base para instrumentos de planejamento e gestão territorial. Desta forma, a metodologia de vulnerabilidade natural a perda de solo, além de fornecer informações importantes sobre o meio físico da superfície terrestre permite análises importantes para aplicação de zoneamentos, uma vez que técnicas de zoneamento dividem o território em zonas com características comuns.

Além disso, é parte integrada do ZEE, de forma a fornecer informações básicas para particularizar áreas susceptíveis aos processos erosivos que, frente ao avanço de atividades antrópicas, precisam ser conservadas.

A abordagem integrada que combina dados geológicos, geomorfológicos, pedológicos, de vegetação e clima oferece uma compreensão ampla dos riscos naturais no município e fornece base as ações de gestão e planejamento territorial. As análises da metodologia de vulnerabilidade natural a perda de solo, desta forma, mostrou-se eficaz ao identificar áreas de maior ou menor vulnerabilidade ambiental do município de Anastácio/MS.

Diante disso, observa-se que a classe Medianamente Estável/Vulnerável possui maior área do município de Anastácio (87%). Tal característica está relacionada a ausência de vegetação densa, predominantemente ligada às atividades de pecuária, sendo esta a base econômica predominante do município. Destaca-se que são áreas que necessitam de manejo adequado do solo devido à propensão à perda de solos.

As áreas classificadas como Estável e Moderadamente Estável expressam 11% do município e representam áreas com maior estabilidade frente aos processos morfodinâmicos. Estão associadas à presença de vegetação densa (Savana Florestada), relevo suave a suave ondulado, solos profundos (latossolos) e a presença de litologias mais resistentes, como basalto e mármore.

Quanto às análises de uso e ocupação, notou-se uma redução das áreas de vegetação natural e aumento das áreas de pastagem ao longo dos anos analisados, o que consolida a criação de gado como

principal atividade econômica do município. Apesar disso, observa-se um crescimento das áreas destinadas à agricultura, especialmente após 2004, o que é averiguado durante os trabalhos de campo.

A análise integrada do mapeamento de uso e cobertura do solo com o mapa de vulnerabilidade natural a perda de solos permitiu obter informações importantes para compreensão da dinâmica ambiental no município de Anastácio/MS. A transição de áreas de vegetação natural para atividades agropecuárias, principalmente onde há presença de solos rasos e declividades acentuadas, revela a necessidade de práticas de manejo adequado e a conservação do solo. Principalmente quando observado em campo o surgimento de feições erosivas nestas áreas.

As áreas moderadamente estáveis requerem ações de preservação para manter a dinâmica natural, enquanto nas áreas medianamente estáveis/vulneráveis a utilização de estratégias de manejo adequado do solo para mitigar e prevenir os processos erosivos.

Como resultado, conclui-se que as áreas destinadas a atividades agropecuárias, quando correlacionadas aos critérios e dados de vulnerabilidade, aponta para um aumento das áreas fragilizadas do município, visto que há uma remoção da vegetação natural para a atribuição de determinada atividade. Esta remoção, muitas vezes, não leva em consideração outros aspectos físicos o que pode aumentar os processos morfogenéticos e contribuir com o surgimento de feições erosivas.

Diante disso, conclui-se que os dados analisados fornecem subsídios para as ações de planejamento e gestão sustentável do território, promovendo uma abordagem equilibrada entre atividades econômicas e preservação ambiental. Saliento ainda que fornece bases metodológicas para pesquisas futuras.

Recomenda-se que a partir dos dados fornecidos seja realizado a continuidade do monitoramento e pesquisas de potencialidades sociais e econômicas, aprimorando e ampliando as discussões de forma a obter um Zoneamento Ecológico Econômico – ZEE.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Marcus Vinicius Maidama; ROVANI, Franciele Francisca Marmentini. Análise da vulnerabilidade natural à perda de solo do município de Ivorá - RS. **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 26, p. e37, 2022. DOI: 10.5902/2236499469100. Disponível em: https://periodicos.ufsm.br/geografia/article/view/69100. Acesso em: 27 jan. 2024.

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 2006. **Mapa Geológico do Estado de Mato Grosso do Sul**. Campo Grande. Disponível: http://geosgb.cprm.gov.br/ Acesso: 10. Agost. 2022

CREPANI, Edison; MEDEIROS, José Simeão de; AZEVEDO, Luis Guimarães de; FILHO, Pedro Hernandez; FLORENZANO, Teresa Galloti; DUARTE, Valdete. **Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento Ecológico- Econômico**. São José dos Campos. INPE, 1996, 18 p.

CREPANI, Edison; MEDEIROS, José Simeão de; HERNANDEZ FILHO, Pedro; FLORENZANO, Teresa Galloti; DUARTE, Valdete; BARBOSA, Cláudio Clemente Faria. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001. 103 p.

CRUZ, Joanderson dos Santos. **Avaliação Da Correlação Entre Dados De Precipitação In Situ (Estações Pluviométricas Convencionais/Ana) E Orbitais (Missão Trmm), Em Monte Carmelo-Mg**. 2022. 117 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Agrimensura e Cartografia, Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2022.

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

FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Iniciação em sensoriamento remoto**. Oficina de textos, 2007.

