

A fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do córrego Cachoeirinha, município de Cáceres - Mato Grosso

The environmental fragility within the Cachoeirinha stream Hydrographic basin, in Cáceres city, Mato Grosso state

La fragilidad ambiental de la cuenca del arroyo Cachoeirinha, municipio de Cáceres - Mato Grosso

Recebido: 19/07/2022 | Revisado: 30/07/2022 | Aceito: 03/08/2022 | Publicado: 11/08/2022

Marcos dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6857-8712>
Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
E-mail: mdsantos@unemat.br

Célia Alves de Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9068-9328>
Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
E-mail: celialves@unemat.br

Juberto Babilônia de Sousa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7752-1416>
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Brasil
E-mail: juberto.sousa@ifmt.edu.br

Resumo

O objetivo deste estudo foi analisar a fragilidade ambiental da declividade, do clima, do solo e do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Córrego Cachoeirinha, localizada a nordeste do município de Cáceres-Mato Grosso, com foco a servir de subsídios para a conservação ambiental e o desenvolvimento sustentável da bacia. A metodologia foi definida com atividades de gabinete e de campo. Os resultados mostraram que 11,57% da bacia apresenta fragilidade ambiental muito forte na região da Província Serrana em razão da declividade acima de 30% e a fragilidade muito fraca em 47,22% da área nos vales entre as serras da Depressão do Alto Paraguai e na Planície do Rio Paraguai. O clima mostrou fragilidade forte para o domínio Tropical de Altitude Mesotérmico Quente da Fachada Meridional das Chapadas e Planaltos, com índices pluviométricos de 1400 a 1600 mm no período de cheia, ocupando 69,16% da região serrana bacia. O solo apresentou a classe de fragilidade muito forte para o Neossolo Flúvico Tb eutrófico típico e o Neossolo Litólico eutrófico. A fragilidade forte foi determinada para os solos Cambissolo Háplico Tb distrófico típico e o Neossolo Regolítico distrófico leptofragmentário e a fragilidade fraca para os solos Latossolo Vermelho Distrófico típico e o Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico. As maiores fragilidades foram determinadas sobre as feições geomorfológicas da Província Serrana, onde é necessário utilizar adequadas técnicas agrícolas que evitem impactos no ambiente natural. Sugere-se ações de educação ambiental, implementação de planos de manejo com o restabelecimento de áreas degradadas.

Palavras-chave: Elementos ambientais; Fragilidade ambiental; Uso sustentável.

Abstract

The objective of this study was to analyze the environmental fragility of the slope, climate, soil of and land use and cover in the Córrego Cachoeirinha hydrographic basin, located in the northeast of the municipality of Cáceres-Mato Grosso, with a focus on serving as subsidies for environmental conservation and sustainable development of the region. bowl. The methodology was defined with office and field activities. The results showed that 11.57% of the basin has very strong environmental fragility in the Serrana Province region due to the declivity above 30% and very weak fragility in 47.22% of the area in the valleys between the mountains of the Depression of the Upper Paraguay and in the Paraguay River Plain. The climate showed strong fragility for the Hot Mesothermal Altitude Tropical domain of the Meridional Facade of Chapadas and Planaltos, with rainfall from 1400 to 1600 mm in the flood season, occupying 69.16% of the highland basin region. The soil presented a very strong fragility class for the typical Eutrophic Fluvic Tb Neosol and the Eutrophic Litholic Neosol. Strong fragility was determined for typical dystrophic Tb Haplic Cambisol and leptofragmentary Dystrophic Regolith Neosol soils and weak fragility for typical Dystrophic Red Latosol and typical Dystrophic Red-Yellow Latosol soils. The greatest weaknesses were determined on the geomorphological features of the Serrana Province, where it is necessary to use appropriate agricultural techniques that avoid impacts on the natural environment. Environmental education actions, implementation of management plans with the restoration of degraded areas are suggested.

Keywords: Environmental elements; Environmental fragility; Sustainable use.

Resumen

El objetivo de este estudio fue analizar la fragilidad ambiental del talud, clima, suelo y uso y cobertura del suelo en el la cuenca hidrográfica Córrego Cachoeirinha, ubicada en el nororiente del municipio de Cáceres-Mato Grosso, con foco en servir como subsidios para la conservación ambiental y sostenible. desarrollo de la región. La metodología se definió con actividades de gabinete y de campo. Los resultados mostraron que el 11,57% de la cuenca presenta fragilidad ambiental muy fuerte en la región de la Provincia de Serrana debido al declive superior al 30% y fragilidad muy débil en el 47,22% del área en los valles entre las montañas de la Depresión del Alto Paraguay y en la Llanura del Río Paraguay. El clima mostró fuerte fragilidad para el dominio Tropical Mesotermal Caliente de la Fachada Meridional de Chapadas y Planaltos, con precipitaciones de 1400 a 1600 mm en la época de inundaciones, ocupando el 69,16% de la región de la cuenca del altiplano. El suelo presentó una clase de fragilidad muy fuerte para el Tb Neosol Eutrófico Flúvico típico y el Neosol Litólico Eutrófico. Se determinó una fragilidad fuerte para los suelos Tb Haplic Cambisol distrófico típico y Neosol Regolítico Distrófico leptofragmentario y una fragilidad débil para los suelos Latosol Rojo Distrófico típico y Latosol Rojo-Amarillo Distrófico típico. Las mayores debilidades se determinaron en las características geomorfológicas de la Provincia Serrana, donde es necesario utilizar técnicas agrícolas adecuadas que eviten impactos en el medio natural. Se sugieren acciones de educación ambiental, implementación de planes de manejo con restauración de áreas degradadas.

Palabras clave: Elementos ambientales; Fragilidad ambiental; Uso sostenible.

1. Introdução

Tendo em vista a acelerada transformação impressa na natureza, iniciada após a Revolução Industrial, cada vez mais tem se tornado necessária a compreensão das características dos ambientes naturais, uma vez que as ações impactantes e as consequências são transfronteiriças, portanto, evidenciando a necessidade da busca e da integração de ações que sejam compatíveis com as potencialidades e as fragilidades dos ecossistemas (Neves, 2018).

Como nunca visto, as ações humanas vêm diminuindo a capacidade dos ecossistemas corresponderem à crescente procura pelos seus serviços, principalmente a água e os alimentos. Pereira et al. (2009, p. 19) afirmam que “o bem-estar humano e o progresso em direção a um desenvolvimento sustentável dependem de forma vital de uma melhoria da gestão dos ecossistemas da Terra, de modo a garantir a sua conservação e uso sustentável”.

As diferentes características climáticas, pedológicas e geomorfológicas presentes na bacia do córrego Cachoeirinha, com distintas trocas de matéria e energia, têm apresentado áreas com fragilidades ambientais que necessitam de estudos que apontem manejos e técnicas sustentáveis com foco na conservação do solo, da água e da cadeia produtiva. Para Spörl e Ross (2004), é de extrema importância determinar a fragilidade dos ambientes naturais antes de serem explorados para que se apontem os impactos e suas respectivas consequências, servindo de aporte para o planejamento ambiental. Isso contribui na definição das ações a serem implementadas, subsidiando para o zoneamento e a gestão do espaço ocupado.

Fushimi e Nunes (2019) indicam que a exploração excessiva, sem utilizar um manejo conservacionista dos recursos naturais, causa um quadro significativo de degradação ambiental, como a perda de nutrientes dos solos, o assoreamento dos canais fluviais, a extinção de espécies da fauna, a destruição da vegetação, dentre outros. Estudos da fragilidade dos ambientes podem subsidiar a realização de outras pesquisas, propiciar técnicas de recuperação de áreas degradadas, aumentar a erodibilidade dos solos e evitar possíveis prejuízos socioeconômicos.

Conforme Ross (1993), os ambientes naturais eram resilientes, conseguiam manter-se em estado de equilíbrio até as intervenções humanas tornarem-se intensas na exploração dos recursos naturais, sobretudo, nos últimos 80 anos. Com o crescimento da população mundial, aumentou o ritmo da industrialização e da mecanização, desenvolvendo técnicas produtivas capazes de ampliar a produtividade, entretanto, de gerarem impactos ambientais irreversíveis.

A influência antrópica na natureza, principalmente, em bacias hidrográficas, tem se tornado objeto de preocupação de pesquisadores, aumentando os estudos para qualificar e quantificar os impactos dessa ocupação. Desse modo, tem-se requerido o conhecimento prévio dos limites e das capacidades de resiliência dos elementos naturais, frente ao uso da terra, em busca de um desenvolvimento sustentável.

Para desenvolver o planejamento e adequada gestão dos recursos naturais é preciso o reconhecimento dos componentes da paisagem e das relações estruturais e funcionais que se estabelecem entre si. A partir dessa interpretação, é possível determinar as áreas com fragilidade e/ou potencialidade, constituindo-se em um importante instrumento de diagnóstico e prognóstico ao planejamento, à governança e à gestão ambiental, com vistas à conservação do ambiente natural (Villela et al., 2015).

Em relação à governança dos recursos naturais, Farias et al. (2018) afirmam que a Agenda 2030 é um instrumento capaz de alinhar ações e metas no âmbito federal, estadual e municipal, estabelecendo redes de cooperação e articulação frente aos desafios da necessidade de incluir a conservação da água na política pública. De acordo com Castro e Salomão (2000, p. 01), as informações formadas a partir da análise integrada dos compartimentos naturais de uma área contribuem para “obtenção de indicadores comportamentais mais seguros, como subsídios para a elaboração de planos de controle preventivo de uso e ocupação do espaço e dos solos, numa perspectiva de (re)equilíbrio ambiental”.

Para Andrade et al. (2018, p. 01), “os estudos da fragilidade dos ambientes são significativos e importantes para o planejamento ambiental e territorial, pois se trata de uma ferramenta que analisa e identifica ambientes em relação aos seus distintos níveis de vulnerabilidade”. Os mapas ou cartas de fragilidade oriundos desses estudos auxiliam no diagnóstico para a conservação, correção e recuperação de áreas impactadas presentes e intervenção em ações futuras, além de apontar áreas com maiores ou menores fragilidades, consequentes de ações antrópicas que utilizam incorretas técnicas de manejo do solo.

