

FRAGILIDADE AMBIENTAL DO COMPLEXO DE SUB-BACIAS, DA MARGEM ESQUERDA DO RIO PARAGUAI NO ALTO PARAGUAI MT

Verônica Martinez de Oliveira **RAYMUNDI**
Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais- PPGCA da
Universidade Estadual do Mato Grosso (UNEMAT)
E-mail: veronica.raymundi@hotmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8353-3475>

Célia Alves de **SOUZA**
Pesquisadora Bolsista do Programa de Desenvolvimento Científico e Tecnológico Regional-
PDCTR. Professora do curso de Geografia e do Programa de Pós- Graduação em Geografia
da Universidade Estadual do Mato Grosso (UNEMAT).
E-mail: celialves@unemat.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9068-9328>

*Recebido
Julho de 2023*

*Aceito
Março de 2024*

*Publicado
Abril de 2024*

Resumo: O presente estudo teve como o objetivo analisar a fragilidade ambiental das sub-bacias hidrográficas na margem esquerda do rio Paraguai, nos municípios de Cáceres e Porto Estrelas, no estado do Mato Grosso. O estudo de fragilidade ambiental foi embasado na proposta metodológica de Ross (1994), integrada as bases de dados geoambientais: declividade pela Carta Geomorfométrica MDE, do Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil, (TOPODATA – INPE), solos pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solo, clima pela Secretaria Estadual de Planejamento (SEPLAG), precipitação *hidroweb* da (ANA) Agência Nacional das Águas e o uso e cobertura MAPBIOMAS (2019). Os mapas foram elaborados no software ArcGis 10.6. Os resultados mostram que 875,37 km² do complexo apresenta fragilidade da declividade fraca (3-8%), típica das Planícies e Depressões do Alto Paraguai, a forte declividade abrange 459,60 km² da Província Serrana. A fragilidade é forte no clima Tropical de Altitude Mesotérmico Quente da Fachada Meridional das Chapadas e Planaltos (1400 a 1600mm). O solo com fragilidade muito fraca ocupa 349,4km² são os Latossolo

Vermelho, Vertissolo Hidromórfico, Plintossolo Argilúvico, Gleissolo Háptico, Neossolo Flúvico. Com fragilidade fraca Latossolo Vermelho-Amarelo ocupando 443,29km², na média Argissolo Vermelho-Amarelo e Argissolo Vermelho ocupam 504,86 km², forte Cambissolo Háptico, Neossolo Regolítico e muito forte Neossolo Litólico e Quartzarênico ocupando 396,35 km² e 955,71km². A fragilidade do uso e cobertura no complexo com fragilidade muito fraca (755,25km²) e fraca (893,28km²) referem -se às florestas e formação savânica e campestre. As áreas de pastagem abrangem 804,84km², são classificadas com fragilidade média. A fragilidade forte corresponde a Agricultura de soja e outros ciclos temporários em 158,61km² as áreas desmatadas com solo exposto representam 32,48km² de fragilidade muito forte. Para a fragilidade potencial predominou nível médio com 1004,58km² distribuído nas Depressões do Alto Paraguai. Na fragilidade emergente também predominou o nível médio em 1.430,07km² do complexo.

Palavras-chave: Fragilidade ambiental; processos erosivos; planejamento ambiental.

ENVIRONMENTAL FRAGILITY OF THE SUB-BASINS COMPLEX, ON THE LEFT BANK OF THE PARAGUAI RIVER IN ALTO PARAGUAI-MT

Abstract: The current study aimed at identifying the environmental fragility of the hydrographic sub-basins on the left bank of the Paraguai River, in the municipalities of Cáceres and Porto Estrelas. in the state of Mato Grosso. The study of environmental fragility was based on the methodological proposal of Ross (1994), integrated The geoenvironmental databases were obtained: the slope by the MDE Geomorphometric Chart, from the Geomorphometric Database of Brazil, (TOPODATA-INPE), the soils by the Brazilian System of Soil Classification, the climate by the State Planning Secretariat (SEPLAG), (ANA) National Water Agency hydroweb precipitation and MAPBIOMAS use and coverage (2019). The maps were created by ArcGis® 10.6 software. The results show that 875.37km² of the complex shows fragility of the weak slope (3-8%), typical of the Plains and Depressions of Alto Paraguai, the strong slope covers 459.60km² of the Mountain Province. The fragility is strong in the Tropical climate of Mesothermal Altitude of Plains and Plateaus (1400 to 1600mm). The soil with very weak fragility occupies 349.4km² and consists of Red Latosol, Hydromorphic Vertisol, Argilúvic Plinthosol, Haplic Gleisol, Fluvial Neosol. With weak fragility Red-Yellow Latosol occupying 443.29km², on average Red-Yellow Ultisol and Red Argisol occupy 504.86 km², strong Haplic Cambisol, Regolitic Neosol and very strong Litholic and Quartzarenic Neosol occupying 396.35 km² and 955.71km². The fragility of usage and coverage in the complex with very weak (755.25km²) and weak (893.28km²) fragility refer to forests and savannah and grassland formation. Pasture areas cover 804.84km² and are classified as medium fragility. The strong fragility corresponds to soybean Agriculture and other temporary cycles in 158.61km² the deforested areas with exposed soil represent 32.48km² of very strong fragility. For potential fragility, medium level predominated with 1004.58km² distributed in Alto Paraguai Depressions. In the emerging fragility, the average level also predominated in 1,430.07km² of the complex.

Keywords: Environmental fragility; erosive processes; environmental planning.

FRAGILIDAD AMBIENTAL DEL COMPLEJO DE SUBCUENCAS, EN LA MARGEN IZQUIERDA DEL RIO PARAGUAY EN ALTO PARAGUAY MT

Resumen: El presente estudio tuvo como objetivo identificar la fragilidad ambiental de las subcuencas hidrográficas de la margen izquierda del río Paraguay, en los municipios de Cáceres

y Porto Estrelas, en el estado de Mato Grosso. El estudio de la fragilidad ambiental se basó en la propuesta metodológica de Ross (1994), integrada Se obtuvieron las bases de datos geoambientales: la pendiente por la Carta Geomorfométrica MDE, de la Base de Datos Geomorfométrica de Brasil, (TOPODATA –INPE), los suelos por el Sistema Brasileño de Clasificación de Suelos, el clima por la Secretaría de Estado de Planificación (SEPLAG), (ANA) Precipitación hidroweb de la Agencia Nacional del Agua y uso y cobertura de MAPBIOMAS (2019). Los mapas se crearon utilizando el software ArcGis® 10.6. Los resultados muestran que 875,37km² del complejo presenta fragilidad de pendiente débil (3-8%), típica de las Llanuras y Depresiones del Alto Paraguay, la pendiente fuerte cubre 459,60km² de la Provincia de la Montaña. La fragilidad es fuerte en el clima Cálido Mesotermal Alto Tropical de la Fachada Sur de las Chapadas y Mesetas (1400 a 1600mm). El suelo con fragilidad muy débil ocupa 349,4km² y está compuesto por Latosol Rojo, Vertisol Hidromórfico, Plintisol Argilúvic, Gleisol Háplico, Neosol Fluvial. Con fragilidad débil Latosol Rojo-Amarillo ocupando 443.29km², en promedio Ultisol Rojo-Amarillo y Argisol Rojo ocupan 504.86 km², fuerte Cambisol Háplico, Neosol Regolítico y muy fuerte Neosol Litólico y Cuarzoarénico ocupando 396.35 km² y 955.71km². La fragilidad de uso y cobertura en el complejo con fragilidad muy débil (755,25km²) y débil (893,28km²) se refieren a bosques y formación de sabanas y pastizales. Las áreas de pastos cubren 804,84 km² y se clasifican como fragilidad media. La fragilidad fuerte corresponde a la agricultura de Soja y otros ciclos temporales en 158,61km² las áreas deforestadas con suelo expuesto representan 32,48km² de fragilidad muy fuerte. Para fragilidad potencial predominó el nivel medio con 1004,58km² distribuidos en las Depresiones del Alto Paraguay. En la fragilidad emergente también predominó el nivel medio en 1.430,07 km² del conjunto.

Palabras clave: Fragilidad ambiental; procesos erosivos; planificación ambiental.

INTRODUÇÃO

Nos últimos séculos a sociedade humana passou por transformações em decorrência do processo de desenvolvimento culminando cada vez mais na intervenção dos recursos naturais (Ross, 1994). A interação entre os elementos socionaturais como clima, solo, relevo, vegetação e o homem determinam uma dinâmica que resulta em níveis de degradação proporcionada pela existência ou ausência de uma cobertura vegetal (Morais *et. al.*, 2010). Diante dessas condições Ross (1994, p.63) menciona que “a fragilidade dos ambientes naturais face às intervenções humanas são maiores ou menores em função de suas características genéticas”.

A fragilidade ambiental apresenta relevância no estudo do espaço geográfico, devido a capacidade de interpretar as relações entre sociedade e natureza. Nesse sentido Guimenes e Filho (2013) afirmam que o método de pesquisa orientado pela fragilidade ambiental apresenta grande potencial para ser usado em estudos de impactos ambientais.

De acordo com Donha (2006) o estudo da fragilidade deve ser realizado de forma integrada com a inserção das ações humanas. Tais ações podem interferir na estabilidade e

equilíbrio dos processos naturais, resultando em instabilidade. A maior ou menor propensão à fragilidade relaciona-se à característica de cada ambiente, bem como ao uso ocorrente. Assim as variáveis quando analisadas poderão informar sobre o nível de fragilidade do ambiente estudado em relação a erosão, enchentes, inundação (Spörl, 2007).

