



# **AVALIAÇÃO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL APLICADA AO ESTUDO DE EROÇÃO NO ENTORNO DA SERRA DO BAUZINHO ITUIUTABA-MG/CAPINÓPOLIS-MG**

Mateus Vinicius da Costa Belchior <sup>1</sup>  
Leda Correia Pedro Miyazaki <sup>2</sup>

## **RESUMO**

A fragilidade ambiental expressa o grau de susceptibilidade dos ambientes à degradação em função de seus atributos físico-naturais e da forma como são utilizados pelas sociedades. A partir dessa perspectiva, estudos sobre processos erosivos vinculados à análise da fragilidade ambiental constituem instrumentos eficazes de diagnóstico territorial. Este trabalho objetivou compreender a fragilidade ambiental potencial e emergente e sua relação com os processos erosivos do tipo ravina no entorno da Serra do Bauzinho, entre os municípios de Ituiutaba–MG e Capinópolis–MG. Os procedimentos metodológicos envolveram revisão bibliográfica sobre os fundamentos da fragilidade ambiental e da erosão linear, elaboração de mapeamentos de localização e delimitação da área de estudo, reconhecimento de campo com identificação de feições erosivas e coleta de amostras de solo. Foram produzidos mapas temáticos de declividade, tipos de solos, compartimentação geomorfológica, clima e uso e cobertura da terra. Esses mapeamentos foram reclassificados com base nas classes de fragilidade propostas por Ross (1994) e representados por meio da álgebra de mapas no software QGIS 3.28, resultando nas cartas de fragilidade ambiental potencial e emergente. A análise da fragilidade potencial indicou predominância da classe média (45,43 km<sup>2</sup>), presente nas vertentes côncavas e convexas; da classe baixa (36,45 km<sup>2</sup>), associada a topos suave ondulados; da classe alta (20,76 km<sup>2</sup>), presente em vertentes regolíticas; e da classe muito alta (6,85 km<sup>2</sup>), verificada em vertentes litólicas. A fragilidade emergente apresentou predominância da classe alta (51,63 km<sup>2</sup>) nas áreas de pastagem (85,7 km<sup>2</sup>) e da classe muito alta (34,02 km<sup>2</sup>) nas áreas de lavouras temporárias (18,9 km<sup>2</sup>), evidenciando o impacto do uso antrópico sobre o aumento da fragilidade. O trabalho de campo identificou uma ravina ativa com 169 metros de comprimento e largura variando entre 8 e 20 metros, situada em área classificada como de fragilidade emergente média. A caracterização morfológica do perfil revelou horizonte A moderadamente espesso e horizonte B latossólico. A análise granulométrica indicou predominância de areia média e grossa, conferindo baixa coesão ao solo e favorecendo o escoamento superficial concentrado. Conclui-se que a intensificação dos processos erosivos está relacionada à atuação conjunta dos fatores naturais e antrópicos, mesmo em áreas com fragilidade potencial intermediária. O uso de geotecnologias e o diagnóstico ambiental integrado demonstraram ser ferramentas eficazes para subsidiar ações de conservação e manejo em áreas suscetíveis à erosão.

## **INTRODUÇÃO**

---

<sup>1</sup> Mestrando do Curso de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia - UFU, mateusvbelchior@ufu.br;

<sup>2</sup> Professora orientadora: Doutora pelo Curso de Geografia da Universidade Estadual Paulista - UNESP, lecpgeo@ufu.br.



A erosão do solo é um processo natural que tem esculpido o relevo por milênios, desempenhando um papel crucial na formação das paisagens superficiais. Esse fenômeno ocorre por meio da remoção, transporte e deposição de sedimentos derivados da degradação das rochas. Embora se manifeste de forma contínua ao longo do tempo geológico, suas taxas de ocorrência podem ser significativamente ampliadas pela ação antrópica. Bertoni e Lombardi Neto (2018) explicam que a erosão resulta da dinâmica entre forças ativas, como o volume e a intensidade das chuvas, a capacidade do solo de absorver água e a declividade do terreno, e forças passivas, como a presença ou ausência de cobertura vegetal e as características físicas do solo, incluindo sua resistência ao desgaste provocado pela água.

Vários fatores interagem para desencadear os processos erosivos, entre eles o desmatamento descontrolado da vegetação com fins exclusivamente econômicos, voltados para lucros imediatos. O uso e manejo inadequado do solo, sem consideração por sua capacidade de suporte e sem a reposição necessária de nutrientes e matéria orgânica, tornam-no instável frente à dinâmica erosiva. Essa condição de degradação torna o solo exposto e propenso ao agravamento dos impactos ambientais provocados pelo mau uso, como destacam Cunha e Guerra (2002), ao tratarem do avanço da erosão em áreas sem conservação adequada.

De acordo com Casseti (1991), a erosão consiste no deslocamento de solo ou de rochas de uma superfície e pode ocorrer tanto por ação de fenômenos naturais quanto por intervenções humanas. Dentre os agentes naturais, as chuvas são apontadas como os principais indutores do processo, já que ao atingir o solo com grande intensidade, podem provocar deslizamentos, infiltrações e alterações na consistência dos materiais superficiais, contribuindo para o deslocamento e a remoção de massa. O vento e as variações de temperatura também aparecem como agentes relevantes, ao influenciar o desprendimento e a movimentação de partículas, especialmente em solos desprotegidos.

Guerra e Jorge (2013) ressaltam que as atividades humanas desempenham papel significativo na intensificação dos processos erosivos. A retirada da cobertura vegetal compromete a capacidade de infiltração da água no solo, que anteriormente era absorvida pelas raízes das árvores e demais plantas. Com a perda dessa vegetação, a infiltração se torna reduzida, ampliando o escoamento superficial. Essa mudança na dinâmica hídrica



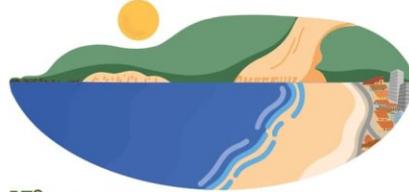
favorece a instabilidade do solo e o avanço dos processos erosivos, evidenciando o impacto direto das ações antrópicas sobre a dinâmica morfodinâmica.

Nesse sentido, integrar o estudo da erosão e suas localizações à metodologia da fragilidade ambiental constitui uma estratégia eficaz para compreender se esses processos se manifestam com maior intensidade em áreas naturalmente mais suscetíveis. A abordagem permite estabelecer relações entre os atributos físico-naturais e a dinâmica erosiva, contribuindo para diagnósticos espaciais mais precisos. Conforme Ross (1994, p. 65), “a análise integrada dos componentes naturais é fundamental para avaliar os diferentes níveis de instabilidade dos ambientes face às intervenções humanas”.

Conforme Ross (1994) e Spörl (2007), a fragilidade ambiental pode ser classificada em dois tipos: a potencial e a emergente. A fragilidade ambiental potencial refere-se a áreas onde não há interferência humana, sendo o desequilíbrio do meio causado apenas por agentes naturais, como o intemperismo físico-químico. Já a fragilidade ambiental emergente está associada aos modelos de uso da terra e exploração dos recursos naturais, resultantes da ação antrópica.