Analisando pesquisas referentes às fragilidades ambientais, evidenciam-se os estudos de Ferreira et al. (2016), trabalhando o mapa de fragilidade ambiental como auxílio para o planejamento urbano e gestão de recursos hídricos na bacia do córrego do Veado, Presidente Prudente-SP; Alves et al. (2018), que fizeram o levantamento da fragilidade ambiental da bacia do Ribeirão da Laje-GO utilizando os resultados como subsídio ao planejamento e à gestão; Chen et al. (2018), fazendo o estudo da fragilidade ecológica na China, e Farias (2019) com a fragilidade ambiental na sub-bacia do córrego Taquaral, município de Cáceres-MT.

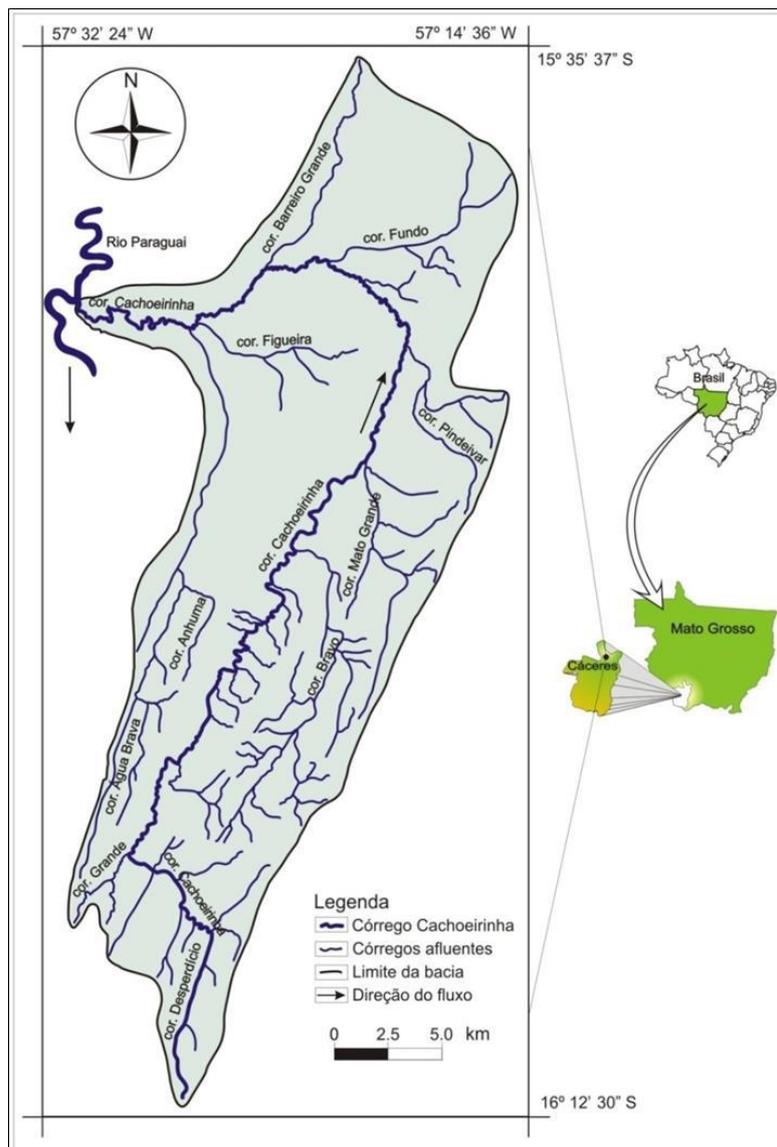
Em se tratando de fragilidades ambientais, intervenções e ações podem interromper, minimizar e até revertê-las. Para isso, é necessário desenvolver planos e ações pontuais, compreendendo os sistemas envolvidos que originaram as fragilidades. Nesse contexto, este estudo objetivou analisar a fragilidade ambiental da declividade, do clima e do solo presentes na bacia do córrego Cachoeirinha, com foco a servir de subsídios para a conservação ambiental e o desenvolvimento sustentável.

2. Metodologia

2.1 Área de estudo

O objeto deste estudo é a bacia hidrográfica do córrego Cachoeirinha, afluente da margem esquerda do rio Paraguai, com área de 952,61 km², localizada a nordeste do município de Cáceres, sob as coordenadas 15° 35' 37" e 16° 12' 30" S e 57° 14' 36" e 57° 32' 24" W no sudoeste do estado de Mato Grosso (Figura 1).

Figura 1: Mapa de localização da bacia hidrográfica do córrego Cachoeirinha.



A bacia hidrográfica do córrego Cachoeirinha é afluente da margem esquerda do alto curso do rio Paraguai. As nascentes que compõem a bacia estão nos sopés das serras e dos morros da Província Serrana (alto curso), o médio curso escoar pela Depressão do Alto Paraguai e a foz encontra-se na área de Planície do rio Paraguai.

Para a realização deste estudo, foi necessária a utilização de algumas metodologias, tais como: atividade de gabinete para leitura referente à temática, definição e caracterização das fragilidades, confecção da base cartográfica e atividades de campo.

2.2 Procedimentos metodológicos

2.2.1 Revisão conceitual

A revisão conceitual foi realizada em produções científicas: anais de eventos, revistas científicas nacionais e internacionais, livros, dissertações, teses, TCCs, entre outros. O objetivo foi circunscrever as problemáticas, buscar diferentes conceitos teóricos em um quadro de referências na perspectiva de explicação e compreensão da temática do estudo (Luna, 2000; Marconi & Lakatos, 2007).

O uso das tecnologias do geoprocessamento, georreferenciamento, sensoriamento remoto, softwares, computador, imagens de satélite, GPS e a câmera fotográfica, possibilitaram o levantamento, o armazenamento, o processamento e o cruzamento das informações produzidas em campo com as atividades de gabinete.

2.2.2 Confeção da base cartográfica

Todo o processamento dos dados e a geração dos mapas foi realizado através do software QGis 3.4.6, de uso gratuito. Para todas as informações de localização geográfica e de elaboração dos mapas foi utilizado UTM 21S, DATUM: SIRGAS 2000, escala 1:160.000.

2.2.3 Atividades de campo

As atividades de campo ocorreram em duas etapas. A primeira foi para o reconhecimento da bacia e a validação das informações das cartas topográficas e imagens de satélites. A segunda ocorreu, quando foram definidos os locais de fragilidade, realizada a caracterização dos solos, da paisagem e efetuados os registros fotográficos.

2.2.4 A fragilidade ambiental

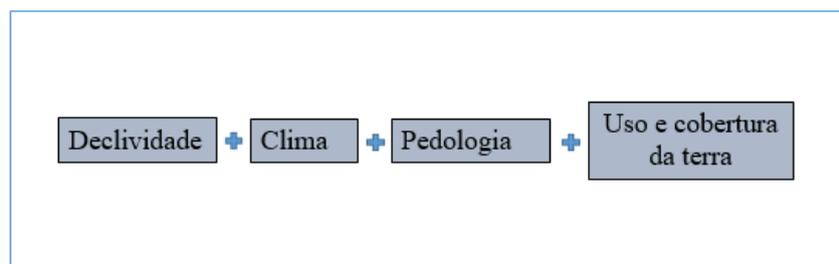
A fragilidade ambiental foi determinada de acordo a metodologia de Castro e Salomão (2000, p. 01) e Ross (1994), através da análise e interpretação da inter-relação entre declividade, clima, solo, uso e cobertura da terra.

O objetivo foi identificar áreas impactadas ou susceptíveis a impactos, seja por condições naturais ou antrópicas, oriundas de técnicas errôneas de exploração. Com os resultados, espera-se contribuir para elaborar planos de manejo para o uso sustentável, numa perspectiva de equilíbrio ambiental.

2.2.5 Elementos utilizados na classificação da fragilidade ambiental

Para determinar as fragilidades ambientais presentes na bacia do córrego Cachoeirinha, foram utilizadas informações referentes à declividade, ao clima (precipitação), ao solo e ao uso e cobertura da terra, sendo considerados cinco classes de fragilidade: muito fraca, fraca, média, forte e muito forte, proposto por Castro e Salomão (2000, p. 01) e Ross (1994). A Figura 2 ilustra a sequência de como foram determinadas as fragilidades.

Figura 2: Esquema de informações para determinar as fragilidades potencial e a emergente.



Fonte: Elaborado com base em Ross (1994). Organizado pelo autor.

2.2.6 Classificação das fragilidades

A classificação da fragilidade da declividade passou pelos procedimentos metodológicos definidos por Ross (1994), que estabelece a fragilidade nas diferentes formas de relevo. Esse modelo sugere que cada uma das variáveis seja hierarquizada em cinco categorias com pesos progressivos (1, 2, 3, 4 e 5), conforme a classe de declividade (%). Assim, as variáveis mais estáveis, em que o relevo mostra-se menos declivoso, de 0 até 6%, o peso é 1,0 (categoria fraca), as intermediárias, próximo de

3,0 (categoria média) e as áreas mais vulneráveis, com declividade acima de 30%, somam 5,0 pesos, com categoria muito forte, ficando assim determinado (Quadro 1).

Quadro 1: Classificação da fragilidade da declividade.

Peso	Classe da declividade	Categoria
01	Até 6%	Muito fraca
02	6 a 12%	Fraca
03	12 a 20%	Média
04	20 a 30%	Forte
05	Acima de 30%	Muito forte

Fonte: Adaptado de Ross (1994). Organizado pelo autor.

Para as fragilidades do clima, solo, uso e cobertura da terra foram mantidos os mesmos parâmetros utilizados para o modelo anterior. Cada uma das variáveis foi classificada em cinco pesos de fragilidade, conforme apresentado: Solos - classe de fragilidade, muito baixa (1), a muito forte (5); Cobertura Vegetal - grau de proteção, muito alto (1), a muito baixo (5); Pluviosidade - precipitação média anual (mm/ano), muito fraca (1), a muito forte (5).

A proposta para o estudo das áreas com fragilidade ambiental passou por alguns procedimentos metodológicos adaptados de Cunha e Oliveira (2015), com etapas e atividades fundamentais, tais como: organização, inventário, análise, diagnóstico, proposição de medidas mitigadoras, como mostra o Quadro 2.

Quadro 2: Ações e atividades desenvolvidas na determinação da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do córrego Cachoeirinha.