Na realização dos estudos de fragilidade ambiental é necessário conhecer os componentes presentes no espaço geográfico como o solo, relevo, geologia, água, vegetação. É fundamental que essa análise ao ser classificada e organizada seja analisada de forma integrada. Valle *et al.* (2016) acrescenta que o resultado do mapeamento da fragilidade ambiental, permite definir as áreas mais frágeis e que merecem maior atenção, quanto ao uso.

Diversos estudos são realizados na atualidade com a finalidade de identificar a fragilidade ambiental de uma área, como os produzidos por Lira *et al.*, (2022), na bacia hidrográfica do Arroio Marreco, Toledo, Paraná. Nesse estudo os autores destacaram que avaliação da fragilidade ambiental, são úteis no planejamento adequado das atividades antrópicas, a fim de evitar processos de degradação ambiental. Abrão e Bacani (2018), propuseram um Zoneamento ambiental na bacia hidrográfica do Rio Santo Antônio a partir da identificação dos níveis de fragilidade nesta localidade. Barros *et al.*, (2017), avaliou diferentes graus de fragilidade ambiental da bacia do córrego Guanandy, no município de Aquidauana-MS, e ressaltaram que essas informações são importantes na aplicação de decisões voltadas ao planejamento ambiental. No município de Cáceres Farias (2019), destacou a fragilidade ambiental da bacia do Taquaral e Santos (2021), visando à conservação ambiental, estudou a fragilidade ambiental da bacia do Cachoeirinha.

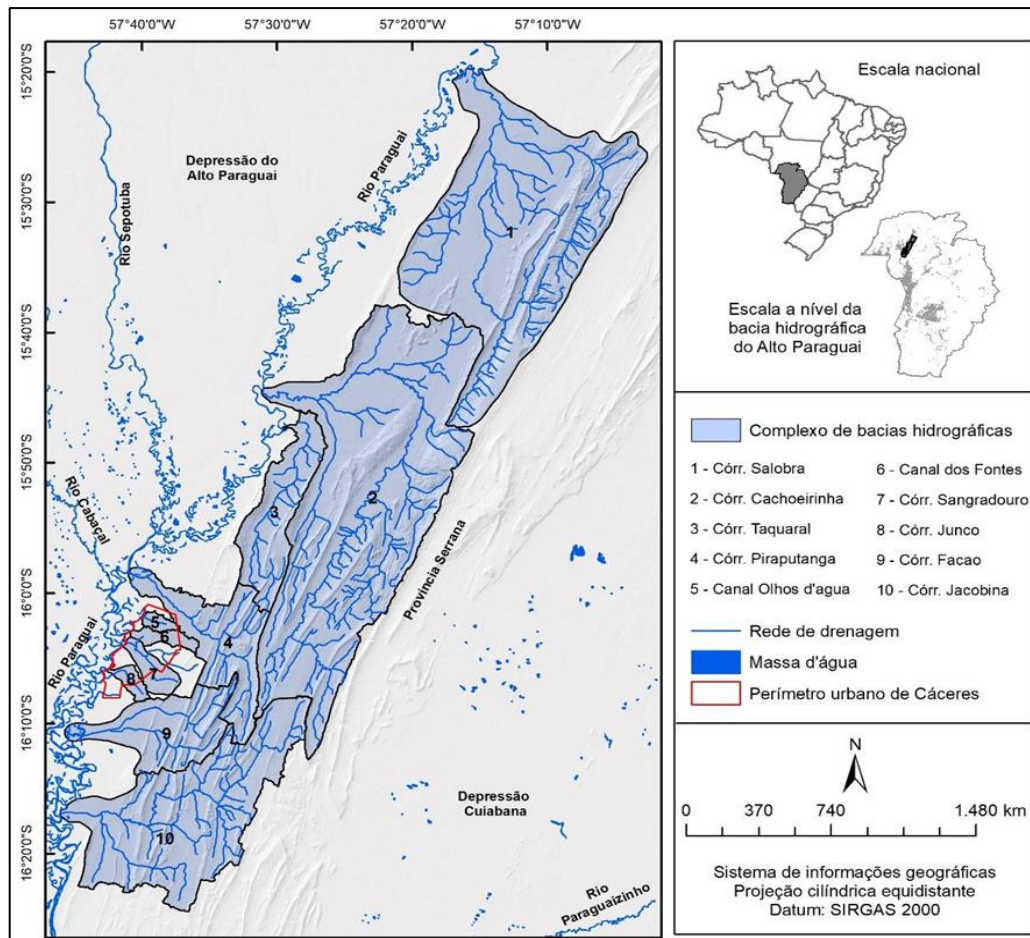
O objetivo deste estudo foi analisar a fragilidade ambiental das sub-bacias hidrográficas na margem esquerda do rio Paraguai, nos municípios de Cáceres e Porto Estrela, no estado de Mato Grosso, permitindo viabilizar diretivas na tomada de decisões e ações que possam contribuir com medidas distintas referente ao uso da terra nessas bacias hidrográficas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

As bacias hidrográficas Salobra, Cachoeirinha, Taquaral, Piraputangas, Olhos d'água, Fontes, Sangradouro, Junco, Facão e Jacobina compõem uma rede hidrográfica de afluentes da margem esquerda do rio Paraguai no Alto Paraguai entre os municípios de Cáceres e Porto Estrela, no estado de Mato Grosso (Figura1).

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo



Elaborado por Raymundi (2023).

O conjunto de bacias hidrográficas é representada por uma área de 2.652,92 Km², entre as coordenadas 15°20'00" a 16°30'00" latitude Sul 57°00'00" a 57°50'00" longitude Oeste. A maioria das sub-bacias localizam-se no município de Cáceres, estado do Mato Grosso, com exceção da bacia Salobra, que está localizada no município de Porto Estrela (MT). As sub-bacias Olhos D'água, Fontes, Sangradouro e Junco estão em ambientes urbanos, as demais sub-bacias predominam em espaços rurais.

Procedimento metodológico

Para a efetivação desta pesquisa foram desenvolvidas três etapas, sendo a primeira caracterizada pelo trabalho de gabinete; a segunda etapa foi a elaboração da base cartográfica; e a terceira etapa são as atividades de campo.

Trabalho de gabinete

O desenvolvimento da pesquisa iniciou com uma revisão do material bibliográfico, em revistas científicas, anais de eventos, livros, teses, dissertações e monografias. Durante esta etapa também foram realizadas leituras de mapas produzidos a partir da tecnologia referente ao geoprocessamento e sensoriamento remoto da área de estudo.

Elaboração da base cartográfica

Em uma segunda etapa, realizou-se a elaboração da base cartográfica, por meio do geoprocessamento. Essa técnica está relacionada ao uso de tecnologias associadas a entrada, armazenamento, tratamento e processamento de dados.

Desta forma a base de dados foi efetivada pela obtenção de dados secundários vetoriais por meio das instituições TOPODATA-INPE (Modelo de Elevação Digital: MDE), Embrapa (SiBCS), ANA e MAPBIOMAS. Por meio dessa base de dados foi possível realizar o levantamento e análise da declividade, solos, precipitação e uso e cobertura. Esses elementos, quando tratados de forma integrada permite a obtenção de informações sobre a atual situação físico-territorial das bacias hidrográficas, nas diferentes categorias hierárquicas de fragilidade.

As informações verificadas na base de dados, referente aos condicionantes ambientais (declividade, solos, precipitação e uso e cobertura) foram processadas no *software ArcGis 10.8*. pelo licenciamento de uso único, possibilitando assim a obtenção de mapas e quadros dessas variáveis.

A associação desses mapas possibilitou a elaboração do mapeamento da fragilidade ambiental de acordo com as categorias apresentada por Ross (1994), como fragilidade potencial que analisa a relação dos componentes naturais e fragilidade emergente que integra o elemento antrópico aos naturais.

No que se refere a fragilidade potencial, temos como variáveis a declividade média, medida em porcentagem conforme Embrapa (2006), Erosividade das Chuvas conforme Carvalho (2008), classes de erodibilidade segundo a fragilidade do solo apresentada por Ross (1994). Obtém-se a fragilidade emergente com a adição segundo Ross (1994), da variável uso e cobertura do solo, por meio dos dados fornecidos pelo MAPBIOMAS (2019), descrito por Ross (1994).

O mapa de fragilidade potencial (*fp*) foi elaborado por meio do cruzamento das informações relativas às classes de fragilidade do mapa de Declividade Média (*DM*), Erosividade das chuvas (*eros*) e Erodibilidade dos Solos (*erod*) que ocorrem na bacia. O mapa de fragilidade emergente (*fe*) foi elaborado a partir da relação feita entre as informações resultantes da fragilidade potencial com as informações das classes de fragilidade do uso e

cobertura vegetal (*use*) da área de estudo. Após a identificação dos pesos, foi realizada a soma algébrica desses atributos através do SIG *ArcGis* 10.8. pelo licenciamento de uso único.

Deste modo, efetuou-se os procedimentos da seguinte forma:

$$fp = \sum \frac{DM + eros + erod}{3}$$
$$fe = \sum \frac{fp + uso}{2}$$

Os polígonos representantes de cada classe foram convertidos em dados raster por meio da função (*polygon to raster*), posteriormente foram acessadas as funções *Arctoolbox* -> *Spacial Analyst Tools* -> *Map álgebra* -> *Raster calculator*. Os passos mencionados acima somaram cada dado raster em sobreposição calculando os valores de fragilidade de cada variável, com posterior divisão do valor total pela quantidade de variáveis.