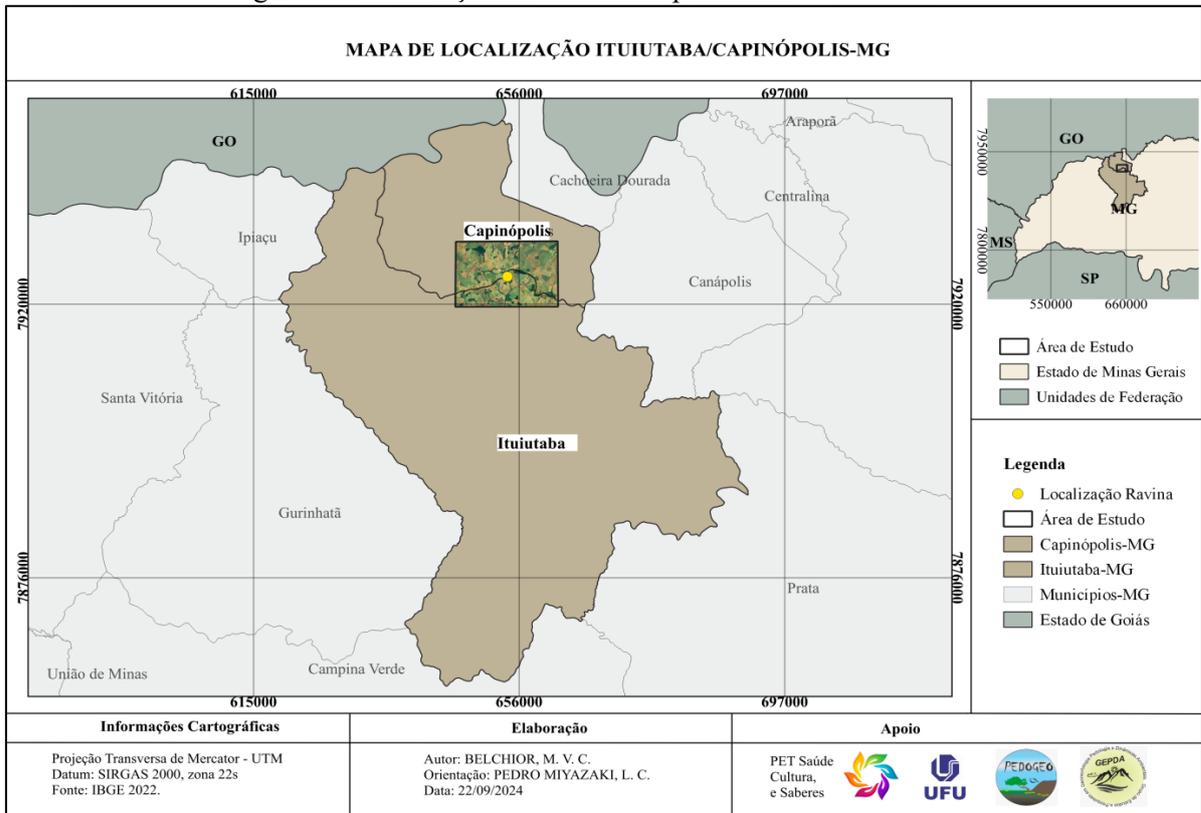
Pedro Miyazaki (2014) considera a fragilidade um conceito bastante empregado nas pesquisas geográficas de caráter geomorfológico, uma vez que avalia o estado de equilíbrio dinâmico dos processos naturais. A fragilidade ambiental refere-se à classificação hierárquica de um território com o intuito de identificar os diferentes graus de fragilidade de um ambiente. Essa organização possibilita reconhecer as áreas mais suscetíveis e com maior risco de degradação. Assim, a fragilidade ambiental pode ser compreendida como a capacidade do ambiente ter seu equilíbrio dinâmico desestabilizado.

Nesse sentido, estudar os processos erosivos a partir da fragilidade ambiental no entorno da Serra do Bauzinho justifica-se tanto pelas evidências de instabilidade superficial observadas na área quanto pela relevância ambiental e cultural desse relevo, a Serra do Bauzinho está localizada entre os limites municipais de Capinópolis-MG e Ituiutaba-MG (figura 1).



## 15º SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA

Figura 1 - Localização limites municipais e área de estudo



Fonte: IBGE 2022. Org. BELCHIOR, M. V. C. 2024

A Serra do Bauzinho é uma formação residual do tipo tabuliforme, que, além de integrar a geodiversidade local, exerce um papel simbólico e espiritual junto à população da região. Segundo Portuguez e Wolf (2020), a relação entre a grandiosidade das paisagens e a religiosidade é um aspecto marcante nos relevos residuais. Essas formações naturais, além de influenciarem nossos pensamentos e condutas, carregam consigo símbolos culturais, como lendas e crenças, que reforçam essa conexão. Muitas vezes, é possível observar essa dualidade entre o imenso e o sagrado na mesma paisagem.

Diante disso, o objetivo desta pesquisa foi compreender a fragilidade ambiental potencial e emergente aplicada ao estudo da erosão linear do tipo ravina, no entorno da Serra do Bauzinho, um relevo residual do tipo tabuliforme localizado entre os limites territoriais dos municípios de Ituiutaba-MG e Capinópolis-MG.

## METODOLOGIA

A metodologia adotada nesta pesquisa foi estruturada em quatro etapas principais: revisão bibliográfica, elaboração de mapeamentos em ambiente SIG, trabalho de campo e análise laboratorial de solos.



A primeira etapa consistiu na revisão teórica sobre os conceitos de fragilidade ambiental e planejamento territorial, com destaque para os estudos de Ross (1994), cuja proposta metodológica baseia-se na concepção de Unidades Ecodinâmicas formulada por Tricart (1977). Essa base teórica orientou a definição dos elementos naturais e antrópicos utilizados na modelagem da fragilidade ambiental e na construção das cartas síntese.

Na segunda etapa, foram elaborados mapeamentos temáticos no software QGIS 3.28, incluindo: mapa de localização, hipsometria, declividade, solos, unidades litoestratigráficas, compartimentos geomorfológicos, clima e uso e cobertura da terra. O mapa hipsométrico, embora não tenha sido utilizado diretamente na álgebra de mapas para o cálculo da fragilidade ambiental, foi essencial para o entendimento da organização altimétrica do relevo, contribuindo para a caracterização geral da área de estudo. Os demais mapas foram reclassificados segundo os critérios de fragilidade propostos por Ross (1994), sendo atribuídos pesos de fragilidade com base nas características físicas e de uso dos elementos mapeados. A integração desses dados, por meio de álgebra de mapas, permitiu a geração das cartas de fragilidade ambiental potencial (baseada em elementos naturais) e emergente (com a inclusão do uso da terra).

A terceira etapa envolveu atividades de campo destinadas à validação dos mapeamentos e à coleta de amostras de solo em pontos estratégicos da área de estudo. Os locais foram definidos com base nos contrastes morfodinâmicos identificados nos mapas de declividade e uso do solo, priorizando áreas com evidências de processos erosivos, sobretudo ravinas.

A quarta etapa correspondeu à análise laboratorial das amostras de solo coletadas. As amostras foram submetidas à análise granulométrica por meio do método da pipeta, conforme os procedimentos descritos pela EMBRAPA (1997). Com base na obra *Formação e Conservação dos Solos* e na classificação proposta pela EMBRAPA (1999), foi possível identificar os horizontes diagnósticos presentes em cada perfil analisado. Por fim, procedeu-se à classificação textural das amostras utilizando o triângulo textural do *United States Department of Agriculture* (USDA), o que permitiu relacionar a textura dos solos à sua susceptibilidade aos processos erosivos.

A integração entre os dados cartográficos, a análise física dos solos e os registros de campo permitiu a delimitação de áreas mais suscetíveis à erosão e a análise da sua correlação com os diferentes graus de fragilidade ambiental, conforme os parâmetros metodológicos estabelecidos.



## REFERENCIAL TEÓRICO

O conceito de fragilidade ambiental é essencial para a análise das dinâmicas territoriais, pois permite compreender como os ambientes reagem às pressões impostas pelos usos e ocupações antrópicas. Fundamenta-se na relação entre as características naturais dos ambientes e sua capacidade de manter o equilíbrio dinâmico frente às transformações decorrentes das atividades humanas. A concepção de fragilidade ambiental emerge de discussões que articulam os processos naturais, os fatores físicos e as intervenções humanas, assumindo relevância nas práticas de planejamento ambiental e gestão do território.

No contexto brasileiro, os estudos de fragilidade ambiental são amplamente baseados na metodologia desenvolvida por Ross (1994), que parte dos fundamentos teóricos da Ecodinâmica, proposta por Tricart (1977). Ross (1994) compreende que “a fragilidade dos ambientes naturais, face às intervenções humanas, é maior ou menor em função de suas características genéticas. A princípio, salvo algumas regiões do planeta, os ambientes naturais mostram-se ou mostravam-se em estado de equilíbrio dinâmico até o momento em que as sociedades humanas passaram progressivamente a intervir cada vez mais intensamente na exploração dos recursos naturais” (ROSS, 1994, p. 63). Essa afirmação deixa evidente que a fragilidade é uma condição resultante tanto das propriedades físicas intrínsecas quanto do grau de pressão antrópica exercida sobre o meio.