Fases	Atividades
Organização	Estudos temáticos dos atributos do meio físico da bacia, a definição dos objetivos, nos critérios da investigação em campo, em gabinete e na delimitação da área de estudo.
Inventário	Levantamento dos componentes antrópicos (tipo de uso da terra) e naturais (declividade, solo, clima e vegetação) em um conjunto de materiais cartográficos e pesquisa de campo, buscando a compreensão das interações existentes entre os componentes ambientais e socioeconômicos na bacia. Os mapas originais dos elementos ambientais, uso da terra, rede de drenagem e os respectivos graus de fragilidade foram compilados das cartas topográficas e mapas disponíveis nos sites do MapBiomas, versão 5.0, 2019; TOPODATA MDE, folhas 16S585 / 15S585; SEPLAN (2019) CL21, escala 1:100.000 e 1:500.00; IBGE (2019) na escala de 1:250.000; relatório e cartas do Projeto RadamBrasil (1982), escala 1:1.000.000 e de referências literárias.
Análise	Após o tratamento dos dados levantados por meio da integração dos componentes socioeconômicos e ambientais, a análise permitiu a definição dos pesos e as classes das fragilidades, bem como a delimitação das unidades de fragilidade. Ao definir as informações de acordo com as características de cada elemento, realizou-se a álgebra de mapas para soma das pontuações e a obtenção dos mapas de fragilidade. Nessa etapa, foi utilizada a “Calculadora Raster” no software Qgis, de uso gratuito.
Diagnóstico	A classificação foi realizada com base nos limites da bacia, de modo a permitir a sobreposição dos mapas temáticos, a determinação dos pesos e, por fim, a classificação das áreas com fragilidade natural e antrópica, indicando algumas causas e consequências da fragilidade.
Proposição de medidas mitigadoras	Na fase propositiva, foi realizada uma análise de tendências futuras do quadro atual, com sugestões de conservação, de estudos e ações que promovam estabilidade ou a recuperação de áreas degradadas e a adoção de medidas mitigadoras para que o uso da terra seja de modo sustentável.

Fonte: Adaptado de Cunha e Oliveira (2015). Organizado pelo autor.

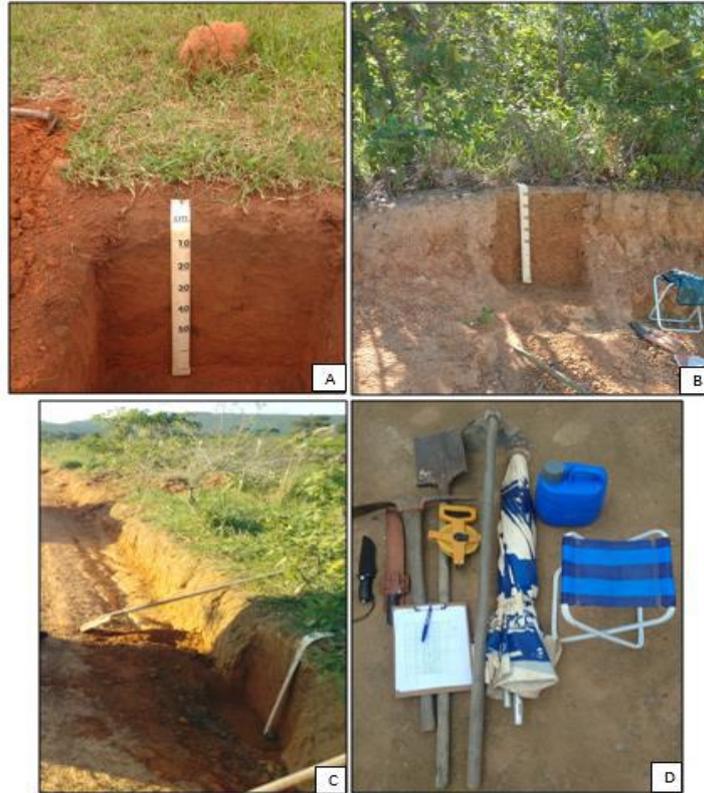
2.2.7 Caracterização do Solo

Foram definidos 08 (oito) unidades pedológicas mais representativas na bacia. A caracterização e a definição dos solos foram realizadas por meio do banco de dados (base cartográfica) do IBGE (2019) em escala de 1:250.000, da descrição morfológica em campo, e através da análise físico-química, conforme Manual de Métodos de Análise de Solo da EMBRAPA (2018).

A descrição morfológica e a coleta das amostras de solo foram realizadas nos perfis estabelecidos em trincheiras, como orientam Santos et al. (2015), encosta de morro e barranco de estrada. Essa etapa foi necessária a fim de tornar os dados suficientes para definir as áreas de maior fragilidade na bacia.

Os perfis 01, 02, 03, 04 e 06 foram abertos em áreas de mata nativa e de pastagem (Figura 3A). O perfil 07 foi aberto em barranco de estrada com altura que pudesse mostrar todos os horizontes do solo (Figura 3- C). O perfil 05 foi estabelecido em uma base de morro, local onde houve a retirada de material para manutenção de estrada. A atividade deixou um talude que possibilitou a descrição e a coleta de amostras, demonstrado na Figura 3-B. A Figura 3-D mostra os materiais utilizados na abertura das trincheiras para as coletas.

Figura 3: A- Trincheira em área de pastagem. B- Perfil em encosta de morro. C- Perfil em barranco de estrada. D- Materiais utilizados na abertura dos perfis.



Fonte: Acervo do autor.

As amostras de solo foram coletadas, acondicionadas em sacolas plásticas, contendo um quilo, etiquetadas com dados de identificação do perfil e do horizonte e levadas ao Laboratório de Pesquisa e Estudos em Geomorfologia Fluvial da Universidade do Estado de Mato Grosso-LAPEGEOF/UNEMAT. No laboratório, as amostras foram secas (TFSA), destorroadas, ensacoladas em frações de 50 gramas (Figura 4) e enviadas para análise.

Figura 4: Processo de separação das amostras de solo a serem enviadas ao laboratório.



Fonte: Acervo do autor.

As análises foram realizadas no laboratório de solos da Empresa Matogrossense de Pesquisa, Assistência e Extensão Rural-EMPAER/MT, localizado em Cuiabá, na Rua Senador Jonas Pinheiro, s/n, bairro Ponte Nova, Várzea Grande-MT

(fones: 015-65-3648-9271 e 3648-9273), onde foram realizadas as análises físico-química, conforme o Manual de Métodos de Análise de Solo da EMBRAPA (2018).

3. Resultados e Discussão

3.1 Fragilidade ambiental da declividade

A declividade da bacia do córrego Cachoeirinha é influenciada por três unidades de relevo: a Província Serrana, a Depressão do Alto Paraguai e a Planície do Rio Paraguai. Na área de domínio da Província, onde o relevo é declivoso, a fragilidade é maior, caracterizando-se em média, ocupando 11,84% da área, forte em 10,80% da bacia e muito forte em 11,57%, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Fragilidade ambiental de acordo com a declividade.

Fragilidade	Km²	%
Muito fraca	449,85	47,22
Fraca	176,93	18,57
Média	112,77	11,84
Forte	102,89	10,80
Muito forte	110,17	11,57
Total	952,61	100

Fonte: Elaborado com base em Ross (1994). Organizado pelo autor.

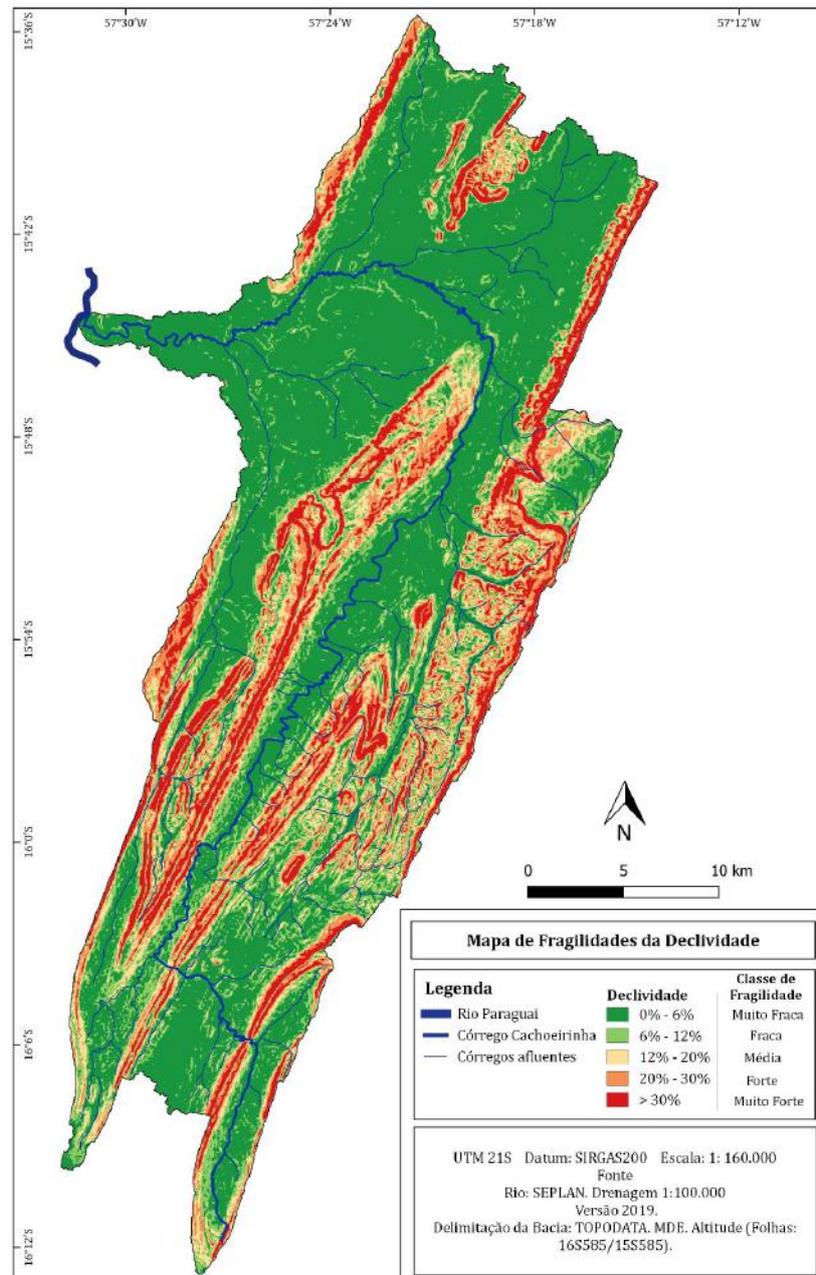
Silveira e Oka-Fiori (2007) fizeram os mesmos apontamentos de fragilidade muito forte para as áreas mais elevadas da bacia do rio Cubatãozinho/PR, em que o relevo tem maior declividade, geralmente, com inclinações superiores a 30%.