Onde:

fp: Fragilidade potencial; *eros*: Erosividade das chuvas;

DM: Declividade média; *erod*: Erodibilidade do Solo;

fe: Fragilidade emergente; *uso*: Uso e cobertura.

O levantamento dessas informações foi posteriormente correlacionado com as atividades de campo e gabinete.

Atividade de campo

A terceira etapa trata do trabalho de campo, cujo foco foi estabelecer o reconhecimento das informações sobre a fragilidade gerada pelas imagens de satélites. Foram realizadas três saídas a campo no mês de agosto de 2022 e duas saídas no mês de fevereiro de 2023.

No desenvolvimento do trabalho de campo as observações *in loco* contemplaram o tipo de relevo, vegetação, solo, alterações antropogênicas e outros aspectos importantes na área de estudo. Este método, segundo Cunha (2012), demonstra a tradicional visão geográfica fundamentada na observação no reconhecimento dos processos atuantes e formas resultantes.

Fragilidade Ambiental

Para a análise da fragilidade ambiental dos ambientes naturais e antropizados foi utilizada a metodologia proposta por Ross em 1994. Assim serão estabelecidos os estudos

básicos do relevo, solo, pluviosidade, uso e cobertura da terra e pesos para avaliar cada uma das variáveis.

O mapeamento da fragilidade dos ambientes naturais antropizados da área de estudo baseou-se na sobreposição dos mapeamentos temáticos, utilizado as seguintes variáveis: Declividade Média (*DM*), Erosividade das chuvas (*eros*), Erodibilidade dos Solos (*erod*) e uso e cobertura (*use*).

Assim, conforme Ross (1994) os valores próximos de 1,0, irão indicar grau de fragilidade mais baixa, os intermediários serão indicados através dos valores próximos a 3,0 e os de fragilidade muito alto serão indicados através do algarismo 5,0.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Fragilidade ambiental de acordo com a declividade

Ao analisar os resultados obtidos observa-se a predominância nas sub-bacias das classes de declividade com intervalos entre 0 a 3% e 3 a 8%. Essas classes ocasionam níveis de fragilidade muito fraca, em uma área de 726,53Km² e fraca em 875,37Km² do complexo de bacias (Quadro 1; Figura 2).

Quadro 1 - Fragilidade ambiental de acordo com a declividade no complexo de sub-bacias

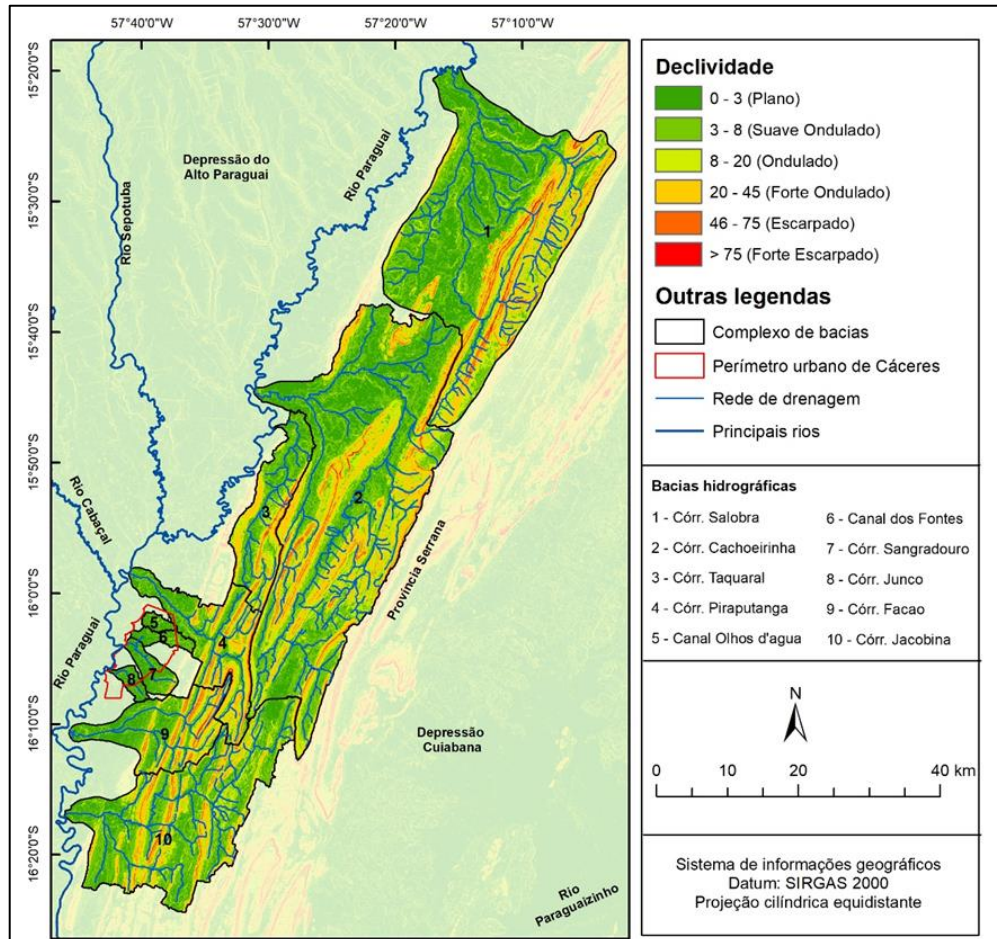
Complexo de sub-bacias				
Fragilidade	Nota	Intervalo de DM	Descrição do relevo	Área (Km ²)
Muito fraca	1	0 - 3	Plano	726,53
Fraca	2	3 - 8	Suave Ondulado	875,37
Média	3	8 - 20	Ondulado	490,51
Forte	4	20 - 45	Forte Ondulado	459,60
Muito Forte	5	45 - 75	Escarpado	95,8

Fonte: Elaborado com base em Ross (1994). Organizado pela autora (2023).

Nos locais de baixa declividade, e relevo plano suave ondulado, situam-se o maior número de cursos hídricos, que flui de forma lenta na direção do rio Paraguai (Figura 2). Os intervalos de declividade de 8 a 20%, formam um relevo ondulado que correspondem a um nível de fragilidade média que se estende por uma área de 490,51Km². Nesse espaço o relevo é

descrito como ondulado e estão presentes sobretudo, no alto e médio curso e em poucos locais do baixo curso.

Figura 2 – Mapa de declividade da sub-bacia



Elaborado por Raymundi (2023).

As serras da Província Serrana constituem o principal ambiente dessa classe de fragilidade, que está disposto geologicamente nas Formações Araras e Raizama. A fragilidade forte abrange uma área de 459,60Km² do complexo de bacias. Nesses espaços o relevo é descrito como forte ondulado, apresentando inclinação de 20 a 45%.

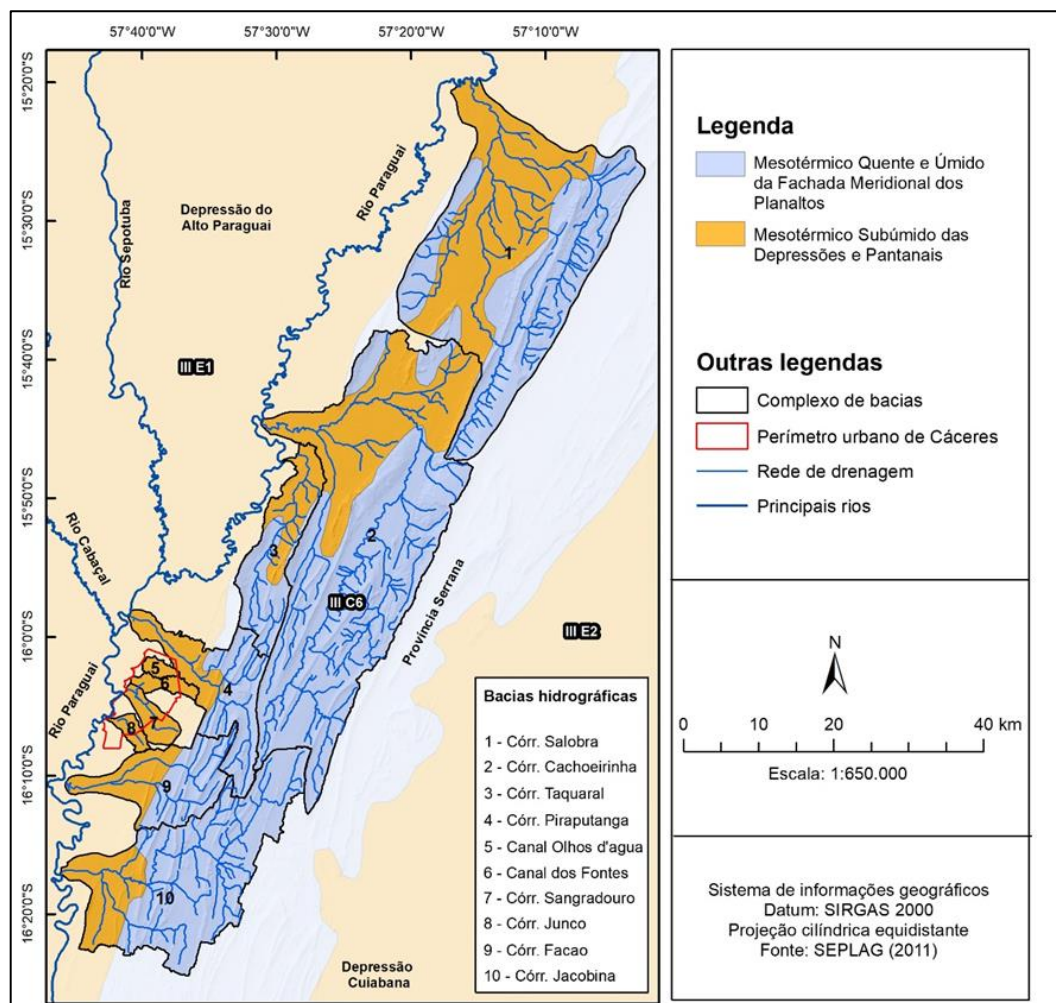
No complexo de sub-bacias os níveis de fragilidade muito forte ocupam uma área de 95,8Km², com intervalos de declividade entre 45 a $\geq 75\%$. Esses níveis ocupam as serras elevadas da Província Serrana e apresentam relevos descritos como escarpados a forte escarpado.