Dentro dessa concepção, Ross (1994) também destaca que “o ambiente é analisado sob o prisma da Teoria Geral dos Sistemas, que parte do pressuposto de que na natureza as trocas de energia e matéria se processam através de relações em equilíbrio dinâmico. Esse equilíbrio dinâmico, entretanto, é frequentemente alterado pelas intervenções antrópicas nas diversas componentes da natureza, gerando estados de desequilíbrio temporários ou até permanentes” (ROSS, 1994, p. 65-66). Assim, a fragilidade ambiental é tratada como um indicativo da maior ou menor resistência dos ambientes às perturbações externas.

Para operacionalizar essa análise, Ross (1994) estrutura a fragilidade em duas categorias principais: as Unidades Ecodinâmicas de Instabilidade Potencial, que correspondem aos ambientes naturalmente equilibrados, mas que podem entrar em desequilíbrio quando submetidos a intervenções humanas; e as Unidades Ecodinâmicas de Instabilidade Emergente, que são aquelas já afetadas por processos naturais intensos



ou pelas atividades antrópicas. Essa tipologia, fortemente inspirada no conceito de Unidades Ecodinâmicas proposto por Tricart (1977), permite avaliar a dinâmica dos sistemas ambientais, considerando os processos morfodinâmicos, pedogenéticos, climáticos e hidrológicos.

Além de Ross e Tricart, outros autores colaboram na construção e no aprofundamento do conceito de fragilidade ambiental. Spörl (2001) enfatiza que “a grande contribuição da metodologia baseada em estudos de fragilidade ambiental é servir de subsídio para gestão territorial de maneira planejada e sustentável, evitando problemas de ocupação desordenada” (SPÖRL, 2001, p. 45). A autora reforça que essa abordagem é indispensável para avaliar a aptidão dos ambientes e orientar o uso adequado do solo, especialmente em territórios suscetíveis a processos erosivos e degradação.

Na mesma direção, Ghezzi (2003) define que “a fragilidade ambiental diz respeito à susceptibilidade de dano que o meio ambiente pode sofrer, sendo a poluição também um atributo para a fragilidade. Sendo assim, a fragilidade ambiental refere-se a áreas sensíveis a impactos ambientais, tendo baixa capacidade de recuperação” (GHEZZI, 2003, p. 45). A autora destaca que ambientes considerados frágeis exigem maior cuidado no planejamento, visto que possuem baixa capacidade de regeneração frente aos impactos.

Complementando essa perspectiva, Tamanini (2008) afirma que “a fragilidade ambiental diz respeito ao [...] ambiente que sofre qualquer tipo de dano e está diretamente relacionada com os fatores de desequilíbrio natural (expresso pela própria dinâmica do ambiente ou em situações de elevadas declividades e alta susceptibilidade erosiva dos solos) e antropogênico, como por exemplo, o mau uso do solo e as intervenções em processos naturais” (TAMANINI, 2008, p. 59). Essa definição reforça que a fragilidade ambiental resulta tanto de fatores endógenos do próprio sistema natural quanto das pressões antrópicas.

O entendimento da fragilidade como expressão das limitações do meio natural também é trabalhado por Fushimi (2012; 2016), que define que essa condição resulta da combinação entre características físicas, como tipos de solos, declividades e cobertura vegetal, e a intensidade das intervenções humanas, sendo aplicada diretamente na análise dos processos de erosão linear e outros processos morfodinâmicos.

Pedro Miyazaki (2014) amplia essa discussão ao incorporar uma reflexão sobre a relação da fragilidade ambiental com os processos urbanos. A autora observa que a



fragilidade não deve ser vista apenas como uma condição natural, mas também como uma construção social, resultado das formas como a sociedade se apropria, transforma e utiliza o território. Essa abordagem é essencial para compreender como a dinâmica urbana, especialmente a ocupação do relevo e o uso do solo, contribui para alterar os processos naturais, gerando estados de desequilíbrio.

Por fim, embora Santos e Sobreira (2008) tragam uma discussão sobre a aproximação conceitual entre fragilidade e outros termos, como vulnerabilidade, neste trabalho mantém-se a distinção rigorosa, considerando a fragilidade ambiental como a expressão das condições naturais e da capacidade limitada do ambiente de manter seu equilíbrio frente às intervenções. Assim, a fragilidade não se confunde com aspectos sociais ou econômicos, mas é entendida como a resposta física do meio às pressões ambientais<sup>3</sup>.

Diante disso, o conceito de fragilidade ambiental, amplamente fundamentado nos estudos de Ross (1994) e aprofundado por autores como Ghezzi (2003), Spörl (2001), Tamanini (2008), Fushimi (2012; 2016) e Pedro Miyazaki (2014), consolida-se como uma ferramenta metodológica essencial para o planejamento ambiental e o ordenamento territorial. A compreensão das dinâmicas que condicionam os níveis de fragilidade dos ambientes permite não apenas diagnosticar as limitações naturais e os processos de desequilíbrio, mas também orientar práticas sustentáveis de uso do solo, manejo ambiental e conservação, alinhadas à capacidade de suporte dos sistemas naturais e às exigências do desenvolvimento territorial sustentável.

A integração entre os estudos de fragilidade ambiental e os processos erosivos permite identificar áreas com maior suscetibilidade à degradação do solo, em função das características naturais e das formas de uso e ocupação. Ross (1994) desenvolveu uma metodologia que avalia a fragilidade ambiental com base na análise de variáveis físicas como declividade, tipo de solo, clima, cobertura vegetal e uso da terra, sendo possível quantificar os níveis de instabilidade do meio natural frente às pressões antrópicas.

Spörl (2001) reforça essa abordagem ao propor modelos metodológicos que utilizam a declividade, as classes de solos e a cobertura vegetal como indicadores para a delimitação de áreas frágeis. Essa análise permite associar espacialmente os elementos físicos com a propensão à erosão, favorecendo o planejamento e o uso racional do

---

<sup>3</sup> 1 Pressões ambientais são intervenções antrópicas que rompem o equilíbrio dos sistemas naturais, superando a capacidade de resistência dos ambientes (ROSS, 1994; SANTOS; SOBREIRA, 2008).



território. Ghezzi (2003) também define a fragilidade ambiental como a susceptibilidade ao dano que o meio ambiente pode sofrer, destacando que áreas frágeis possuem baixa capacidade de regeneração e estão diretamente expostas aos impactos erosivos.

Santos e Sobreira (2008) utilizam o conceito de fragilidade em articulação com a vulnerabilidade, associando-o à predisposição natural dos terrenos à erosão. Nesse mesmo sentido, Tamanini (2008) relaciona os fatores de desequilíbrio natural, como a alta declividade e a baixa estabilidade dos solos, à intensificação dos processos erosivos, especialmente quando associados ao uso inadequado da terra.

Wild (1993) identifica como principais causas da erosão o desmatamento, a agricultura em áreas de elevada declividade sem conservação, a compactação do solo por trilhas, a abertura de rodovias sem medidas mitigadoras e a exploração mineral sem recuperação das áreas afetadas. Todos esses fatores contribuem para o agravamento dos processos erosivos em ambientes naturalmente frágeis.

A associação entre as metodologias de fragilidade ambiental e os estudos de erosão é, portanto, um instrumento fundamental para o diagnóstico ambiental e o planejamento territorial. Por meio da espacialização dos fatores físicos e do uso da terra, é possível identificar os ambientes mais suscetíveis à perda de solo e propor estratégias de mitigação baseadas na realidade físico-ambiental das unidades analisadas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

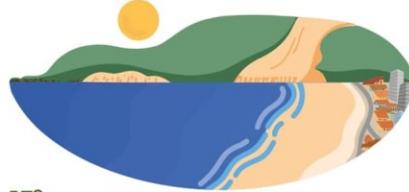
### A FRAGILIDADE AMBIENTAL

A partir da aplicação das geotecnologias e da metodologia proposta por Ross (1994), foi possível compreender os diferentes níveis de fragilidade ambiental potencial e emergente ao entorno da Serra do Bauzinho por meio do cruzamento de mapas temáticos de declividade, solos, compartimentos geomorfológicos e clima.