As fragilidades média e forte com declividades de 12% a 30% ocupam uma área de 325,83 km², ou seja, 22,64% da bacia (Tabela 1). São as encostas das serras e dos morros que possuem a forma rampeada por onde ocorre o escoamento pluvial durante o período de chuva e aparecem algumas nascentes com pequenos fluxos que formam a rede de drenagem que compõem a bacia.

As condições do relevo da Província Serrana, limitantes à ocupação humana, além de contribuir na preservação do entorno de algumas nascentes, têm favorecido a conservação da cobertura vegetal primária (Cerrado), o que minimiza os riscos à erosão e assoreamento relacionados aos fatores naturais e antrópicos na bacia. Rocha et al. (2019), estudando a qualidade ambiental das áreas de nascentes do rio Paraim, extremo sul do Piauí, afirmam que a vegetação serrana desempenha importante serviço para a manutenção da qualidade ambiental da bacia, sendo indispensável que essas regiões tenham uma política eficaz de conservação para promover o equilíbrio ecológico.

As áreas classificadas com fragilidade muito forte, com declividade acima de 30%, aparecem nas feições de relevo em anticlinais com as maiores altitudes localizadas no alto curso da bacia (Figura 5). Elas incidem nas serras e nos morros mais abaulados de rocha calcária, assim como nas formações de arenito, onde, em alguns locais, existem paredões (escarpas abruptas), que, de modo geral, apresentam altitudes de 250 a 780 metros.

Figura 5: Mapa da fragilidade por declividade.



Fonte: TOPODATA MDE, folhas 16S585 / 15S585. Organizado pelo autor.

Analisando os compartimentos geomorfológicos da bacia, nota-se que o nível de tratamento, de estudos e intervenções na região da Província Serrana deve ser maior, em razão da altitude e declividade do relevo, estrutura do solo, dentre outros, que a tornam com fragilidade forte, considerando a integração dos componentes naturais e socioeconômicos que apresentam setores de riscos e impactos ambientais.

Por conta da declividade do relevo, o entendimento da conexão do quadro natural é de extrema importância, pois o funcionamento dos sistemas naturais é interligado. De acordo com Cunha (1998) qualquer alteração a montante de um sistema natural acaba impactando a jusante. Neste sentido, as áreas apontadas com fragilidade forte e muito forte localizadas sobre as serras e os morros da bacia devem ser preservadas com o objetivo de manter estável a relação entre seus elementos, tais como solo, cobertura vegetal e a dinâmica fluvial.

Para Ross e Moroz (2011), as áreas com relevo movimentado devem ser compartimentadas e conservadas, uma vez que são unidades que possuem uma dinâmica diferente e acelerada no fluxo de matéria e energia entre os sistemas. Eles apontam que as áreas elevadas, de topo, são propícias à produção e movimentação de sedimentos. As encostas são locais por onde ocorre a dispersão ou o transporte do material, e as áreas de recepção, que apresentam baixo declive, localizadas no fundo dos vales, onde prevalece a deposição.

As áreas com fragilidade muito fraca e fraca aparecem nos vales das serras da Depressão do Alto Paraguai, composta pela litologia da formação Sepotuba (folhelhos e siltitos), e na Planície do Rio Paraguai, com embasamento da Formação Pantanal, ocupando uma área de 65,79% da bacia, explorada pela criação de bovinos, mostrado na Figura 6.

Figura 6: Área de transição da Depressão do Alto Paraguai para a Planície do Rio Paraguai com fragilidade muito fraca a fraca.



Fonte: Acervo do autor.

Essa área mesmo apresentando essas classes de fragilidade, principalmente pelas características do relevo, pelo seu uso, tem sido promovida a perda da qualidade ambiental com a redução e até a eliminação das funções ou conexão ecológica, pela retirada da cobertura vegetal e a compactação do solo.

O cultivo de produtos agrícolas e da pastagem não pode substituir os serviços ecológicos da vegetação primária quanto à proteção do solo ou servir de habitat à fauna. Para Cunha e Oliveira (2015), isso poderá levar à manifestação de um número significativo de problemas ambientais, tais como perda de solo, assoreamento fluvial, até a eliminação da fauna e flora local.

Nesse contexto, evidencia-se a necessidade da manutenção da cobertura vegetal presente sobre a região da Província Serrana, com o objetivo de evitar os efeitos erosivos e conservar a qualidade dos canais fluviais. Para Degrande e Bortoluzzi (2020), o cultivo de culturas agrícolas temporárias ou a pecuária, sob manejo inadequado, pode impactar diretamente os corpos hídricos de uma bacia, principalmente, relacionado aos processos de erosão acelerada.

3.2 Fragilidade ambiental do clima

A bacia do córrego Cachoeirinha encontra-se em uma região de domínio do clima tropical (Aw). Em consequência da variação da altitude do relevo, originaram-se duas unidades climáticas: Tropical de Altitude Mesotérmico Quente da Fachada Meridional das Chapadas e Planaltos e o Tropical Megatérmico Sub-Úmido das Depressões e Pantanaís de Mato Grosso.

Os tipos climáticos compõem uma situação pluviométrica irregular durante o ano, com duas estações bem definidas, sendo um período com chuva e outro com estiagem. Isso incorre em uma área com maior fragilidade (fragilidade forte), com chuvas frequentes e episódios de alta intensidade (volume de chuva) na região da Província Serrana no alto curso da bacia e

outra com volumes anuais menores na Depressão do Alto Paraguai e na Planície do Rio Paraguai, gerando menor grau de fragilidade (fragilidade média), como mostra a Tabela 2.

Tabela 2: Classe da Fragilidade Ambiental de acordo com o clima.

Fragilidade Ambiental	Classe	Km ²	%
Muito fraca	Situação Pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 1.000 mm/ano.	0	0
Fraca	Situação Pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 2.000 mm/ano.	0	0
Média	Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, período seco chegando a 8 meses, com maiores intensidades de chuva de dezembro a março e a pluviosidade anual até 1400mm.	293,77	30,84
Forte	Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com período de 4 meses de seca e alta concentração das chuvas no verão entre novembro e abril quando ocorrem entre 70 a 80% do total das chuvas, chegando a 1600mm.	658,84	69,16
Muito forte	Situação pluviométrica com distribuição regular, ou não, ao longo do ano, com grandes volumes anuais ultrapassando 2.500 mm/ano, ou ainda, comportamentos pluviométricos irregulares ao longo do ano, com episódios de chuva de alta intensidade e volumes anuais baixos, geralmente abaixo de 900 mm/ano (semi-árido).	0	0
Total		952,61	100

Fonte: Adaptação de Ross (1994). Organizada pelo autor.

Além da circulação atmosférica, a composição das duas unidades climáticas ocorre sob forte influência do relevo. A topografia na região favorece a ocorrência de chuvas orográficas na região da morraria, que são intensificadas no verão e, com menor índice, na região da planície. Isso explica a atribuição de um valor de fragilidade mais acentuado na região de maior altitude no que se refere ao fator pluviosidade, como explica Ross (2012), abordando sobre as potencialidades e fragilidades terrestres, que considera a influência da ação do escoamento superficial das águas pluviais como agentes erosivos.

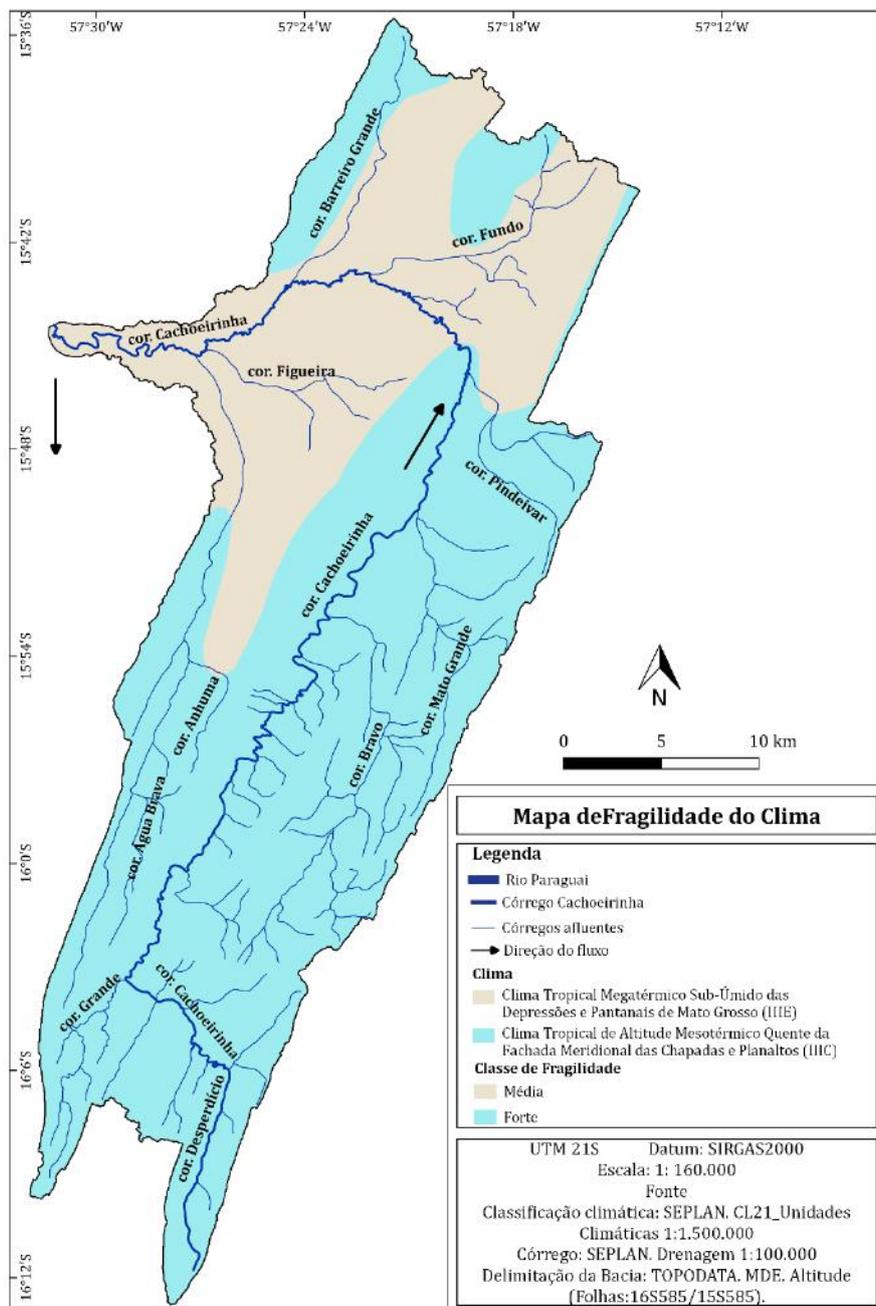
Oliveira et al. (2018) referem-se às chuvas orográficas nos lugares de altitude, fazendo dos relevos mais elevados o processo de barlaventos e sota-ventos, que resultam na ocorrência das chuvas e no aumento da umidade para as áreas a jusante.