GUIMARÃES, Felipe Silva; CORDEIRO, Claudia Mendes; BUENO, Guilherme Taitson; CARVALHO, Vilma Lúcia Macagnan; NERO, Marcelo Antônio. Uma Proposta Para Automatização do Índice de Dissecação do Relevo**. Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 18, n. 1, p. 155 -167, 2017.

IBGE. **Malha Municipal**. 2021. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15774-malhas.html?=&t=downloads. Acesso em: 01 jul. 2022

JARDIM, Carlos Cesar Silva; CASAROLI, Derblai; JÚNIOR, José Alves; EVANGELISTA, Adão Wagner Pêgo; BATTISTI, Rafael. Estatística para redução de escala nas estimativas de chuva pelo satélite TRMM para o estado de Goiás e Distrito Federal, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 53, p. e75552, 2023.

MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Econômico - SEMADE. **Geoambientes Da Faixa De Fronteira Do Ms.** Campo Grande: Semade, 2016. 501 p.

MIRA, Ítalo Rafael Costa; CARVALHO, Débora Silva; SOUZA, Denise Silva Leão; SILVA, Márcio Luiz. Vulnerabilidade Ambiental da Sub-Bacia do Alto-Médio Rios Mogi Guaçu e Pardo-MG. **Revista Brasileira de Geografia** Física, v. 15, n. 03, p. 1352-1370, 2022.

PALMEIRA, Alessandro Ferraz. Técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicadas à gestão do território do município de Paragominas (Estado do Pará). **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**, São José dos Campos, 2004.

QUINTANA, Ana Carolina; HACON, Vanessa. O desenvolvimento do capitalismo e a crise ambiental. **O social em questão**, n. 25/26, p. 427-444, 2011.

ROCKETT, Gabriela Camboim. MARTINS, Eduardo Marques; TODT, Viviane; THUM, Adriane Brill; BARBOZA, Eduardo Guimarães. Geoprocessamento aplicado à análise ambiental: vulnerabilidade natural à perda de solo no Morro do Osso, Porto Alegre/RS. **Geografia**, v. 39, n. 3, p. 465-481, 2014.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental São Paulo: Oficina de Textos, 2006. 208p.

SANT'ANNA NETO, João Lima. O caráter transicional do clima e a diversidade da paisagem natural na região de Aquidauana-MS. In: II SEMANA DE ESTUDOS GEOGRÁFICOS: DESENVOLVIMENTO E GEOGRAFIA, 2. 1993, Aquidauana, **Anais...** Campo Grande: UFMS, 1993. v. 1, p. 117-128.

SANTANA, Alessandro Donaire; NUNES, João Osvaldo Rodrigues. Relação sociedade-natureza e degradação ambiental no modo de produção capitalista: um esforço de síntese. **Geoambiente**, n. 39, 2021.

SILVA, Kassia Raylene Souza. **Vulnerabilidade Natural à Perda de Solo na Bacia Hidrográfica do Rio Formoso:** Subsídio ao Zoneamento Ambiental. 2023. Dissertação (Mestrado em Geografia)-Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus de Aquidauana.

SOARES, Alexleide Santana Diniz; PAZ, Adriano Rolim da; PICCILLI, Daniel Gustavo Allasia. Avaliação das estimativas de chuva do satélite TRMM no Estado da Paraíba. **RBRH**, v. 21, p. 288-299, 2016.

SOUZA, Bárbara Silva; MELO, Matheus Henrique Bezerra; ARAÚJO, Fabiano da Silva; ARAÚJO, Lorranny Dias. Avaliação Das Estimativas De Precipitação Pelo Satélite TRMM**. RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar**, v. 4, n. 5, p. 453101-453101, 2023.

TRICART, Jean. **Ecodinâmica: Recursos naturais e meio ambiente**. IBGE/SUPREN, Rio de Janeiro, 91p, 1977.

ZACHARIAS, Andréa. Aaparecida; GUERRA, Franciele Caroline. Cartografia de paisagens em áreas com vulnerabilidades aos riscos ambientais: reflexões e estudo de caso. In: DIAS, L. S.; CHÁVEZ, E. S. (ed.). **Cartografia Biogeográfica e da Paisagem**; 1. Ed. V. 2, p. 1-25, Tupã/SP: ANAP, 2019.

SOBRE OS AUTORES

Denilson Rocha dos Santos - Possui graduação em Geografia pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul/ CAMPUS DE AQUIDAUANA (2021) e mestrado em Geografia pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (2024). Tem experiência na área de Geografia Física, com ênfase em mapeamento geomorfológico e geológico, processos erosivos e ensino da geografia física na educação básica.

E-mail: de_rsantos@hotmail.com

Elisângela Martins de Carvalho - Possui graduação em Geografia pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (2004), mestrado em Geografia pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (2007) e doutorado em Geografia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2012). Atualmente é professora adjunta da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus de Aquidauana. Professora do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus de Aquidauana. Tem experiência na área de Geografia, com ênfase em Geografia Física, atuando principalmente nos seguintes temas: Bacia Hidrográfica, processos erosivos, mapeamento geológico e geomorfológico.

E-mail: elisangela.carvalho@ufms.br

Data de submissão: 16 de setembro de 2024

Aceito para publicação: 30 de outubro de 2024

Data de publicação: 02 de novembro de 2024