Na tabela abaixo (tabela 1) é possível compreender as classes de fragilidade para determinados tipos de solo. A partir do mapeamento de solos foi possível determinar a fragilidade, sendo ela “1 – muito baixa”.

Tabela 1 – Classes de fragilidade dos tipos de solos Ross

CLASSES DE FRAGILIDADE	TIPOS DE SOLOS
1 muito baixa	Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho-Escuro ou Vermelho-Amarelo textura argilosa
2 baixa	Latossolo Amarelo e Vermelho-Amarelo
3 média	Latossolo Vermelho-Amarelo, Terra roxa



15º SIMPÓSIO NACIONAL DE  
**GEOMORFOLOGIA**

4 forte	Podzólico Vermelho-Amarelo textura média/arenosa e Cambissolos
5 muito forte	Podzolizados com cascalhos, Litólicos e Areias Quartzosas

Fonte: ROSS (1994). Org. **Org.** BELCHIOR, M. V. C. 2024.

Já a declividade com as classes propostas na metodologia foi possível identificar que o relevo destaca uma predominância de áreas com inclinação muito fraca (tabela 2), que ocupa aproximadamente 92 km<sup>2</sup> do território, seguido por terrenos de inclinação fraca, com cerca de 166 km<sup>2</sup>, indicando que a maior parte da área apresenta baixa inclinação. Em contraste, as áreas de declividade média cobrem aproximadamente 15 km<sup>2</sup>, sinalizando uma transição para inclinações mais acentuadas, embora ainda moderadas. As áreas com declividades mais elevadas, classificadas como fortes (entre 20% e 30%) e muito fortes (acima de 30%), são menores, ocupando apenas frações mínimas do território, em torno de 1 km<sup>2</sup> e 0,4 km<sup>2</sup>, sendo referentes ao relevo residual Serra do Bauzinho.

Tabela 2 – Fragilidade das classes de declividade dos tipos de solos Ross

<b>Classes</b>	<b>%</b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)</b>
Muito Fraca	até 6%	92,40 km <sup>2</sup>
Fraca	de 6 a 12%	166,37 km <sup>2</sup>
Média	de 12 a 20%	15,71 km <sup>2</sup>
Forte	de 20 a 30%	1,13 km <sup>2</sup>
Muito Forte	acima de 30%	0,40 km <sup>2</sup>
Total		165,633 km <sup>2</sup>

Fonte: ROSS (1994). **Org.** BELCHIOR, M. V. C. 2024

O mapa dos compartimentos geomorfológicos também foi reclassificado seguindo os padrões da tabela abaixo (tabela 03)

Tabela 3 – Classes de fragilidade das feições geomorfológicas km<sup>2</sup>

<b>Feição Geomorfológica</b>	<b>Nível de Fragilidade</b>	<b>km<sup>2</sup></b>
Topos	1 - Muito Baixo	47,80 km <sup>2</sup>
Vertentes Convexas	3 - Médio	43,59 km <sup>2</sup>
Topos Tabuliforme Vertentes Retilíneas	4 - Alto	3,51 km <sup>2</sup>
Vertentes Côncavas Vertentes Regolíticas Vertentes Litoestratigráficas	5 - Muito Alto	70,11 km <sup>2</sup>

Org. BELCHIOR, M. V. C. 2024



A análise das classes de fragilidade das feições geomorfológicas na área de estudo revela uma distribuição variada das áreas em relação aos diferentes níveis de fragilidade. Os topos apresentam o menor nível de fragilidade, classificado como "Muito Baixo", com uma área significativa de 47,80 km<sup>2</sup>, indicando estabilidade relativa. As vertentes convexas foram classificadas como de fragilidade "Média", abrangendo 43,59 km<sup>2</sup>, evidenciando uma transição entre áreas mais estáveis e instáveis. Os topos tabuliformes, devido à sua configuração específica, mostram fragilidade "Alta", ocupando uma área de 3,51 km<sup>2</sup>, sendo a menor área registrada na análise. Por outro lado, as vertentes côncavas apresentam o maior nível de fragilidade, classificado como "Muito Alto", com 70,11 km<sup>2</sup>. Para o dompinio dos topos tabuliformes, vertentes regolpíticas e litólicas foram atribuídos o grau de fragilidade “muito alto” devido o grau de declividade ser maior que 30%.

Já o clima foi considerado a média anual para determinação do nível de fragilidade proposta por Ross (1994) tabela abaixo

Tabela 4 – Nível de fragilidade dos comportamentos pluviométricos

<b>Características pluviométricas</b>	<b>Nível de Fragilidade</b>
Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 1000 mm/ ano.	Muito baixo
Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 2000 mm/ ano.	Baixo
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.	Médio
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.	Alto
Situação pluviométrica com distribuição regular ou não, ao longo do ano, com grandes volumes anuais ultrapassando 2500 mm/ano; ou ainda, comportamentos pluviométricos irregulares ao longo do ano, com episódios de alta intensidade e volumes anuais baixos, geralmente abaixo de 900 mm/ano (semi-árido).	Muito alto

Org. BELCHIOR, M. V. C. 2024.

Os elementos climáticos do município de Ituiutaba foram analisados por Mendes e Queiroz (2011) no período de 1987 a 2009, revelando uma média pluviométrica anual

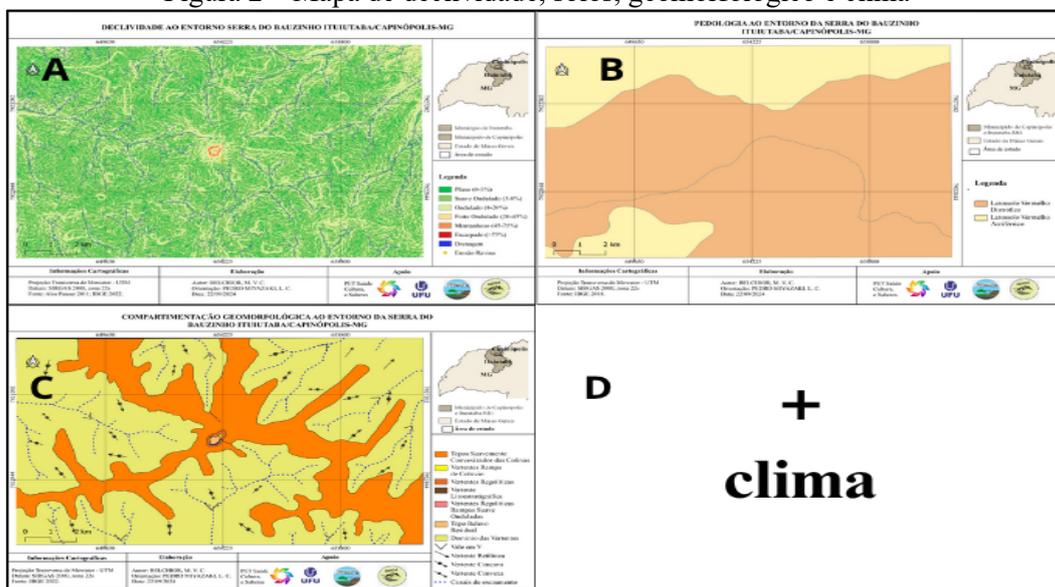


15º SIMPÓSIO NACIONAL DE  
**GEOMORFOLOGIA**

de 1432 mm. Desses, 1222 mm (85%) estão concentrados entre os meses chuvosos do primeiro e último semestres do ano, enquanto os meses de abril a setembro, correspondentes ao período seco, acumulam apenas 210,8 mm (15%) do total anual. Logo atingindo a fragilidade “médio”, conforme a tabela acima.

A síntese da análise foi realizada por meio da álgebra de mapas entre os planos de informação de solos, declividade, feições geomorfológicas e clima (figura 2). O resultado final permitiu a elaboração do Mapa de Fragilidade Ambiental Potencial da área da Serra do Bauzinho.