A classe de fragilidade climática média compreende o domínio do clima Tropical Megatérmico, ocupando uma área de 30,84% ou 293,77 km² (Tabela 2), localizada no médio e baixo curso da bacia na área da Depressão do Alto Paraguai e da Planície do rio Paraguai, com altitudes oscilando entre 129 a 250 metros, onde a precipitação varia de 1300 a 1400 mm anuais, caracterizado, principalmente, pelo aumento da intensidade da chuva durante os meses de dezembro a março.

A área com fragilidade forte aparece ocupando 69,16% da bacia. O clima dessa região é o Tropical de Altitude Mesotérmico Quente da Fachada Meridional das Chapadas e Planaltos, que apresenta índices pluviométricos de 1400 a 1600 mm, com alta concentração das chuvas (70 a 80%) nos meses de novembro a abril, período de cheia na bacia (Tabela 2). Esse domínio climático está sobre as formações geomorfológicas da Província Serrana no alto curso da bacia em altitudes acima 300 metros, chegando a 788 metros, a qual contribui diretamente no processo de dissecação do relevo.

A Figura 7 mostra a distribuição das duas unidades climáticas, evidenciando o clima tropical de altitude, presente na cabeceira da bacia, com os maiores índices de chuva, onde estão as nascentes. Nessas áreas, aparece o arenito (Formação Raizama), que, pela sua capacidade de infiltração primária, permite a recarga do lençol freático, nascentes e aquíferos.

Figura 7: Mapa da distribuição climática e das classes de fragilidade da bacia.



Fonte: SEPLAN (2019) CL21. Organizado pelo autor.

O grau de fragilidade ambiental é aumentado por conta do volume de chuvas nas áreas com declividade presente nas serras e morros, que formam espaços susceptíveis a processos erosivos pelo escoamento superficial. Segundo Guerra e Mendonça (2014), a inclinação do terreno é o fator que influencia fortemente nas perdas de solo através da erosão hídrica, pois, à medida que ela incide ao longo das vertentes, aumenta o volume e a velocidade da enxurrada, diminuindo a infiltração da água. Para Melo (2007), as áreas com altitudes elevadas apresentam alternâncias significativas no índice de umidade no solo durante o período de estiagem, comprometendo o aproveitamento agrícola e, na estação chuvosa, podem ocorrer anomalias excessivas no regime de precipitação, causando extremas enchentes em razão do rápido escoamento para as vertentes.

Massa e Ross (2012), estudando a fragilidade ambiental relevo-solo na Serra da Cantareira, bacia do Córrego do Bispo-SP, enfocam a importância das informações climatológicas, principalmente, relacionadas às precipitações, por

exercerem ação direta na dinâmica do sistema ambiental, regular o regime hídrico da bacia e influenciar nas formas do relevo por meio do intemperismo e erosão pluvial e fluvial.

Além da altitude, da declividade e da precipitação com resultados na dissecação do relevo (modelagem), no aprofundamento das vertentes fluviais e na produção de sedimentos nos córregos que compõem a bacia, a exploração econômica, através da pecuária e do monocultivo, tem tornado essa região passiva de mudanças ambientais. Esse fato é discutido por Farias (2019) na bacia hidrográfica do córrego Taquaral, Cáceres/MT, a qual também apresenta áreas com altitude na Província Serrana e intensa exploração econômica, resultando em processos erosivos e mudanças na paisagem. Isso mostra a necessidade de intervenções com objetivo de nortear o uso da terra nas áreas elevadas de modo a conservar as características naturais e a conectividade dos seus elementos.

3.3 Fragilidade ambiental do solo

Com valores mais expressivos, observa-se que 57,9% da área possui os solos mais representativos da bacia na classe de fragilidade forte, 0,38% na classe de fragilidade muito forte, 40,44% com fragilidade fraca e nenhuma classificação muito fraca (Tabela 3).

Tabela 3: Classe da Fragilidade Ambiental de acordo com a classificação do solo.

Classe de solos	Características	Classe de fragilidade	Área Km ²	%
-	-	Muito fraca	0	0
Latossolo Vermelho Distrófico típico / Latossolo Vermelho Distrófico típico / Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico	Solos profundos; franco- argiloarenosa / franco-arenosa / argiloarenosa; bem drenado, relevo plano	Fraca	385,24	40,44
Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico arênico	Solo desenvolvido, franco- argiloarenosa, relevo plano, imperfeitamente drenado	Média	12,24	1,28
Cambissolo Háplico Tb distrófico típico / Neossolo Regolítico distrófico leptofragmentário	Solo em desenvolvimento / raso, textura argila / franco- argiloarenosa, relevo ondulado / forte ondulado	Forte	551,54	57,9
Neossolo Flúvico Tb eutrófico típico / Neossolo Litólico eutrófico	Francoarenosa, relevo plano / movimentado	Muito forte	3,59	0,38
Total	-	-	952,61	100

Fonte: Elaborado com base em Ross (1994), Peričato e Souza (2019)¹, Silva et al. (2020)², Valle et al. (2016)³. Organizada pelo autor.

Na bacia do córrego Cachoeirinha, por apresentar características naturais complexas (conectividade dos elementos), é necessário que toda atividade econômica de uso da terra, principalmente, a agricultura mecanizada e a pecuária, desenvolva um planejamento ambiental prévio. É essencial conhecer as características do ambiente, especialmente os solos, para que se possa definir as formas do manejo mais adequadas visando à manutenção da qualidade ambiental.

A classe de solo com fragilidade forte (Tabela 3) ocorre nas áreas onde estão as serras e os morros da Província Serrana, em que o relevo é declivoso. Nessa região, o solo constitui-se com finas camadas sobre as rochas, como observado na Figura 8, recoberto por gramíneas e a vegetação do Cerrado, composta por um extrato arbustivo espaçado.

Figura 8: **A** - Cambissolo Háplico Tb distrófico típico. **B** - Neossolo Regolítico distrófico leptofragmentário.

¹ <http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/19826>

² <https://periodicos.ufjf.br/index.php/geografia/article/view/31803/21654>

³ <https://www.scielo.br/pdf/floram/v23n2/2179-8087-floram-2179-8087107714.pdf>



Fonte: Acervo do autor.

Nesses ambientes, a declividade permite a remoção de material superficial, inibindo os processos pedogenéticos, e ainda podendo contribuir com a ação de agentes erosivos durante o período chuvoso. Em estudo realizado por Gomes et al. (2015), determinando a fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do córrego Moeda, Três Lagoas/MS, o Cambissolo também apareceu no alto curso da bacia, classificado com fragilidade ambiental muito alta, sendo a área da bacia mais restritiva ao uso.

O Neossolo Litólico eutrófico também aparece com fragilidade ambiental muito forte por se localizar no alto curso, em altitude acima de 500 metros, próximo às nascentes do córrego Cachoeirinha. De acordo com EMBRAPA (2013), esse solo é pouco evoluído e está em contato lítico, com espessura inferior a 20 cm. Para Lepsch (2002), o Neossolo Litólico é um solo jovem presente em áreas de relevo movimentado, cuja velocidade de formação é menor ou equipara-se à velocidade da erosão. Mesmo apresentando características de fertilidade, esse solo não é explorado, pois o local situa-se em topo de serra, uma área que requer a preservação por conta da Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012 (Código Florestal), das condições naturais de declividade e de acesso, que impossibilita a exploração econômica.

Crepani et al. (2001) também apontaram fragilidade muito alta em áreas de relevo movimentado e em planícies fluviais. Em se tratando de planícies, a fragilidade muito forte também aparece na área com Neossolo Flúvico Tb eutrófico típico, com a textura francoarenosa, imperfeitamente drenado, localizada em região plana, na planície do rio Paraguai, coberta por vegetação com extrato arbóreo com dossel emergente. Devido à baixa condição de infiltração pluvial, favorece ao escoamento superficial. Sua formação é derivada de sedimentos aluviais, com alto teor de areia, o que o torna muito friável e com pouca estrutura (EMBRAPA, 2013).

A principal atividade econômica no entorno da área onde aparece o Neossolo Flúvico (fragilidade muito forte) é a pecuária extensiva, sem rotatividade de pastagem, o que, certamente, poderá contribuir para a degradação dos solos nessa parte da bacia.

No médio curso, onde aparece o Latossolo Vermelho Amarelo típico, existem algumas áreas que, em décadas passadas, foram ocupadas por pastagens e depois abandonadas, o que favoreceu a regeneração da vegetação nativa, mostrado na Figura 9. Nota-se, nas observações em campo, que as pastagens no entorno estão degradadas, deixando o solo exposto,

podendo ser um indicador que tenha provocado o abandono da exploração da terra. Por mais que a fragilidade seja fraca em razão, principalmente, da baixa declividade, os nutrientes do solo não têm promovido o bom desenvolvimento dos cultivos, necessitando de manejo adequado.