Fragilidade ambiental de acordo com o clima

No complexo de sub-bacias, o clima foi subdividido em mesoclimas sendo caracterizado por dois tipos climáticas: Tropical Megatérmico Sub-Úmido das Depressões e Pantanaís de Mato Grosso e o Tropical de Altitude Mesotérmico Quente da Fachada Meridional das Chapadas e Planaltos (Santos, 2012).

Esses dois tipos climáticos estão condicionados a duas estações bem definidas, sendo uma com períodos secos e outra com chuvas, incidindo em locais com diferentes níveis de fragilidade (Figura 3).

Figura 3 - Mapa climático da região das sub-bacias



Elaborado por Raymundi (2023).

Na região declivosa da Província Serrana atua o clima Tropical de Altitude Mesotérmico Quente da Fachada Meridional das Chapadas e Planaltos, apresentando índices pluviométrico entre 1400 a 1600 mm com 4 a 5 meses de seca estacional (junho a setembro-outubro) e um excedente hídrico de pequeno a moderado, entre 400 a 800mm com duração entre outubro a abril (Santos, 2012).

Assim, em concordância com a classe de fragilidade do clima, essas áreas apresentam características que se enquadram, pela ocorrência de dados de precipitação, no grau de fragilidade forte (Quadro 2).

Quadro 2 – Níveis de hierarquia do comportamento pluviométrico

Grau de fragilidade	Níveis hierárquicos	Características pluviométricas
3	Média	Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com períodos secos entre 2 e 3 meses no inverno, e no verão com maiores intensidades de dezembro a março
4	Forte	Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com período seco entre 3 e 6 meses, alta concentração das chuvas no verão entre novembro e abril, quando ocorrem de 70 a 80% do total das chuvas.

Fonte: Elaborado com base em Ross (1994). Organizado pela autora (2023).

Diante de um conjunto de fatores, a declividade do relevo torna-se relevante em eventos de pluviosidade. Uma vez que no relevo íngreme, a velocidade do escoamento da água da chuva é maior, sendo, portanto, mais propenso ao desencadeamento de processos erosivos. A desagregação é ocasionada pelo impacto direto das gotas de chuva, como também pelo escoamento das águas na superfície (Toledo *et al.* 2012).

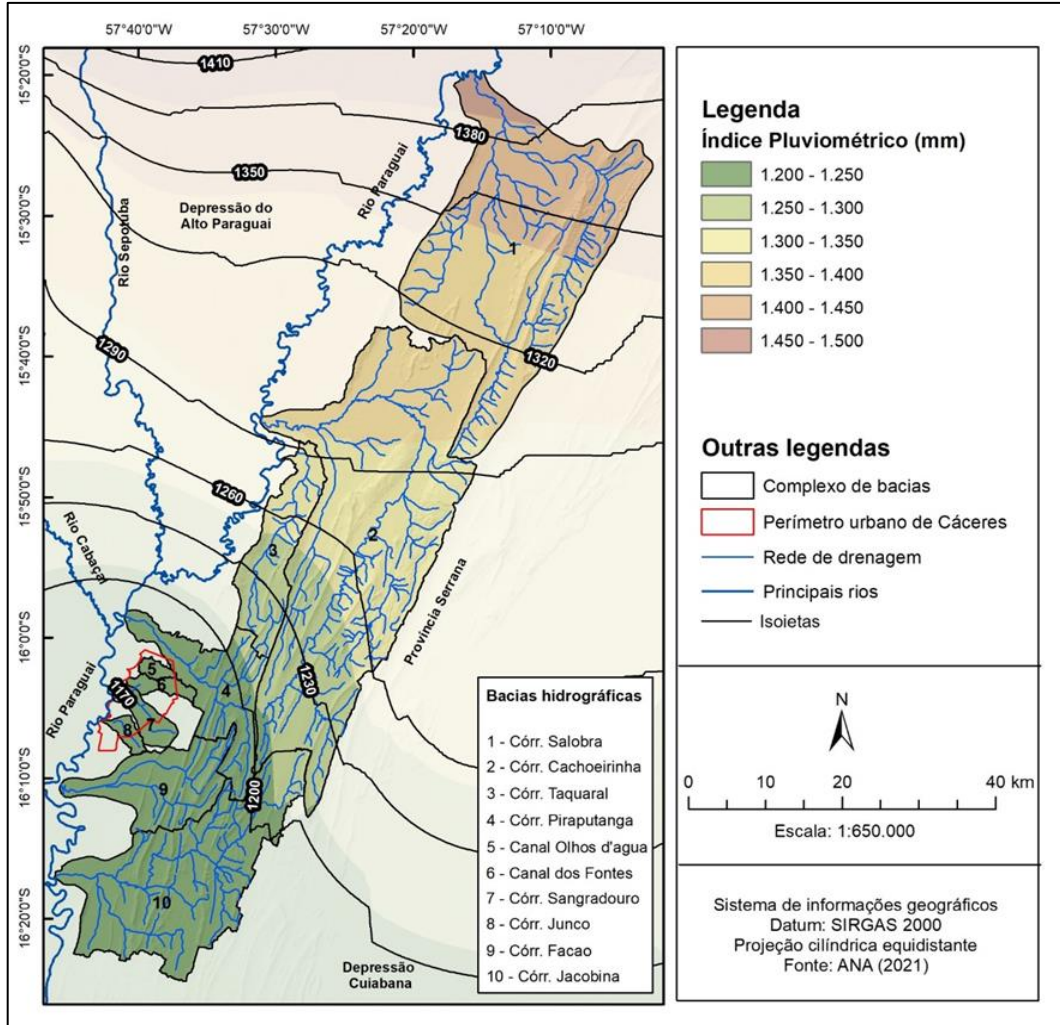
A fragilidade média de grau 3 (três), corresponde às regiões que abrangem o clima Tropical Mega térmico Sub-Úmido das Depressões e Pantanais de Mato Grosso (Figura 4).

São áreas rebaixadas com pluviosidade anual de 1.300 a 1400 mm, havendo praticamente 2 a 3 meses de seca, podendo atingir de 6 a 8 meses, com deficiência hídrica de 300 a 350 mm (abril a novembro) e excedente de 300 a 400 mm (janeiro a março). Observa-se que os dados pluviométricos obtidos no complexo de sub-bacias demonstram disposição na média anual, com índices de precipitação que tendem a diminuir nas sub-bacias localizadas ao sul.

Ao norte do complexo, a sub-bacia Salobra aparece com as maiores médias de precipitação com 1500mm a 1450mm, e redução entre 1450mm e 1350mm ao sul. Essa variação (1450mm e 1350mm), foi verificada ao norte da sub-bacia Cachoeirinha, onde seguindo na direção sul ocorre o limite com a sub-bacia Taquaral. Nesse local a precipitação passam a atingir 1350mm a 1250mm. Ao sul do complexo os índices de precipitação, registraram as menores

médias com 1250mm e 1200mm nas sub-bacias Piraputanga, Olhos D'água, Fontes, Sangradouro, Junco, Facão e Jacobina.

Figura 4 - Distribuição anual da precipitação pluvial do complexo de sub-bacias



Elaborado por Raymundi (2023).

Estudos sobre a distribuição da precipitação no Pantanal realizados por Marcuzzo et. al. (2010), Cardoso et. al (2012), Guimarães *et.al.*, (2018) e Darzi (2018), verificaram que os índices pluviométricos mais elevados ocorrem a norte e leste do bioma Pantanal e os menores índices no centro do bioma.

Fragilidade ambiental do solo

As características e posição geográfica dos solos identificados no complexo de sub-bacias demonstram situações de maior e menor fragilidade. Neste sentido, foram mapeados e identificados doze tipos de solos de acordo com os níveis de fragilidade (Quadro 3).

Quadro 3 - Classe da Fragilidade Ambiental do solo.