Figura 2 – Mapa de declividade, solos, geomorfológico e clima



A) mapa de declividade; B) mapa de solos; C) mapa geomorfológico; D) clima

Fonte: IBGE 2022. Org. BELCHIOR, M. V. C. 2025

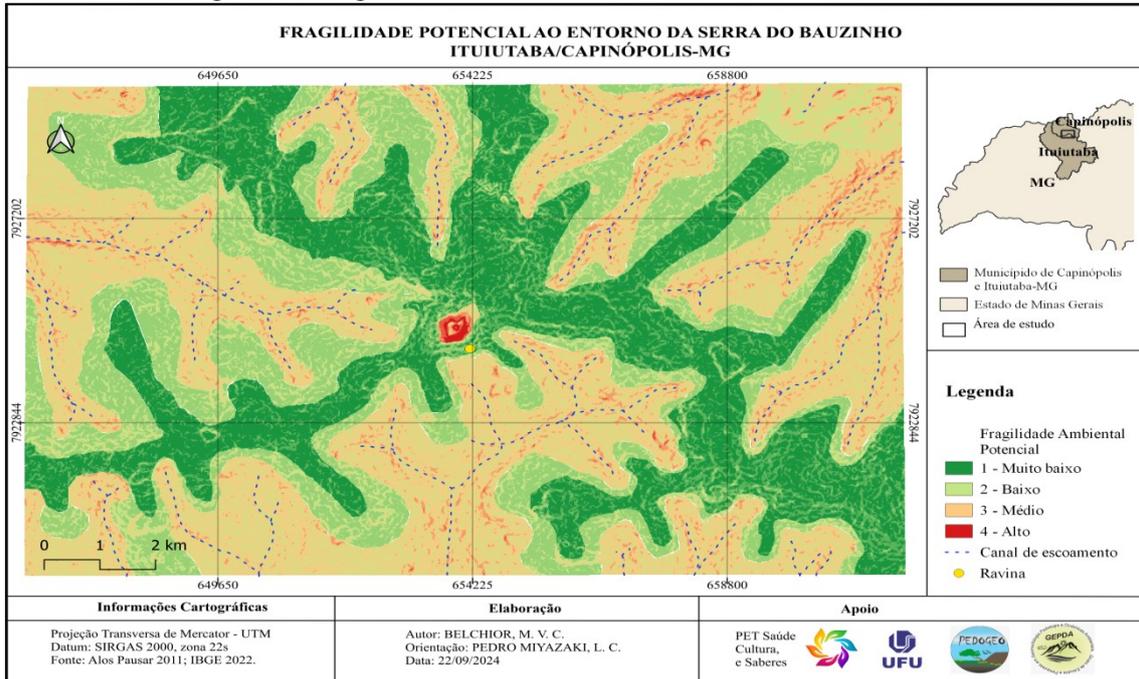
A fragilidade potencial (figura 3) foi obtida a partir da álgebra de mapas entre os Planos de informação referentes ao solo, declividade, compartimentos geomorfológicos, e níveis de compartimentos pluviométricos. Solos + Declividade + Compartimentos Geomorfológicos + Níveis Pluviométricos / 4 = Fragilidade Potencial.

A análise da Fragilidade Potencial permitiu identificar o grau de fragilidade na área de estudo. As vertentes côncavas apresentaram um grau de fragilidade muito alta, assim como as vertentes regolíticas e litólicas, influenciadas pela declividade superior a 30%.



15º SIMPÓSIO NACIONAL DE  
**GEOMORFOLOGIA**

Figura 3 – Fragilidade Potencial ao entorno da Serra do Bauzinho



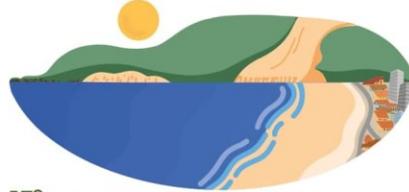
Fonte: Alos Pausar 2011; MapBiomias/Sentinel 2022; IBGE 2022. Org. BELCHIOR, M. V. C. 2024

As áreas de fragilidade muito baixa correspondem, principalmente, aos topos com declividades suaves. As áreas de fragilidade baixa estão associadas às vertentes suaves. Áreas com fragilidade alta e muito alta concentram-se nas vertentes côncavas, litolíticas e regolíticas, que apresentam declividades superiores a 30%, revelando a importância da compartimentação geomorfológica para a interpretação da fragilidade ambiental.

As vertentes retilíneas, declividade de 20% até 30%, e áreas de topos tabuliformes estão caracterizadas como uma fragilidade “alta”, declividades de 6% a 12% possuindo uma baixa fragilidade, e áreas de topo (divisores de água), declividade até 6%, e latossolo vermelho possuindo um grau muito baixo.

As áreas de topo, declividade de até 6%, latossolo Vermelho, apresentam um grau de fragilidade muito baixo. Em seguida, as declividades de 6% a 12% possuem uma fragilidade classificada como baixa. Áreas de topos tabuliformes e vertentes retilíneas, com declividades de 20% a 30%, exibem uma fragilidade alta. Por fim, as vertentes côncavas, assim como as vertentes regolíticas e litólicas com declividades acima de 30%, são caracterizadas por um grau de fragilidade muito alto, evidenciando uma maior fragilidade nessas porções do relevo.

A importância de considerar as vertentes em estudos de fragilidade ambiental é evidente, tornando o mapeamento geomorfológico um recurso essencial para a elaboração

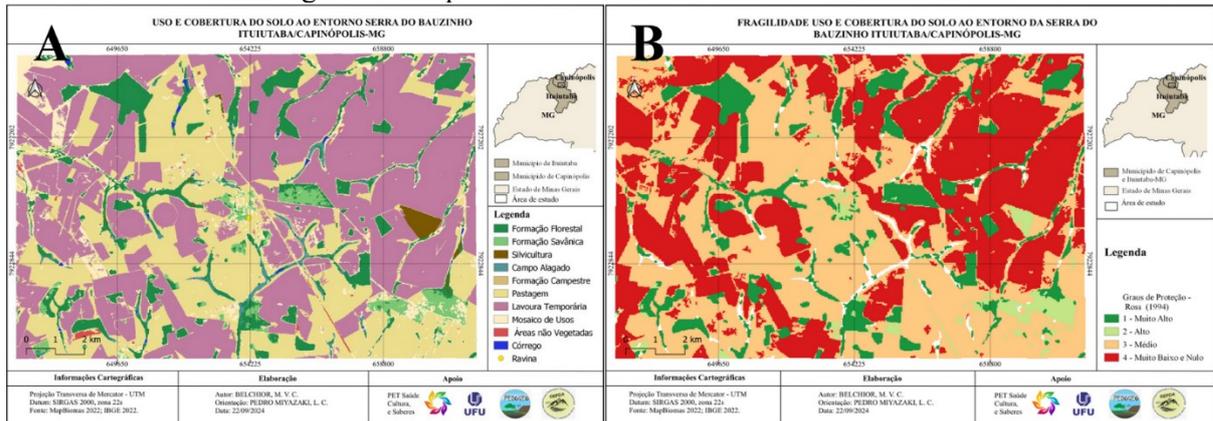


15º SIMPÓSIO NACIONAL DE  
**GEOMORFOLOGIA**

de um Mapa de Fragilidade. Para estudos com maior nível de detalhe, Ross (1994) recomenda o uso de informações sobre as formas de vertentes e classes de declividade.

Para a obtenção da Fragilidade Ambiental Emergente, foi realizado o mapeamento do uso e cobertura da terra (figura 4), cujas classes foram reclassificadas conforme os graus de fragilidade propostos por Ross (1994).

Figura 4 – Mapeamento de uso e cobertura do solo



A) mapa de uso e cobertura do solo MapBiomass; B) mapa uso e cobertura do solo reclassificado  
Fonte: BELCHIOR, M. V. C. 2025

A partir dos graus de proteção estabelecidos por Ross (1994) representados na (tabela 5), foi possível gerar o mapa de fragilidade do uso e cobertura do solo.