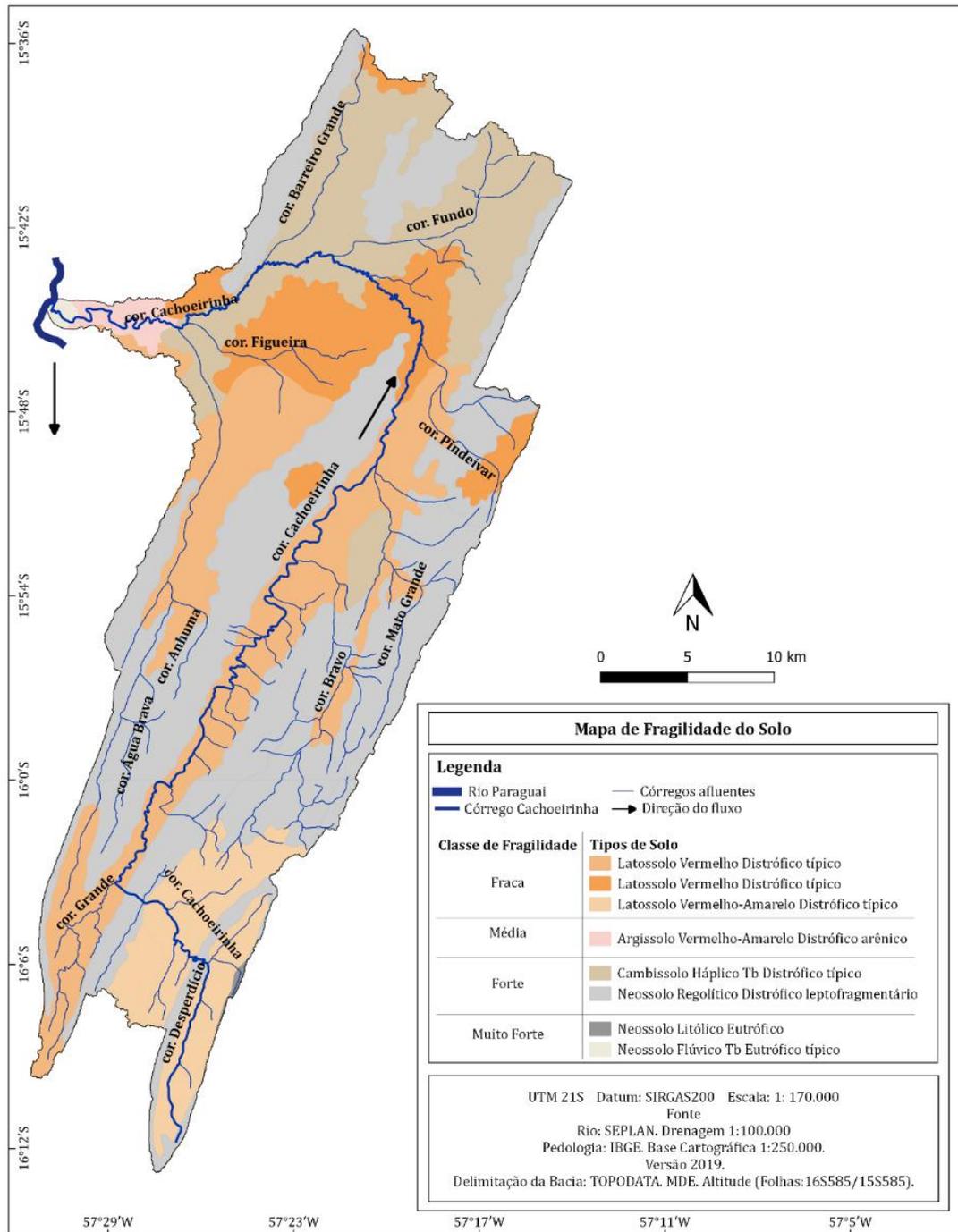
Figura 9: Área com pastagem degradada, que foi abandonada, favorecendo a regeneração da vegetação do Cerrado.



Fonte: Acervo do autor. Imagem: Google Earth Pro/1985.

Observando a Figura 9, é possível verificar, na imagem do Google, que em todo o lado Leste da área degradada aparecem relevos movimentados cobertos pela vegetação do Cerrado. Do lado oeste, estão os morros isolados, onde aparecem as trilhas do gado que circulam pela pastagem degradada e em direção ao córrego Cachoeirinha, que é utilizado para dessedentação. Na Figura 10, é possível analisar a distribuição geográfica dos solos da bacia e suas respectivas classes de fragilidades, desde os solos do alto curso ou cabeceira, região com relevo movimentado com fragilidade muito forte, aos da planície com fragilidade fraca.

Figura 10: Mapa da distribuição dos solos da bacia.



Fonte: IBGE (2019). Organizado pelo autor.

Os latossolos aparecem com fragilidade fraca, por serem áreas onde o relevo é plano. Esses solos estão situados em dois vales na Depressão do Alto Paraguai no alto curso da bacia (região da cabeceira) e na Planície do Rio Paraguai, onde o escoamento superficial é mais lento. Nessas áreas, vem ocorrendo o avanço do agronegócio (monocultivo) e a prática da pecuária, como mostra a Figura 11.

Figura 11: A - Produção de grãos (soja) em área de latossolo, região de cabeceira da bacia. B – Pecuária bovina.



Fonte: Acervo do autor.

Nas áreas onde aparecem os latossolos no alto curso, mesmo com fragilidade fraca, faz-se necessário que o uso da terra não seja facilitador de processos erosivos em consequência das culturas temporárias que deixam o solo sem cobertura por um período durante o ano. Para Degrande e Bortoluzzi (2020), quando esses solos são submetidos a intensas precipitações, podem favorecer a ocorrência da erosão laminar, o surgimento de sulcos, ravinas e até voçorocas.

O monocultivo associado ao latossolo tem crescido na bacia, ocupando áreas sensíveis a impactos, como, por exemplo, a região da cabeceira. Para o pleno desenvolvimento das atividades, vem sendo promovido o desmatamento em áreas de encosta, queimadas, compactação do solo, uso de agrotóxico, dentre outros, que poderão levar a futuras consequências, tais como: contaminação da água da superfície e da subsuperfície, redução da quantidade e da qualidade das nascentes e o assoreamento de vertentes fluviais.

Em estudo realizado por Braga et al. (2017, p. 08), os latossólicos também aparecem com fragilidade fraca. Caracterizam-se por serem constituídos de material mineral, além de serem profundos, “bem drenados, devido aos altos teores de areia, com alto grau de intemperização e ocorrem em relevos planos e suavemente ondulados, possuindo propriedades físicas favoráveis à utilização agrícola”. Peričato e Souza (2019), estudando as fragilidades na bacia hidrográfica do rio das Antas, noroeste do Paraná, também classificaram com fragilidade muito fraca as áreas de ocorrência dos Latossolos Vermelhos com textura argilosa, assinalando que “os solos de textura argilosa são menos suscetíveis aos processos erosivos quando comparados aos solos de textura média. Deste modo, a associação deste solo com a baixa declividade resultou numa baixa fragilidade potencial”. Nesse contexto, evidencia-se que, mesmo com diferentes texturas, ainda se mantém a baixa fragilidade, entretanto, há a necessidade do uso da terra com métodos que produzam baixos impactos.

Alves et al. (2016) orientam que os latossolos, mesmo em áreas com declividade menos acentuada, suas características texturais podem influenciar na estabilidade da conservação. Com a ausência de cobertura vegetal, quanto maior o percentual de areia no solo, maior a propensão à perda de partículas, seja por processos erosivos causados pelo escoamento superficial em razão da intensidade da chuva, seja pela erosão eólica.

3.4 Fragilidade ambiental do uso e da cobertura da terra

Considerando o uso e a cobertura da terra, a bacia apresenta 62,94% da sua área com fragilidade ambiental muito fraca e fraca (Tabela 4). A fragilidade muito fraca ocorre na cobertura natural com a formação Florestal (23,57%) encontrada nas margens de alguns canais fluviais, no entorno das nascentes, na área de planície e nos sopés das serras, onde o solo é mais fértil e úmido.

Tabela 4: Classes de Fragilidade Ambiental de acordo com o uso e cobertura da terra.

Fragilidade Ambiental	Classe	Km ²	%
Muito fraca	Formação florestal	224,56	23,57
Fraca	Formação Savânica e formação campestre	375,06	39,37
Média	Pastagens	334,13	35,08
Forte	Soja	16,51	1,73
Muito forte	Áreas desmatadas e queimadas recentemente, solo exposto por arado/gradeação (outras áreas não vegetadas)	2,35	0,25
Total		952,61	100

Fonte: Elaborado com base em Ross (1994). Organizado pelo autor.

Na região da Planície do Rio Paraguai, em algumas áreas, foi mantido o sistema natural com a preservação da mata ciliar, onde não ocorreu a exploração antrópica, resultando em um grau de conservação das características naturais. Essas áreas, compostas principalmente de mata com dossel emergente, continuam sendo capazes de cumprir a função ecológica.

A fragilidade fraca aparece nas formações Savânica e Campestre (39,37%), relativas ao Cerrado, ocupando a maior área da bacia, presentes sobre as serras e os morros da Província Serrana. Esses ambientes, por suas limitações naturais, com serras, morros, escarpas e encostas declivosas, impossibilitam a exploração econômica, o que favorece a preservação da vegetação, contribuindo no controle de processos erosivos e na conservação do solo. Essa fragilidade, embora sendo fraca, com baixo grau de risco, é uma área com estado ambiental instável relacionado ao intenso processo de erosão, se associado ao uso antrópico. É necessário que se mantenha a conservação para que aconteça a dinâmica de funcionamento da paisagem natural para evitar impactos ambientais. Isso garante as características iniciais, com maior estabilidade, uma vez que é uma região com grande potencial de fragilidade, caso seja explorada de maneira indevida.

Verdum et al. (2016) tratam da necessidade da conservação e da recuperação das áreas com relevo movimentado, onde houve a degradação do solo, bem como orientam com as metodologias de se fazer o isolamento através de cerca, introduzir mudas florestais nativas, fazer a cobertura do solo com restos de culturas que proporcionem uma entrada de matéria orgânica, podendo associar ao cultivo de pastagens com a finalidade de proteger a superfície.

A pecuária, sendo a maior atividade econômica da bacia, aparece com área de pastagem equivalente a 35,08% (Tabela 4) com fragilidade ambiental média. Está presente em algumas encostas de serras e morros, nos vales da Província Serrana, na Depressão do Alto Paraguai e na Planície do Rio Paraguai. Essa atividade tem provido o desenvolvimento econômico da região, entretanto, vem contribuindo com o desmatamento de áreas protegidas por lei, como, por exemplo, as encostas das serras, como mostra a Figura 12.

Figura 12: Desmatamento na encosta da serra para cultivo de pastagem.