Nota	Fragilidade Ambiental	Tipos de solos	Área km	Área Km
1	Muito fraca	Latossolo Vermelho Distrófico típico textura argilosa;	250,49	349,4
		Vertissolo Hidromórfico Típico textura argilosa;	3,17	
		Plintossolo Argilúvico Distrófico textura arenosa/média e média/argilosa;	60,02	
		Gleissolo Háptico;	17,75	
		Neossolo Flúvico;	17,97	
2	Fraca	Latossolo Vermelho-Amarelo textura média	443,29	443,29
3	Média	Argissolo Vermelho-Amarelo textura argilosa	242,66	504,86
		Argissolo Vermelho Eutrófico típico textura média	262,2	
4	Forte	Cambissolo Háptico / Neossolo Regolítico	396,35	396,35
5	Muito Forte	Neossolo Litólico;	955,71	955,71
		Neossolo Quartizarênico	-	

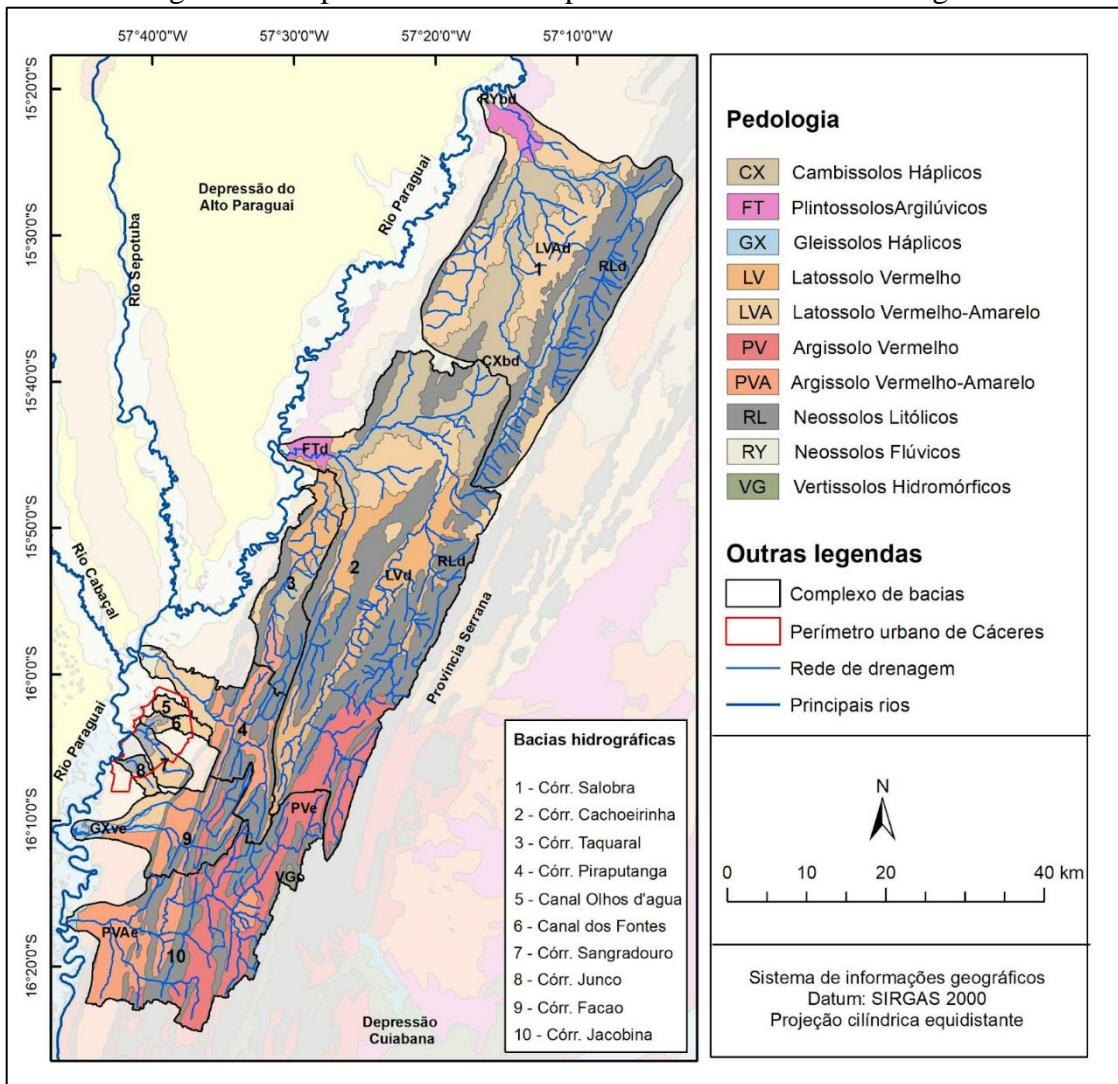
Fonte: Elaborado com base em Ross (1994). Organizado pela autora (2023).

Os solos com fragilidade muito fraca correspondem a uma área de 349,40km² do complexo, representados pelos solos Latossolo Vermelho, Vertissolo, Plintossolo Argilúvico, Gleissolo Háptico e Neossolo Flúvico. Com fragilidade fraca está o Latossolo Vermelho-Amarelo em uma área de 443,29km².

A classe de fragilidade média corresponde a uma área de 504,86km², integrada pelo Argissolo Vermelho-Amarelo e Argissolo Vermelho. A fragilidade forte tem-se os solos Cambissolo Háptico e o Neossolo Regolítico, ocupando 396,35km² e com valores mais significativos a fragilidade muito forte é constituída pelos solos Neossolo Litólico e Neossolo Quartizarênico em uma área que abrange 955,71km².

Na Figura 5, estão dispostos a distribuição dessas classes de solos. Os tipos de solos formados no complexo de sub-bacias apresentam fragilidades classificadas em todos os níveis. As fragilidades muito forte e forte somam uma área de 1352,06km², com solos pouco estruturados, localizados principalmente em locais com declividade. Esses locais representam forte fragilidade, e conseqüentemente limites e restrições quanto ao uso.

Figura 5 - Mapa de solos do complexo de bacias do Alto Paraguai



Fonte: Elaborado por Raymundi (2023).

Os solos com fragilidade muito fraca, fraca e média compreende uma área de 1297,55km². Esses solos apresentam em sua estrutura estabilidade de seus agregados, mesmo sob mudanças repentinas de umidade do solo e chuvas intensas, sendo, portanto, considerados menos frágeis. Os solos com características de fragilidade muito fraca, abrange uma área de 349,4 km² do complexo de sub-bacias. Essa classe agrupa cinco tipos de solo, que ocupa a área do complexo, porém sua distribuição é específica em algumas da sub- bacias.

Fragilidade do uso e cobertura da terra

Quanto a cobertura e uso da terra, no complexo de sub-bacias foram mapeadas as classes de área florestal, formação savânica, pastagem, agricultura de soja e outros ciclos temporários e áreas desmatadas e solo exposto não vegetadas. As classes de proteção quando presentes no

ambiente natural, resultam em fragilidade muito fraca e fraca (Quadro 04). Nas sub-bacias esse nível de proteção relaciona-se a cobertura florestal, savânica e campestre.

A fragilidade média, apresenta um nível de proteção médio onde a cobertura é ocupada por pastagens, e se mostra presente em grandes extensões de áreas nas sub-bacias. Em relação a fragilidade forte e muito forte, a classe de proteção é baixa e muito baixa, e correspondem a retirada da cobertura natural e exposição e uso agrícola. Nessa perspectiva, as formas de uso e cobertura foram organizadas e classificadas conforme as classes de proteção e os níveis de fragilidade distribuídos na área de estudo.

Quadro 4 - Classes de proteção e fragilidade do solo, notas e tipologias de uso da terra e cobertura vegetais

Classes de proteção	Fragilidade de classes	Tipologias de uso da terra e cobertura vegetal	Área Km²
1 - Muito forte	1 - Muito fraca	Área florestal	755,25
2 - Forte	2 - Fraca	Formação Savânica e Campestre	893,28
3 - Médio	3 - Média	Pastagem	809,84
4 - Baixa	4 - Forte	Agricultura de soja e outros ciclos temporários	158,61
5 - Muito baixa	5 - Muito Forte	Áreas desmatadas e, solo exposto não vegetadas	32,48

Fonte: Ross (1994). Organizado por Raymundi (2023).

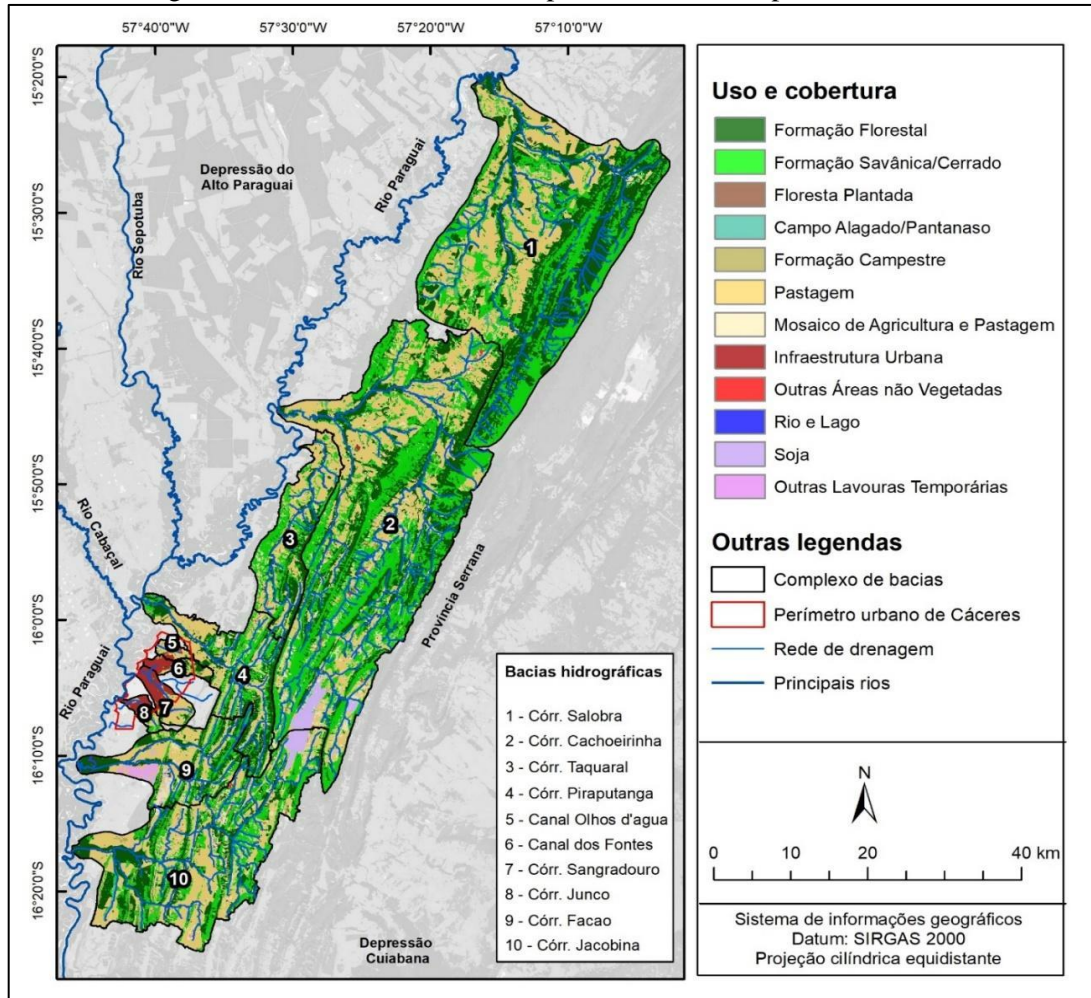
O complexo de sub-bacias apresenta uma área de 755,25 km² de fragilidade ambiental correspondente ao uso da cobertura florestal como muito fraca e 809,28 km² caracterizada com fragilidade fraca a formação Savânica e Campestre. A área florestal está distribuída pelas serras e morros da Província Serrana, onde concentram as cabeceiras que formam os cursos fluviais (Figura 6). Neste sentido é entendido que a fragilidade muito fraca, mostra-se com uma classe de proteção muito forte.