Tabela 5 – Graus de proteção por cobertura vegetal

GRAUS DE PROTEÇÃO	TIPOS DE COBERTURA VEGETAL
1	Florestas/Matas naturais, Florestas cultivadas com biodiversidade
2	Formações arbustivas naturais com estrato herbáceo denso, formações arbustivas densas (mata secundária Cerrado Denso, Capoeira Densa). Mata Homogênea de Pinus densa, Pastagens cultivadas com baixo pisoteio de gado, cultivo de ciclo longo como o cacau
3	Cultivo de ciclo longo em curvas de nível/terraceamento como café, laranja com forrageiras entre ruas, pastagens com baixo pisoteio, silvicultura de eucaliptos com sub-bosque de nativas.
4	Culturas de ciclo longo de baixa densidade (café, pimenta do reino, laranja com solo exposto entre ruas) culturas de ciclo curto arroz, trigo, feijão, soja, milho, algodão com cultivo em curvas de nível/terraceamento).
5	Áreas desmatadas e queimadas re-centemente, solo exposto por arado/gradeação, solo exposto ao longo de caminhos e estradas, terraplenagens, culturas de ciclo curto sem práticas conservacionistas.

Fonte: ROSS (1994). Org. BELCHIOR, M. V. C. 2024

Segundo Sporn (2001), as áreas cobertas por mata apresentam alta proteção contra o impacto das chuvas, enquanto as de reflorestamento oferecem proteção elevada, mas ligeiramente inferior. Ambas mantêm os solos em equilíbrio, sendo classificadas



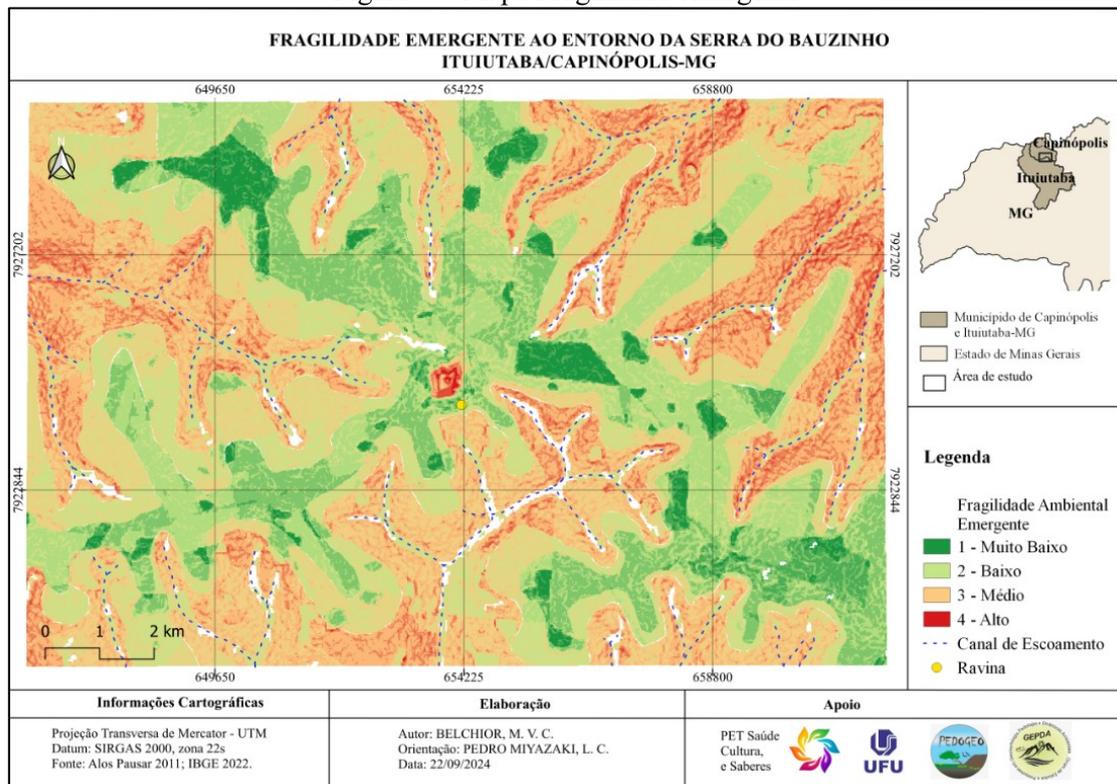
## 15º SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA

como de fragilidade potencial devido à possibilidade de intervenções humanas. Em contrapartida, pastagens proporcionam proteção moderada, enquanto culturas de ciclo curto, cana-de-açúcar e café oferecem baixa proteção, resultando em fragilidade emergente, já que esses usos da terra tendem a desestabilizar o equilíbrio dinâmico dos solos.

Em seguida, esse dado foi integrado aos demais planos de informação por meio da álgebra de mapas, considerando os seguintes fatores: solos, declividade, compartimentos geomorfológicos, níveis pluviométricos e uso e cobertura da terra. A equação aplicada foi:  $(\text{Solos} + \text{Declividade} + \text{Compartimentos Geomorfológicos} + \text{Níveis Pluviométricos} + \text{Uso e Cobertura do Solo}) \div 5 = \text{Fragilidade Ambiental Emergente}$  (figura 5).

A partir dos dados cartográficos gerados pelas análises de fragilidade potencial e emergente, identificaram-se áreas com distintos níveis de suscetibilidade à degradação ambiental. Com base nessas informações, foram direcionadas as etapas de campo para reconhecimento de feições erosivas ativas, sendo escolhida uma ravina como área piloto para análise detalhada, apresentada a seguir.

Figura 5 – Mapa Fragilidade emergente



Fonte: Alos Pausar 2011; MapBiomias/Sentinel 2022; IBGE 2022. Org. BELCHIOR, M. V. C. 2024



Na área de estudo, os graus de proteção definidos por Ross (1994) revelam diferentes níveis de uso e conservação. No grau baixo de proteção, correspondente ao nível 4, as culturas de ciclo longo de baixa densidade, caracterizadas como lavouras temporárias, ocupam cerca de 73,40 km<sup>2</sup>, representando aproximadamente 45,07% da área total, indicando um uso intensivo, porém de menor conservação ambiental. Já o grau de proteção médio, classificado como nível 3, é representado pelo cultivo de ciclo longo em curvas de nível, configurando áreas de pastagem que abrangem cerca de 66,43 km<sup>2</sup>, o que corresponde a aproximadamente 40,80% da área total. Esses graus refletem o equilíbrio entre as áreas de produção e os níveis de proteção ambiental na região, evidenciando uma diversidade de práticas agrícolas e de conservação. O quadro abaixo evidencia a relação fragilidade potencial e emergente.

Quadro 1 - Graus de fragilidade atribuídos para cada componente das variáveis consideradas.

Elementos das forma de relevo	Classes de Declividades (%)	Tipos de Solo	Precipitação	Classes de Uso e Cobertura da Terra	Nível de fragilidade
Topos	até 6%	Latosolo-vermelho		Formação Florestal	Muito Baixo
-	De 6% a 12%	-	-	Formação savânica	Baixo
Vertentes Convexas	De 12% a 20%	-	Média anual 1432 mm	Pastagem	Médio
Vertentes Retilíneas Topos tabuliforme	De 20% a 30%	-	-	Lavouras temporárias	Alto
Vertentes Côncavas Vertentes Regolíticas Vertentes Litoestratigráficas	Acima de 30%	-	-	-	Muito Alto

Org. BELCHIOR, M. V. C. 2024

A partir da representação da fragilidade emergente e do quadro acima, foi possível identificar que as áreas com maior fragilidade ambiental incluem os topos tabuliformes, vertentes regolíticas, vertentes litólicas e vertentes côncavas, associadas às lavouras temporárias. As áreas com fragilidade média estão principalmente associadas às áreas de pastagem, vertentes convexas, e declividades entre 12% e 20%. Já as formações savânicas, que correspondem a formações arbustivas naturais em conjunto com



declividades de 6% a 12%, apresentam uma baixa fragilidade ambiental. Por fim, as áreas de formação florestal, combinadas com Latossolos Vermelhos, declividades de até 6% e topos de colinas suavemente ondulados, demonstram um nível de fragilidade muito baixo.

É importante destacar que o mapeamento geomorfológico desempenhou um papel fundamental no direcionamento e na integração dos dados, pois foi através da análise das classes de fragilidade das vertentes que se conseguiu alcançar um maior nível de detalhamento na pesquisa.