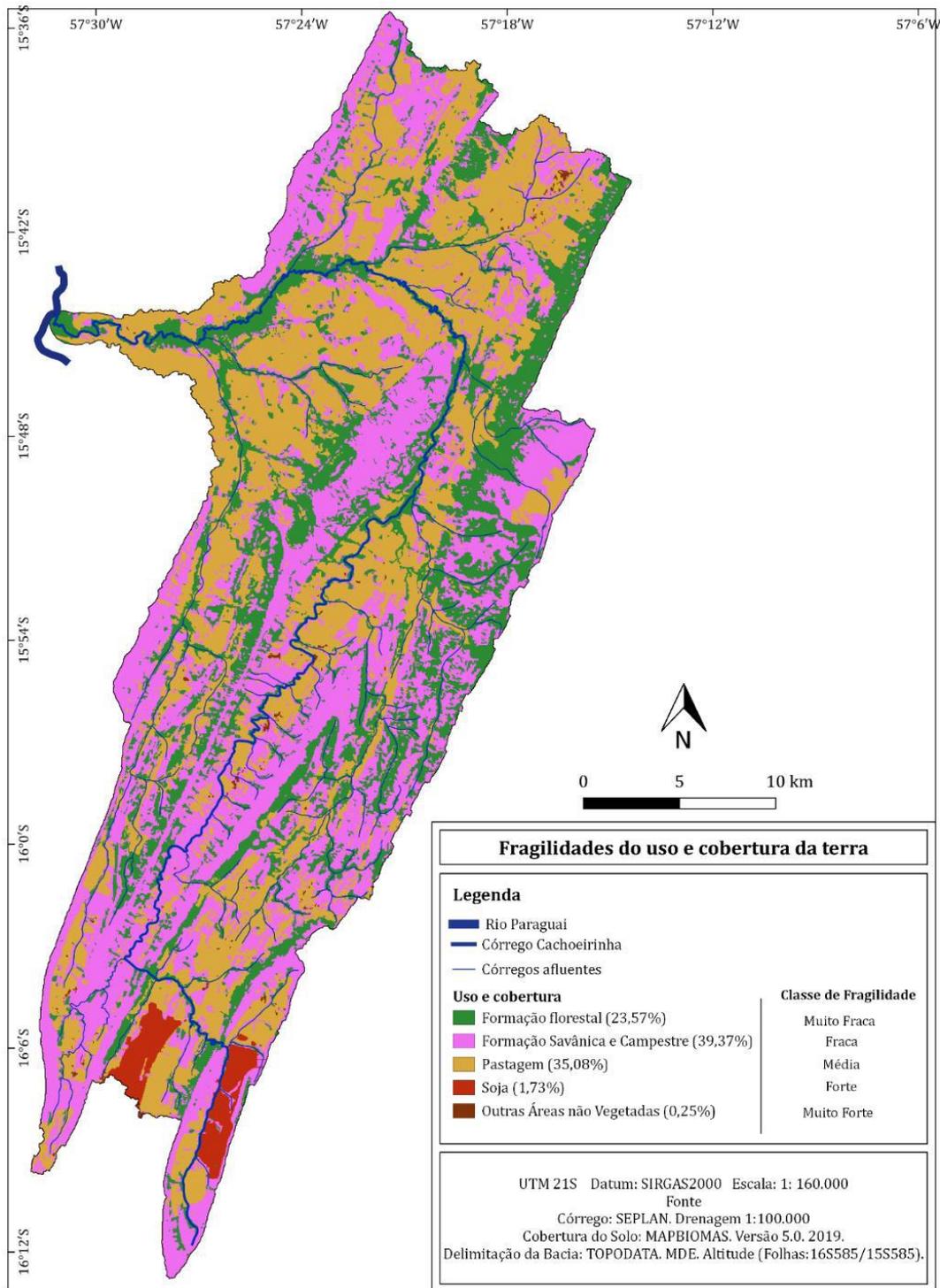
Fonte: Acervo do autor.

Com a redução das áreas planas a serem ocupadas, algumas propriedades estão expandindo a exploração nas encostas das serras, o que tem aumentado a fragilidade do ambiente, principalmente, reduzindo as áreas cobertas pela vegetação do Cerrado. Mesmo sendo uma ocupação já consolidada na bacia, a área explorada pela pecuária foi definida com fragilidade média, necessitando de melhoramento ambiental, pois constitui áreas em que houve uma modificação do sistema natural, até irreversível para a capacidade de resiliência local, precisando ser tomadas algumas medidas visando à sustentabilidade da cadeia produtiva, com menor risco ao sistema ambiental.

O tipo de uso e cobertura da terra na bacia do córrego Cachoeirinha tem influenciado diretamente na intensidade da fragilidade do ambiente. Para Jain e Goel (2002), isso determina a magnitude das ações de agentes erosivos, na capacidade de infiltração da água, na conservação da qualidade do solo, dos canais fluviais e das nascentes.

A área com fragilidade forte aparece onde ocorre o plantio da soja, ocupando 1,73% na região do alto curso da bacia (Figura 13). Apesar desse cultivo ser uma importante *commodity* brasileira, ela não se faz presente por toda a bacia, por conta dos dobramentos, relevo declivoso, proximidade dos interflúvios, o que impossibilita o uso intenso de maquinário agrícola.

Figura 13: Mapa de fragilidade do uso e cobertura da terra na bacia do córrego Cachoeirinha.



Fonte: MapBiomias (2019). Organizado pelo autor.

O Cerrado constitui-se como o principal domínio de cobertura vegetal na bacia, conectado entre si nas variadas formas de relevo da Província Serrana à Planície do Rio Paraguai, formando corredores ecológicos sobre as serras e a vegetação ripária presente nos fundos dos vales nas margens dos canais fluviais do baixo ao alto curso da bacia. Entretanto, a expansão agrícola e a pecuária têm causado a perda desses habitats, ameaçando a conservação da fauna e da flora, até mesmo da resiliência de áreas já impactadas, como mostra a Figura 14.

Figura 14: Fragmentação da vegetação do Cerrado na área da Província Serrana.



Fonte: Acervo do autor.

Santos (2014), pesquisando a fragilidade natural e antrópica no oeste da Bahia, também constatou que a modernização agrícola e o avanço da pecuária sobre áreas naturais provocaram a fragmentação da paisagem, bem como a perda contínua de habitat natural. Em relação ao aspecto socioambiental presente na sociedade contemporânea, Jacob (1999) afirma que os impactos dos seres humanos sobre a natureza estão cada vez mais complexos, tanto quantitativos como qualitativos e que é inevitável e urgente a prática do conceito de desenvolvimento sustentável para enfrentar a presente crise ecológica.

Considerando o uso da terra, evidencia-se a necessidade de planejamento de políticas públicas de gestão socioambiental, visando ao uso sustentável da bacia, pois, quando explorada de forma inadequada, pode impactar o meio ambiente, a qualidade de vida da população, alterar a dinâmica natural da bacia e, conseqüentemente, influenciar no rio Paraguai, por meio da descarga de sedimentos transportados pelo córrego Cachoeirinha.

4. Considerações Finais

Os resultados apontam as áreas onde a classe de fragilidade é baixa, favorecendo o uso da terra, assim como áreas mais frágeis, com fragilidade alta, onde são necessárias ações de conservação mais adequadas e urgentes. As áreas de relevo movimentado da Província Serrana cobertas pela vegetal primária, foram as que apresentaram os maiores valores de fragilidade ambiental. O tipo do solo e a declividade das encostas são fatores decisivos para impor-se limitação às formas de uso da terra, nesse caso, recomendada para preservação, mostrando-se essenciais para a manutenção dos ecossistemas locais, para o controle dos processos erosivos e a garantia da qualidade de vida da população local a médio e longo prazo.

A Depressão do Alto Paraguai e a Planície do Rio Paraguai foram apontadas com fragilidades fracas, em razão da baixa declividade, sendo áreas passíveis de serem exploradas economicamente, desde que utilizadas técnicas que sejam capazes de mitigar os impactos das atividades, tais como erosão, compactação do solo e assoreamento.

As áreas onde foi retirada a cobertura vegetal para dar lugar à pecuária e às monoculturas e classificadas com fragilidade emergente “média”, principalmente nas encostas declivosas, necessitam de maior proteção às implicações da energia cinética durante as chuvas (gotas), à mobilidade das partículas dos solos e às características do escoamento superficial.

Sugere-se a realização de um trabalho social no que se refere à educação ambiental às pessoas que vivem na bacia, conscientizando-as ao uso de práticas agrícolas compatíveis às características naturais, demonstrado através de estudo dos impactos ambientais em conjunto com as instituições de pesquisas agrárias, os produtores e associação de produtores agrícolas.

Considera-se ainda, a necessidade de desenvolver planos de uso e manejo da terra, criar práticas conservacionistas para cessar o desmatamento, reduzir o escoamento superficial, impedir a exposição e o empobrecimento do solo, controlar a erosão e o assoreamento, atender à legislação ambiental vigente, sobretudo em relação à manutenção ou criação de Áreas de

Preservação Permanente-APP, ao planejamento de ações de reflorestamento das áreas desmatadas e degradadas e à implantação do zoneamento ecológico com objetivo em preservar as áreas com fragilidade natural para que se promova o desenvolvimento sustentável.

Nota-se a importância da cobertura florestal para a estabilidade do ambiente, reduzindo as áreas com fragilidade. Dessa forma, objetiva-se a realização de outros estudos com foco em verificar a qualidade dos ambientes fluviais, das formas de uso da terra, conservação do solo, que possa contribuir no planejamento territorial bacia.