A estrutura geomorfológica da Província Serrana é dominante no complexo de sub-bacias, apresentam áreas com elevada declividade, que dificulta o uso antrópico, prevalecendo nesses espaços as unidades florestais. A formação savânica e campestre está relacionada ao cerrado, sua ocupação é a maior na área do complexo de sub-bacias com 893,28 km², que a qualifica com fragilidade fraca e uma classe de proteção forte. Esta formação também aparece nas serras e morros da Província Serrana. Como mencionado, essa estrutura física impõe limitações naturais ao uso, tornando o espaço preservado.

No mapa do uso e cobertura da Figura 6, observa-se que as áreas declivosas estão cobertas pela formação florestal e formação savânica. Nos locais propícios ao uso, o ambiente

natural foi alterado, com a retirada e substituição da vegetação, por atividades econômicas como o cultivo de pastagem para criação de bovinos, agricultura e infraestrutura urbana. A pecuária apresenta grande destaque no mapeamento, sendo evidente em todas as sub-bacias. Nesses espaços é notável que em alguns trechos as margens dos cursos d'água estão desprotegidas ou não vegetadas de acordo com a lei n.º 12.651/2012.

Figura 6 - Uso e cobertura no complexo de bacias no período de 2021



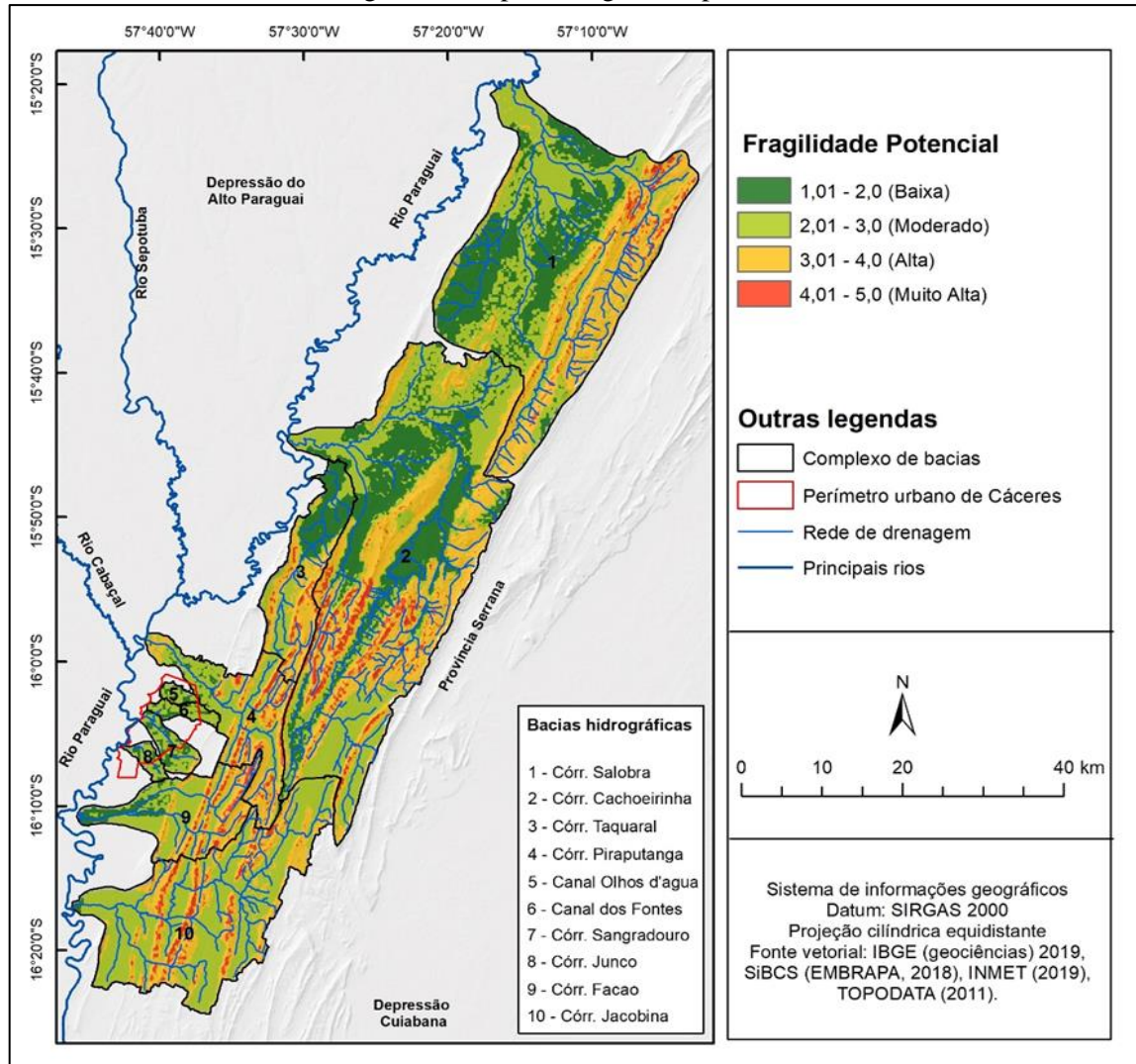
Fonte: Elaborado por Raymundi (2023).

A pecuária é a principal atividade econômica desenvolvida no complexo de sub-bacias, e está classificada como média fragilidade e média classe de proteção do solo. São 809,84 km² de área ocupada por pastagens em espaços limitados dos vales e encostas da Província Serrana, Depressão do Alto Paraguai e Planícies e Pantanaís. É uma atividade econômica importante para o desenvolvimento econômico regional, porém o manejo inadequado, vem potencializando a erosão e o assoreamento da rede hídrica, contribui com o desmatamento e compactação dos solos pelo pisoteio de animais.

Fragilidade Potencial

A fragilidade potencial do complexo de sub-bacias demonstrada na Figura 7, foi obtida por meio da sobreposição dos mapas de fragilidade da declividade, precipitação e tipos de solo.

Figura 7 - Mapa de fragilidade potencial



Fonte: IBGE (2019); EMBRAPA (2018); INMET (2019). Elaborado por Raymundi (2023)

Dessa aplicação decorreram quatro classes, sendo baixa, média, alta e muito alta. Neste sentido a totalização dos resultados obtidos referente a fragilidade potencial de cada sub-bacia fora demonstrada na Tabela 1. É importante ressaltar que os resultados expostos na tabela 1, sobre a fragilidade potencial, correlacionam-se com as características naturais existentes nas sub-bacias. Onde a estrutura geomorfológica, constituída pela Província Serrana, Depressão do Alto Paraguai e as Planícies e Pantanaís, configuram altitudes desiguais e conseqüentemente diferentes classes de fragilidade potencial.

Tabela 1 - Classes de fragilidade potencial do complexo de sub-bacias

Fragilidade Potencial	Área km ²
Baixa	743,35
Média	1004,58
Alta	859,02
Muito alta	45,97
Tota	2,633,48

Fonte: Raymundi (2023).

Para a fragilidade potencial alta e muito alta, o fator predominante foi a presença de áreas com declividade, associada a formação de solos frágeis. O relevo declivoso da Província Serrana abrange uma importante área no complexo de sub-bacia favorecendo desta forma os resultados significativos da fragilidade potencial alta.

A classe de fragilidade média foi prevalente com 1.004,58km², seguida pela fragilidade alta com 859,02 km², fragilidade baixa com 743,35km² e pôr fim a classe de fragilidade muito alta que corresponde 45,97 km²

A classe de fragilidade potencial alta correlaciona a presença do Cambissolo Háplico, Neossolo Regolítico e Neossolo Litólico, ambos são solos jovens pouco estruturados e suscetíveis à erosão, principalmente por serem encontrados em áreas de maior declividade.

A geomorfologia que define a Província Serrana, caracteriza-se pelas formações elevadas. Essa estrutura de serras e morros promove acentuada instabilidade dos fluxos e várias formações de nebulosidade que propicia maiores índices pluviométricos, e conseqüentemente alto nível de fragilidade no clima. Assim, o escoamento das águas pluviais favorece os processos erosivos nas áreas íngremes das sub-bacias.