Apesar de a feição erosiva analisada não estar localizada em uma área de fragilidade ambiental emergente classificada como alta, a presença da ravina demarcada no mapeamento indica que mesmo áreas com fragilidade média podem apresentar manifestações significativas de degradação superficial. Guerra e Jorge (2013) destacam que os problemas relacionados à erosão dos solos se intensificam quando o uso inadequado da terra ultrapassa os limites de resiliência do ambiente, mesmo em condições naturais não extremas. A erosão observada, do tipo linear e classificada como ravina, reforça a necessidade de considerar o uso e cobertura do solo como um fator determinante na dinâmica dos processos erosivos. A espacialização integrada da fragilidade ambiental permite evidenciar que tais processos não ocorrem exclusivamente em áreas de maior fragilidade, mas também em locais onde a pressão antrópica não é acompanhada de práticas conservacionistas adequadas. A seguir, são apresentados os estudos específicos realizados na área afetada.

Embora a feição erosiva identificada esteja localizada em uma área classificada como de fragilidade ambiental média, a presença de uma ravina ativa demonstra que os processos erosivos não se restringem às zonas de maior fragilidade potencial. Isso reforça a importância de considerar o uso e manejo da terra como elementos determinantes para a ativação e intensificação da erosão, sobretudo quando não acompanhados de práticas conservacionistas. A seguir, apresenta-se o estudo de caso da ravina localizada no entorno da Serra do Bauzinho.

#### ESTUDO DA EROSIÃO

O processo de apropriação e ocupação do solo no município de Ituiutaba resultou na redução da vegetação a pequenos remanescentes preservados. Segundo Costa e Martins (2011), aproximadamente 49,89% da área total do município é utilizada para pastagem, 25,49% ainda mantém vegetação natural e 23,57% é destinada à agricultura, sendo esta última predominantemente caracterizada pela cultura da cana-de-açúcar.



## 15º SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA

Na área de estudo erosão, a vegetação remanescente do Cerrado foi substituída por pastagem para subsidiar o pastoreio do gado (figura 6).

Figura 6 – Vegetação área de estudo



A) área de pastagem e relevo residual; B área de pastagem  
Fonte: BELCHIOR, M. V. C. (2024).

A partir do trabalho de campo observou-se o predomínio de pastagem em áreas com relevo suavemente ondulado, resultado do desmatamento da vegetação nativa do Cerrado. A ausência de cobertura vegetal adequada favorece o escoamento superficial, contribuindo para a intensificação dos processos erosivos na área, especialmente a formação de ravinas.

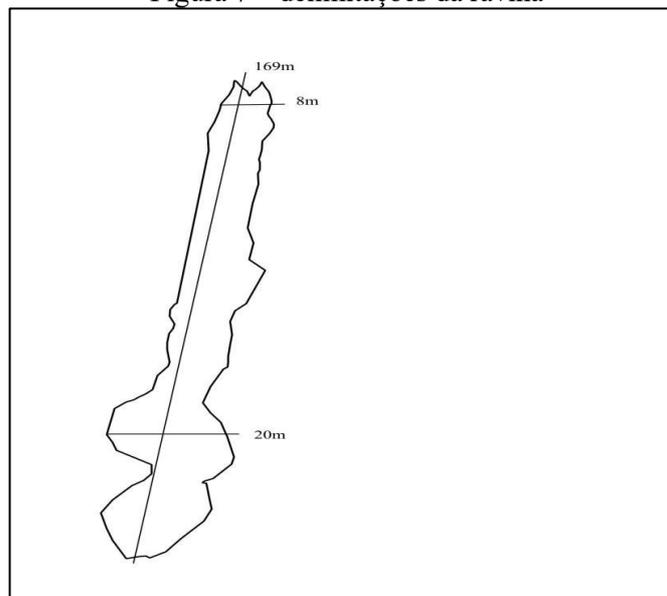
Com o intuito de compreender melhor as características das erosões existentes na área de estudo, foi escolhida uma erosão representativa como área piloto. A localização da erosão na área de estudo está nas coordenadas -18.76654, -49.53740 dentro das delimitações do município de Ituiutaba-Mg, localizado na Região Geográfica Intermediária do Triângulo Mineiro e Alta Paranaíba.

A ravina em questão possui 169m de comprimento e compreende uma largura variando de 8 a 20 metros (figura 7). Em sua cabeceira foi identificada o início de uma bifurcação, Bryan (1990) identifica esse processo como o quinto estágio de uma ravina, o autor também ressalta que as ravinas estão associadas a uma crescente capacidade de transporte de sedimentos, à medida que se desenvolvem.



15º SIMPÓSIO NACIONAL DE  
**GEOMORFOLOGIA**

Figura 7 – delimitações da ravina



Fonte: BELCHIOR, M. V. C. (2024)

Nas áreas mais largas da erosão foi possível identificar muitas pegadas de gado (figura 8), sendo assim, um indicativo de que a ramificação da ravina na área foi influenciada pela dinâmica do pisoteio desses animais de grande porte.

Figura 8 – Pisoteio do gado



A) Centro da ravina; B) pisoteio do gado na erosão Fonte: BELCHIOR, M. V. C. (2024).

O pisoteio do gado pode acarretar em compactação do solo e aceleração de processos erosivos. Segundo Karmann (2001), o pisoteio de animais resultam na diminuição de infiltração da água no solo, aumenta o escoamento superficial, ocasionando em processos erosivos e assoreamentos dos cursos d'água.

O clima da região também pode favorecer esse processo, segundo Alves (2023), as condições climáticas do município favorecem a ocorrência de processos erosivos, especialmente durante os meses chuvosos, devido à maior desagregação e à diminuição



## 15º SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA

da coesão aparente do solo. Nessas circunstâncias, áreas desmatadas tendem a sofrer impactos mais intensos durante os períodos de chuva.

### ANÁLISE MORFOLÓGICA

O total observado dos horizontes alcançou uma profundidade de 1,5 metros (figura 9). O H1 varia entre 8 e 20 cm, H2 entre 8 e 13,5 cm, H3 de 21 a 34 cm, H4 de 30 a 67 cm, e H5 apresenta uma espessura de 15,5 cm.

Figura 9 – Perfil na borda da ravina



A) Delimitação de horizontes; B) Enxada como escala

Fonte: BELCHIOR, M. V. C. (2024).

As transições entre os horizontes são predominantemente difusas, exceto para o H4, que apresenta uma transição gradual.

Utilizando a carta de Munsell (figura 10), as cores dos horizontes foram definidas variando de vermelhos escuros a médios. O H1 apresentou uma tonalidade 10R 3/2, o H2 e H3 mostraram uma coloração 10R 3/3, e os horizontes H4 e H5 foram classificados como 10R 3/4.

Figura 10 – Perfil na borda da ravina



A) Utilização da carta de Munsell; B) Comparação de cores; C) horizontes iniciais; D) horizontes finais

Fonte: BELCHIOR, M. V. C. 2024



Em campo todos os horizontes são classificados com textura arenosa, posteriormente nas análises granulométricas sua textura será definida a partir do triângulo textural. Quanto a plasticidade os horizontes H1, H2 e H3 são não plásticos, enquanto os horizontes H4 e H5 apresentam ligeira plasticidade.

#### ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS E TEXTURAIS

Com base nos dados granulométricos e do livro "Formação e Conservação dos Solos" e a classificação da EMBRAPA (1999), foi possível fazer a seguinte correlação, os horizontes Ap1 e Ap2 são classificados como antrópicos, indicando uma camada superficial do solo que foi formada ou alterada pela atividade humana. O horizonte Ap1 contém 18,67% de argila, 77,37% de areia e 3,96% de silte, enquanto o Ap2 possui 20,67% de argila, 79,08% de areia e uma fração muito menor de silte, com 0,25%. Estes horizontes revelam uma textura arenosa, com um conteúdo moderado de argila e um baixo conteúdo de silte.

Os horizontes Bw1, Bw2 e Bw3 correspondem ao B Latossólico, característicos de solos intemperizados com baixa concentração de argila em profundidade. O Bw1 apresenta 18% de argila, 79,39% de areia e 3,61% de silte, enquanto o Bw2 tem 19,33% de argila, 75,55% de areia e 5,12% de silte. Já o Bw3 com menos argila de 14,67%, maior presença de areia de 73,36% e o maior teor de silte dentre os horizontes, com 11,97%.