Referências

- Alves, R. E., Souza, L. F., Souza, V. M., Queiroz, T. A. F., & Lima, J. V. (2016). A degradação e fragilidade dos solos no sudoeste de Goiás: o caso da bacia hidrográfica do Ribeirão da Picada. *Revista Geográfica de América Central*, 1(56), 235-258. <https://doi.org/10.15359/rgac.1-56.10>
- Alves, W. S., Martins, A. P., & Scopel, I. (2018). Fragilidade ambiental: subsídio ao planejamento e à gestão da bacia do Ribeirão da Laje (GO), Brasil. *Geografia, Ensino & Pesquisa*, 22(34), 01-17. <https://doi.org/10.5902/2236499431267>
- Andrade, M. M., Klein, D. R., Krefsta, S. M., & Vieira, A. G. (2018). Determinação da fragilidade ambiental de uma bacia hidrográfica pertencente ao município de Presidente Prudente, SP. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 17(2), 278-285. [10.5965/223811711722018278](https://doi.org/10.5965/223811711722018278)
- Braga, C. C., Cabral, J. B. P., Lopes, S. M. F., & Batista, D. F. (2017). Mapeamento da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do reservatório da UHE Caçu – Goiás. *Ciência e Natura*, Santa Maria, (39), 81-98. <https://doi.org/10.5902/2179460X26978>
- Brasil. Código Florestal. Lei 12.651/2012. (2012). <https://prespublica.jusbrasil.com.br/legislacao/1032082/lei-12651-12>
- Brasil. Ministério do Exército. (1975). *Cartas topográficas: Folhas: SE. 21-V-B-II – Cáceres, SD.21-Y-D-V – Três Rios, SE.21-V-B-III – Serra da Campina e SD.21-Y-D-VI – Serra da Palmeira*. Escala: 1:100.000.
- Castro, S. S., & Salomão, F. X. T. (2000). Compartimentação Morfopedológica e sua Aplicação: considerações metodológicas. *Revista GEOUSP*, 4(1), 27-37, Campinas. <https://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/123401>
- Chen, P., Hou, K., Chang, Y., Li, X., & Zhang, Y. (2018). Study on the Progress of Ecological Fragility Assessment in China. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 113(1), 01-05. DOI: [10.1088/1755-1315/113/1/012088](https://doi.org/10.1088/1755-1315/113/1/012088)
- Crepani, E., Medeiros, J. S., Hernandez, P., Florenzano, T. G., Duarte, V., & Barbosa, C. C. F. (2001). *Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicados ao Zoneamento Ecológico Econômico e ao ordenamento territorial*. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. (INPE 8454-RPQ/722). <http://www.dsr.inpe.br/laf/sap/artigos/CrepaneEtAl.pdf>
- Cunha, C. M. L., & Oliveira, R. C. (2015). *Baixada Santista: uma contribuição à análise geoambiental*. Editora UNESP.
- Cunha, S. B. (1998). Bacias hidrográficas. In: Cunha, S. B., & Guerra, A. J. T. (Orgs.). *Geomorfologia do Brasil* (p. 229 – 265). Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil.
- Degrande, E. J. S., & Bortoluzzi, L. N. (2020). Análise da fragilidade ambiental potencial e emergente da bacia hidrográfica do córrego da Onça em Presidente Prudente/ SP. *Geografia em Questão*, 13(03), 33-50. [10.48075/geoq.v13i3.22570](https://doi.org/10.48075/geoq.v13i3.22570)
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA Solos. (2013). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. (3ª ed.) rev. e ampliada. Brasília/DF.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA Solos. (2018). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. (5ª. ed.) rev. e ampliada. Brasília, DF.
- Farias, A. B. (2019). *Morfometria, aporte de sedimentos e fragilidade ambiental na sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral, Cáceres – Mato Grosso*. Dissertação (Apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Geografia para obtenção do Título de Mestre em Geografia). UNEMAT. Cáceres.
- Farias, A. L., Soares, D. N., Freitas, D. F., Arroyo, E. M. V., Kuwajima, J. I., Bronzatto, L. A., Cucio, M. S., & Fechine, V. M. R. (2018). Diálogos sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible y los Desafíos de la Gestión del Agua y del Saneamiento en Brasil. *8º Foro Mundial del Agua em Brasília*. <file:///C:/Users/USER/Downloads/DesenvSustentavel.pdf>
- Ferreira, N. H., Ferreira, C. A. B. V., & Gouveia, I. C. M. C. (2016). Mapa de fragilidade ambiental como auxílio para o planejamento urbano e gestão de recursos hídricos. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*. 12(3), 44-58. DOI: [10.17271/1980082712320161411](https://doi.org/10.17271/1980082712320161411)
- Fushimi, M., & Nunes, J. O. R. (2019). Fragilidade ambiental dos solos à erosão linear em setores de pastagem: estudo de caso em parte dos municípios de Presidente Prudente, Marabá Paulista e Presidente Epitácio, região do extremo Oeste do estado de São Paulo. *Terra Livre*, 1(52), 662-694. <https://1library.org/document/ynlNgw0q-fragilidade-ambiental-municipios-presidente-prudente-paulista-presidente-epitacio.html>
- Gomes, W. M., Medeiros, R. B., & Pinto, A. L. (2015). Análise da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do córrego Moeda, Três Lagoas/MS. *XI Fórum Ambiental da Alta Paulista*, 11(5), 48-63. <https://1library.org/document/zk73o51q-analise-fragilidade-ambiental-bacia-hidrografica-corrego-moeda-lagoas.html>
- Guerra, A. J. T., & Mendonça, J. K. S. (2014). Erosão dos solos e a questão ambiental. In: Vitte, A. C., & Guerra, J. A. T. (Orgs.) *Reflexões sobre a geografia física no Brasil* (p. 225-256). 7ª ed.- Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.

- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2019). *Bases cartográficas contínuas – Brasil*. <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/bases-cartograficas-continuas/15759-brasil.html?=&t=o-que-e>
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE. TOPODATA. (2011). *Banco de dados geomorfológicos do Brasil*. <http://www.dsr.inpe.br/topodata/index.php>
- Jacob, P. R. (1999). *Meio ambiente e sustentabilidade*. Editora: CEPAM.
- Jain S. K., & Goel M. K. (2002). Assessing the vulnerability to soil erosion of the Ukai Dam catchments using remote sensing and GIS. *Hydrological Sciences Journal*. 47(1), 31-40. DOI:10.1080/02626660209492905
- Lepsch, I. F. (2002). *Formação e Conservação dos solos*. Oficina de Textos.
- Luna, S. V. (2000). *Planejamento de pesquisa: uma introdução*. EDUC.
- MapBiomias. (2019). *Cobertura dos solos*. <https://mapbiomas.org/>
- Marconi, M. A., & Lakatos, E. M. (2007). *Fundamentos de metodologia científica*. (6a ed.): Atlas.
- Massa, E. M., & Ross, J. L. S. (2012). Aplicação de um modelo de fragilidade ambiental relevo-solo na Serra da Cantareira, bacia do Córrego do Bispo, São Paulo-SP. *Revista do Departamento de Geografia – USP*, (24), 57-79. <https://doi.org/10.7154/RDG.2012.0024.0004>
- Mato Grosso. (2019). Secretaria de Planejamento – SEPLAN. *Bases cartográficas*. <http://www.seplan.mt.gov.br/-/10951338-bases-cartograficas>
- Melo, N. A. (2007). *Fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do Alto Parnaíba*. Tese (Tese apresentada à Pós-Graduação em Geociências do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco como preenchimento parcial dos requisitos para obtenção do grau de Doutor em Geociências) Recife, PE. <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/6338>
- Neves, B. J. D. (2018). *Dano ambiental transfronteiriço e relativização do conceito de soberania*. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Direito da Universidade Federal de Uberlândia para a obtenção do título de Bacharel em Direito) Uberlândia/MG. <https://library.co/document/y90640jy-dano-ambiental-transfronteirico-relativizacao-do-conceito-de-soberania.html>
- Oliveira, H. C., Vasconcelos, J. O., Lima, S. M., & Souza, J. O. P. (2018). Fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do alto curso do rio Paraíba. *Anais. XII SINAGEO - Simpósio Nacional de Geomorfologia*. <https://www.sinageo.org.br/2018/trabalhos/10/10-514-1751.html>
- Pereira, H. M., Domingos, T., Vicente, L., & Proença, V. (2009). *Ecosistemas e bem-estar humano: Avaliação para Portugal do Millennium Ecosystem Assessment*. Lisboa: Escolar Editora. <https://searchworks-lb.stanford.edu/view/12380147>
- Periçato, A. J., & Souza, M. L. (2019). O estudo da fragilidade potencial e emergente na bacia hidrográfica do rio das Antas, Noroeste do Paraná. *Caderno de Geografia*, 29(59), 1064-1082. <https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2019v29n59p1064>
- Rocha, I. L., Salomão, L. C., Iwata, B. F., Souza, J. A. R., & Moreira, D. A. (2019). Qualidade ambiental das nascentes do Rio Paraim, extremo sul do Piauí. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, 10(3), 385-399. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2019.003.0032>
- Ross J. L. S. (2012). Landforms and environmental planning: Potentialities and Fragilities. *Revista do Departamento de Geografia*, volume especial, 38-51. <https://doi.org/10.7154/RDG.2012.0112.0003>
- Ross, J. L. S., & Moroz, I. C. (2011). Mapa Geomorfológico do estado de São Paulo. *Revista do Departamento de Geografia*, 10, 41-58. <https://doi.org/10.7154/RDG.1996.0010.0004>
- Ross, J. L. S. (1994). Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. *Revista do Departamento de Geografia*, 8, 63-74. DOI:10.7154/RDG.1994.0008.0006
- Santos, C. A. P. (2014). *Dinâmica da paisagem e a fragilidade natural e antrópica da fronteira agrícola no Oeste da Bahia*. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia. <http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/3853>
- Santos, R. D., Santos, H. G., Ker, J. C., Anjos, L. H. C., & Shimizu, S. H. (2015). *Manual de descrição e coleta de solo no campo*. Viçosa: SBCS.
- Silva, G. J. O., Neves, S. M. A. S., Galvanin, E. A. S., & Luz, C. C. S. (2020). Análise da fragilidade ambiental da paisagem da bacia do rio Sepotuba –Mato Grosso, Brasil. *Revista de Geografia*. 10(2), 186-203. file:///C:/Users/USER/Downloads/Analise_Da_Fragilidade_Ambiental_Da_Pais.pdf
- Silveira, C. T., & Oka-Fiori, C. (2007). Análise empírica da fragilidade potencial e emergente da bacia do rio Cubatãozinho, Estado do Paraná. *Caminhos de Geografia*. Uberlândia, 8(22), 1-17. <https://sumarios.org/artigo/an%C3%A1lise-emp%C3%ADrica-da-fragilidade-potencial-e-emergente-da-bacia-do-riocubat%C3%A3ozinho-estado-do>
- Spörl, C., & Ross, J. L. S. (2004). Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. *GEOUSP Espaço e Tempo*, São Paulo, 15, 39-49. [file:///C:/Users/USER/Downloads/123868-Texto%20do%20artigo-233421-1-10-20161208%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/USER/Downloads/123868-Texto%20do%20artigo-233421-1-10-20161208%20(2).pdf)
- Valle, I. C., Francelino, M. R., & Pinheiro, H. S. K. (2016). Mapeamento da fragilidade ambiental na bacia do rio Aldeia Velha, RJ. *Floresta e Ambiente*, 23(2), 295-308. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.107714>
- Verdum, R., Vieira, C. L., & Caneppele, J. C. G. (2016). *Métodos e técnicas para o controle da erosão e conservação do solo*. Porto Alegre: IGEO/UFRGS.
- Villela, F. N. J., Manfredini S., Corrêa, A. J. M., & Carmo, J. B. (2015). Morfopedologia e zoneamento voltado à ocupação. *Revista do Departamento de Geografia – USP*, 30, 179-192. <https://doi.org/10.11606/rdg.v30i0.102857>