Desta forma a fragilidade potencial classificada como alta, está associada às altas fragilidades da declividade, do solo e clima.

Estudos realizados por Farias (2019) na bacia do córrego Taquaral e Tavares (2020) na bacia do córrego Piraputanga, foram identificados trechos de espaços caracterizados com fragilidade potencial alta, sendo utilizados na pecuária bovina. Vale ressaltar que ambas as bacias (Taquaral e Piraputanga) a fragilidade potencial alta foi classificada com maior abrangência na área dessas sub-bacias.

No presente estudo a classe de fragilidade potencial média exibe uma área com maior abrangência, equivalente a 1.004,58 km². Associam-se principalmente pela distribuição do relevo com baixos níveis de declividade, representado pela depressão do Alto Paraguai. A

média fragilidade dos solos, determinada pela presença do Argissolo Vermelho-Amarelo textura argilosa e Argissolo Vermelho Eutrófico típico textura média, também contribuiu com o nível de fragilidade potencial média nesse ambiente.

Esses solos são propensos à erosão, por conter alto gradiente textural. Porém, o desenvolvimento de práticas agropecuárias, podem ser realizadas, desde que o manejo seja apropriado às características do solo respeitando também as áreas de vegetação ciliar estabelecidas pelas leis ambientais. No entanto, os dados analisados durante esta pesquisa, indicou que no complexo de sub-bacias os cursos d'água e nascentes não estão sendo devidamente preservados. Além da retirada da vegetação ciliar, dos córregos são usados na dessedentação de animais bovinos, em algumas situações ocorre o represamento das águas, impedindo o fluxo hídrico.

A baixa fragilidade potencial predominou em uma área de 743,35km², sendo este ambiente dominado por declividades de até 8%, onde observa-se a presença de Latossolo Vermelho Distrófico típico textura argilosa, Vertissolo Hidromórfico Típico textura argilosa, Plintossolo Argilúvico Distrófico textura arenosa/média e média/argilosa, Gleissolo Háptico, Neossolo Flúvico e Latossolo Vermelho-Amarelo textura média. Esses solos quando condicionados a um ambiente de reduzida declividade são pouco suscetíveis à erosão. O relevo aplainado proporciona um ambiente lântico, onde o escoamento superficial reduz as perdas de solos, evidenciando em condições naturais e uso correto o controle dos processos erosivos.

A partir do estudo da fragilidade ambiental potencial foi possível constatar que a variável declividade exerce importante influência, tanto nas áreas de alta fragilidade como também nas de baixa fragilidade. Outra situação pontuada por muitos pesquisadores nos estudos sobre a fragilidade potencial, dentre os quais podemos citar Filho *et. al.*, (2021), Martins *et. al.* (2018), Nörnberg (2020) e Farias (2019) é a possibilidade de identificar as áreas apropriadas ao desenvolvimento de práticas agropecuárias. Sendo também enfatizado o uso dessa ferramenta para auxiliar na tomada de decisões, tencionando o planejamento da cobertura da terra.

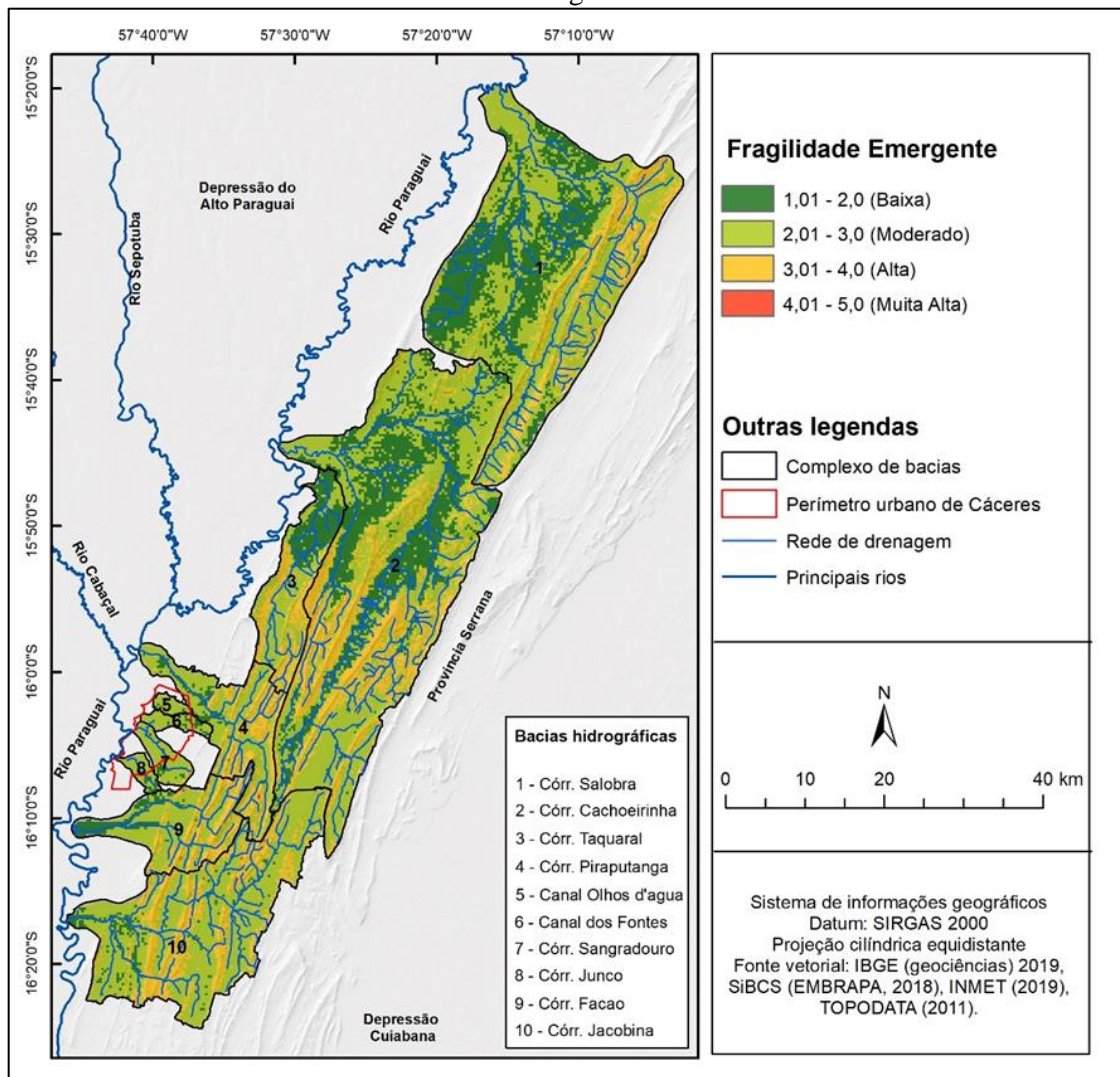
Fragilidade Emergente

Para o estudo da fragilidade emergente, foram ponderados os elementos naturais inseridos no mapa de fragilidade potencial (declividade, solo, erosividade da chuva) e acrescentado o uso e cobertura do solo. Essa análise representa a fragilidade emergente do ambiente após a interferência antrópica.

A análise da fragilidade emergente desenvolvida por Ross (1994) pontua as ações humanas que possam comprometer o equilíbrio da dinâmica natural do sistema, promovendo níveis de fragilidade que tendem a se agravar ao longo dos anos.

A junção do mapa de fragilidade potencial com o uso e cobertura da terra possibilitou o reconhecimento de quatro níveis de fragilidade emergente para o complexo de sub-bacias da margem esquerda do rio Paraguai, sendo: baixa, média, alta, muito alta (Figura 8).

Figura 8 - Mapa de fragilidade emergente do complexo de sub-bacias da margem esquerda do rio Paraguai



Fonte: IBGE (2019); EMBRAPA (2018); INMET (2019). Elaborado por Raymundi (2023).

As informações dos dados fornecidos sobre a fragilidade emergente, foram tabulados e demonstrado no Tabela 2.

Tabela 2 - Classes de fragilidade emergente do complexo de sub-bacias

Fragilidade Emergente	Área km ²
Baixa	602,78
Média	1.430,07
Alta	600,73
Muito alta	0,90
Total	2,634,48

Fonte: Raymundi (2023).

Assim, foi observado que a fragilidade média, foi predominante nos limites das sub-bacias. A distribuição desses valores apresenta resultados com abrangência de área significativa, mesmo nas sub-bacias menores. A classe de fragilidade emergente baixa foi observada em ambos os espaços, a classe alta não apareceu nas sub-bacias urbanas (Olhos D'água, Fontes, Junco) e a muito alta foi observada apenas no Facão e Jacobina.

Verificou-se que a classe de fragilidade emergente predominante no complexo de sub-bacias é o nível médio com 1.430,07km², seguido do nível baixo com 602,78 km², a classificação do nível alto representou 600,73km² e com uma pequena área o nível muito alto atingiu 0,90km² do complexo de sub-bacias (Tabela 2).

A fragilidade emergente, da mesma maneira que a fragilidade potencial, também considera a declividade um fator importante. Contudo as áreas de declives que apresentam um nível alto de fragilidade potencial, podem apresentar no mapeamento de fragilidade emergente um nível considerado médio, simplesmente por haver cobertura vegetal nesses locais.

Para a análise da fragilidade emergente é importante considerar a retirada ou proteção da vegetação. Desse modo é possível estabelecer, na cobertura vegetal, um ótimo indicador para a definição das áreas mais ou menos instáveis.