Organizando esses resultados de acordo com o sistema proposto pelo United States Department of Agriculture (USDA), as classificações texturais indicaram que os horizontes Ap1, Bw1, Bw2 e Bw3 foram categorizados como franco arenoso, enquanto o Ap2 foi classificado como franco argiloso arenoso. Esta variação sugere diferenças na capacidade de retenção de água, o que pode acarretar em solos com maior susceptibilidade erosiva.

A partir do Manual de Métodos de Análise de Solo publicado pela própria Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e sobre os horizontes do solo (Ap1, Ap2, Bw1, Bw2 e Bw3) é possível ter um indicativo de qual tipo de solo está presente na área.

A predominância de areia em todos os horizontes, com baixos teores de silte e argila, sugere uma textura arenosa e uma estrutura de drenagem eficiente. O horizonte antrópico (Ap1 e Ap2) indica modificação superficial pelo uso humano, o que é comum em Latossolos em uso de pastagem.

Além disso, a presença de um horizonte B latossólico (Bw1, Bw2 e Bw3) com



ausência de acúmulo de argila e uma estrutura muito intemperizada, reforça a indicação de um Latossolo. A descrição de cores usando a carta de Munsell também é compatível com Latossolos.

Os Latossolos Vermelhos, de acordo com a EMBRAPA (2019), são solos bem desenvolvidos, apresentando grandes profundidades e alto teor de porosidade, chegando a possuir valores entre 50-60%. As características desse tipo de solo favorece a infiltração da água que contribui para uma boa drenagem. Entretanto, devido à ocupação inadequada, que resulta em uma maior concentração do escoamento superficial da água da chuva em determinados pontos, esses solos tornam-se suscetíveis ao ravinamento na área de estudo, principalmente nos sopés dos relevos residuais. Com o passar do tempo, o processo pode ser intensificado e conseqüentemente ocorrer o aumento da ravina, que pode levar ao desenvolvimento de voçorocas de grande porte Arraes, Bueno, e Pissara (2010).

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A pesquisa demonstrou que os processos erosivos podem ocorrer mesmo em áreas classificadas com fragilidade ambiental intermediária, especialmente quando há interferência direta nas condições naturais do solo e do relevo. A presença da ravina mapeada evidencia que o uso e a cobertura da terra exercem influência direta na ativação de processos morfodinâmicos, o que reforça a importância de integrar variáveis físicas e antrópicas na análise da fragilidade.

Os mapeamentos realizados permitiram identificar com clareza os padrões espaciais da fragilidade ambiental emergente, possibilitando a distinção de áreas mais suscetíveis à instabilidade. O mapa geomorfológico foi essencial para a delimitação precisa das vertentes e feições de relevo, contribuindo para o entendimento das formas associadas às manifestações erosivas. Em escala local, a metodologia adotada mostrou eficiência na leitura das relações entre forma do terreno, uso do solo e intensidade dos processos de degradação.

A análise laboratorial do solo complementou os dados obtidos em campo e permitiu qualificar o diagnóstico das áreas afetadas, destacando a textura e a estrutura dos perfis como elementos determinantes na resposta às intervenções humanas. A integração entre os diferentes planos de informação resultou em uma representação espacial consistente da fragilidade ambiental, com potencial de aplicação em estudos de planejamento e recuperação de áreas degradadas.



**Palavras-chave:** Fragilidade ambiental, erosão linear, ravina, uso do solo, Serra do Bauzinho.

## REFERÊNCIAS

ALVES, T. D. *Análise dos aspectos fisiográficos da bacia hidrográfica do córrego São José, município de Ituiutaba/MG*. 2023. 130 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Ituiutaba, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/38780>. Acesso em: 20 ago. 2024.

ARRAES, L. C.; BUENO, C. R. P.; PISSARRA, T. C. T. Estimativa da erodibilidade do solo para fins conservacionistas na microbacia do Córrego do Tijuco, SP. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 26, n. 6, p. 849–857, 2010.

BRYAN, R. B. Knickpoint evolution in rillwash. *Catena Supplement*, v. 17, p. 111–132, 1990.

CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. de M. *Sensoriamento remoto: princípios e aplicações*. Brasília, DF: EMBRAPA, 2006.

CHUVIECO, E. *Fundamentos de teledetección espacial*. 3. ed. Madrid: Ediciones RIALP, 2006.

COSTA, R. A.; MARTINS, F. P. Impactos e riscos ambientais urbanos em Ituiutaba-MG. In: PORTUGUEZ, A. P.; MOURA, G. G.; COSTA, R. A. (Org.). *Geografia do Brasil Central: enfoque teórico e particularidades regionais*. Uberlândia: Assis, 2011. p. 355–378.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. *Manual de métodos de análise do solo*. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Agência de Informação Embrapa: Bioma Cerrado – Latossolos*. 2019. Disponível em: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01\\_96\\_10112005101956.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_96_10112005101956.html). Acesso em: 20 ago. 2024.

FUSHIMI, M. R. L. *Fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do córrego Rico, município de Batatais/SP*. 2012. 176 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/96542>. Acesso em: 10 jun. 2025.

GHEZZI, A. O. *Avaliação e mapeamento da fragilidade ambiental da bacia do Rio do Xaxim, Baía de Antonina-PR, com o auxílio de geoprocessamento*. 2003. 149 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/1423>. Acesso em: 10 jun. 2025.

GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. Degradação dos solos e os impactos ambientais. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). *Geografia física*. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013. p. 459–480.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Base cartográfica contínua do Brasil, escala 1:250.000*. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>. Acesso em: 10 jun. 2025.



15º SIMPÓSIO NACIONAL DE  
**GEOMORFOLOGIA**

JAXA – JAPAN AEROSPACE EXPLORATION AGENCY. *Advanced Land Observing Satellite – ALOS PALSAR: mosaic 25m, South America*. 2011. Disponível em: [https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/palsar\\_fnf/fnf\\_index.htm](https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/palsar_fnf/fnf_index.htm). Acesso em: 10 jun. 2025.

MAPBIOMAS. *Coleção 7 da Série Anual de Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil, 1985–2022*. Projeto MapBiomass. 2022. Disponível em: <https://mapbiomas.org/>. Acesso em: 10 jun. 2025.

PEDRO MIYAZAKI, L. C. *Dinâmicas de apropriação e ocupação em diferentes formas de relevo: análise dos impactos e da fragilidade ambiental nas cidades de Presidente Prudente/SP e Marília/SP*. 2014. 302 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/124448>. Acesso em: 10 jun. 2025.

PORTUGUEZ, A. P.; WOLF, M. I. Serra do Corpo-Seco, Ituiutaba-MG: o lugar, a assombração e o mito popular a partir da geografia das representações. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 6, n. 1, p. 1421–1475, jan. 2020. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/6020/5359>. Acesso em: 20 set. 2024.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. *Revista do Departamento de Geografia*, São Paulo, v. 8, p. 63–74, 1994. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47327>. Acesso em: 10 jun. 2025.

SANTOS, A. D.; SOBREIRA, F. G. Uso do sensoriamento remoto e SIG na avaliação da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Meio – Alagoas. *Revista Geonorte*, v. 2, n. 3, p. 64–76, 2008. Disponível em: <https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/244>. Acesso em: 10 jun. 2025.

SILVA, R. A.; SOUZA, D. C.; OLIVEIRA, L. R. Análise da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Potengi – RN. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 1, n. 2, p. 44–56, 2008. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/234682>. Acesso em: 25 abr. 2025.

SPÖRL, C. *Análise ambiental e mapeamento da fragilidade da bacia hidrográfica do Rio Campo Novo, Paraná*. 2001. 141 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/1478>. Acesso em: 10 jun. 2025.

TAMANINI, M. S. A. *Diagnóstico físico-ambiental para determinação da fragilidade potencial e emergente da bacia do baixo curso do Rio Passaúna em Araucária – PR*. 2008. 105 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/15140>. Acesso em: 10 jun. 2025.

TRICART, J. *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv8229.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2025.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. *Soil taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys*. 2. ed. Washington, D.C.: Natural Resources Conservation Service, 1999. 869 p.

WILD, A. *Soils and the environment: an introduction*. Cambridge: Cambridge University Press, 1993.