Diante do exposto, foi observado nos resultados encontrados por Martins et.al. (2018) ao pesquisar a fragilidade potencial e emergente na bacia do rio Peruaçu, região norte de Minas Gerais, indicadores de fragilidade potencial baixo, alto e muito alto.

Outra situação é a cobertura vegetal da formação Savânica e/ou formação campestre, que estabelecem naturalmente fragilidade acentuada. Santos (2021) explica que a formação savânica e campestre são mais frágeis por ser constituída de árvores menores e espaçadas com gramíneas, onde o solo pode ficar exposto. O autor pontua que essa situação se relaciona a uma fragilidade natural, com processos erosivos inferiores quando comparados ao cultivo em áreas de declividade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo teve como enfoque a análise da fragilidade ambiental no Complexo de sub-bacias da margem esquerda do Alto Paraguai, por meio do mapeamento da fragilidade potencial e emergente. Para a análise da fragilidade, a cartografia possibilitou caracterizar a área de estudo reunindo informações quanto aos aspectos da declividade do relevo, solos, precipitação e uso e cobertura.

O destaque para a fragilidade potencial foram os níveis médio (1004,58 km²) e alto (859,02 km²). A declividade e os tipos de solos foram importantes para estabelecer a fragilidade potencial. O nível médio dessa fragilidade relaciona-se a distribuição do relevo representado pela Depressão do Alto Paraguai com níveis de declividade de 20% e os tipos de solos Argissolo Vermelho-Amarelo e Vermelho. A classe de fragilidade alta é influenciada pela presença do Cambissolo Háplico, Neossolo Regolítico e Neossolo Litólico, ambos são solos jovens pouco estruturados e suscetíveis à erosão, em áreas de maior declividade na Província Serrana.

Na fragilidade emergente ressalta os níveis médio (1430,07 km²) e baixo (602,78 km²), para essa classe foram ponderados a influência do relevo pela declividade, solos, forma de uso e cobertura vegetal que inclui as pastagens. A cobertura vegetal na área de declividade, é considerada uma proteção e influenciou no aumento do nível de fragilidade média, na classificação emergente. A baixa fragilidade é formada por locais com menor declividade caracterizado por um relevo plano e suave ondulado, com presença de solos considerados de baixa vulnerabilidade.

A disposição da fragilidade ambiental do complexo de sub-bacias aponta as áreas mais propensas a erosividade e as consideradas favoráveis ao uso de atividades econômicas. Os níveis de fragilidade ambiental alto, identificados nas elevações da Província Serrana são propensos a impactos ambientais, em que o uso e ocupação colabora com os processos erosivos e a perda do equilíbrio dinâmico.

As áreas aplainadas da Depressão do Alto Paraguai e Planícies do Pantanal no complexo de sub-bacias são menos susceptíveis a erosão, tornando o nível de fragilidade baixo. Essa condição natural associada a um manejo adequado abranda os impactos pelo uso realizado nessas áreas. Assim os resultados dessa pesquisa podem ser utilizados como ferramenta no planejamento de políticas públicas de orientação ambiental, tencionando ações pautadas na sustentabilidade da área das bacias.

Neste sentido é importante destacar que o manejo realizado de forma indevida pode ocasionar danos ao equilíbrio ambiental, comprometendo a qualidade de vida das comunidades

locais, e dinâmica natural que envolve a rede hídrica elevando a descarga de sedimentos até o rio Paraguai.

REFERÊNCIAS

ABRÃO, C. M. R.; BACANI, V. M. Diagnóstico da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do Rio Santo Antônio, MS: subsídio ao zoneamento ambiental. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia v. 38, n. 3, p. 619–645, set./dez. 2018.

BARROS, A. BACANI, V. M.; BORGES, T. A. Análise da Fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do córrego Guanandy, Aquidauana-MS. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros**, Três Lagoas, v. 1, n. 26, p. 18-33, nov. 2017.

BRASIL. Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa**. Brasília: Casa Civil, 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm. Acesso em: 13 fev. 2023;

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N. Estudo temporal e espacialização mensal e anual das chuvas na parte brasileira da bacia do Rio Paraguai. **RIGeo - Repositório Institucional de Geociências**, [S. l.], 2012. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/1094>. Acesso em: 13 fev. 2023.

CARVALHO, N. O. 2008. **Hidrossedimentologia prática**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência.

CUNHA, S. B. Canais fluviais e a questão ambiental. *In*: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (org.). 7. ed. **A questão ambiental: diferentes abordagens**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012, p. 219-238.

DARZI, L. B. G. **Análise da precipitação no pantanal utilizando dados de sensoriamento remoto**. 2018. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) - Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, 2018.

DONHA, A. G. SOUZA, L. C. P.; SUGAMOSTO, M. L. Determinação da fragilidade ambiental utilizando técnicas de suporte à decisão de SIG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.10, n.1, p.175-181, 2006.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2006. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/338818>. Acesso em: 3 jul. 2023.

FARIAS, A. B. **Morfometria, aporte de sedimentos e fragilidades ambientais na Sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral, Cáceres -Mato Grosso**. 2019. Dissertação (Mestrado Geografia) - Faculdade de Ciências Humanas. Universidade do Estado do Mato Grosso, Cáceres 2019.

FILHO, B. C.; BHERING, S. B.; CALDERANO, S. B. JUNIOR, W. C.; PEREIRA, N. R.; CHAGAS, C. S. Potencial, atributos, e variáveis condicionantes da fragilidade das terras de uma microbacia na serra dos órgãos, estado do Rio de Janeiro. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, v. 4, n. 4, p. 5792-5805 out./dez. 2021. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1137255>. Acesso em: 3 jul. 2023.

GIMENES, F. B., AUGUSTO FILHO, O. Mapas de fragilidade ambiental utilizando o processo de análise hierárquica (AHP) e sistema de informação geográfica (SIG). *In*. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, São José dos Campos. **Anais [...]. São José dos Campos, 2013, p. 6564-6571.** Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0326.pdf>. Acesso em 3 jul. 2023.

GUIMARÃES, D. P.; LANDAU, E. C.; SANTOS, M. C. B.; MENDES, S. H. G. S. Caracterização das chuvas no Pantanal Mato-grossense. SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 7., 2018, Jardim. **Anais [...]. Jardim: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2018. p. 555-562.**

LIRA, K. C. S. FRANCISCO, H. R. F.; FEIDEN, A. Classificação de fragilidade ambiental em bacia hidrográfica usando lógica Fuzzy e método AHP. **Sociedade e natureza.** Uberlândia, v. 34, [S. p.], 2022.

MARCUZZO, F. F. N.; FARIA, T. G.; CARDOSO, M. R. D.; MELO, D. C. R.; Chuvas no Pantanal brasileiro: análise histórica e tendência futura. *In*. SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 3., 2010, Cáceres. **Anais [...]. Cáceres: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2010. p. 170-180.**

MARTINS, R. N.; COLARES, A. P. F.; ALMEIDA S. L. H.; ZANELLA, M. A.; NERY C. V. M. Fragilidade potencial e emergente na bacia do rio Peruaçu, região norte de Minas Gerais. **Revista brasileira de Geomática,** Curitiba, v. 6, n. 2, p. 99-118 abr./jun. 2018.

MORAIS, I. C.; CORREA, E.A.; CONCEIÇÃO, F.T. Análise da fragilidade ambiental utilizando técnicas em SIG: Estudo de caso da bacia hidrográfica do córrego do Desemboque, Pirassununga-SP- Brasil. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 8.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE GEOMORFOLOGIA, 3.; ENCONTRO IBERO-AMERICANO DE GEOMORFOLOGIA, 1.; ENCONTRO IBERO-AMERICANO DO QUATERNÁRIO, 1., 2010, Recife. **Anais [...]. Recife, 2010. [S. p.].**

NÖRNBERG, S. O.; REHBEIN, M. O. Avaliação da fragilidade ambiental no município de Pelotas/RS. **Geosul,** Florianópolis, v. 35, n. 76, p. 210-231, set./dez. 2020.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia,** [S.l.], v. 8, n. 1, p. 3-12, 1994. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.7154/RDG.1994.0008.0006>. Acesso em: 3 de jul. 2023.

SANTOS, A. S. L. **Análise de cenários de precipitação dos modelos ETA CCS e HadRM3P (PRECIS) em Mato Grosso.** 2012. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, 2012.

SANTOS, M. **As características morfoestruturais e o uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do córrego Cachoeirinha, Mato Grosso.** 2021. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Universidade do Estado de Mato Grosso, Cáceres, 2021.

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

TAVARES, C. **Bacia do Córrego Piraputanga, Cáceres-Mato Grosso: Qualidade da água, aspectos físicos do solo e a capacidade de uso da terra.** 2020. Dissertação (Mestrado Geografia) - Faculdade de Ciências Humanas. Universidade do Estado do Mato Grosso, Cáceres, 2020.

TOLEDO, J. S.; DE MARIA, I. C.; DECHEN, S. C. F. Impacto de chuvas intensas na erosão hídrica em solo com tratamento de lodo de esgoto. *In.* 6º CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 6., 2012, Jaguariúna. **Anais [...]**. Jaguariúna, 2012 p. 1-10.

VALLE, I. C.; FRANCELINO, M. R.; PINHEIRO, H. S. K. Mapeamento da fragilidade ambiental na bacia do rio Aldeia Velha, RJ. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 2 p. 295-308, 2016.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio e suporte para a realização deste trabalho, através da aprovação da bolsa de Produtividade Nível Doutorado e ao Programa de Ciências Ambientais (PPGCA) da Universidade do Estado do Mato Grosso (UNEMAT), pelo incentivo a pesquisa e oportunidade da qualificação.