

SÉRIES TEMPORAIS APLICADAS ÀS DINÂMICAS DE FRAGILIDADE AMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE BRAZÓPOLIS-MG**TIME SERIES APPLIED TO ENVIRONMENTAL FRAGILITY DYNAMICS IN THE MUNICIPALITY OF BRAZÓPOLIS-MG****SÉRIES CHRONOLOGIQUES APPLIQUÉES À LA DYNAMIQUE DE LA FRAGILITÉ ENVIRONNEMENTALE DANS LA MUNICIPALITÉ DE BRAZÓPOLIS-MG****Matheus Vizoto de Lima Faria**¹**Rodrigo José Pisani**²

Resumo: A presente pesquisa teve como objetivo compreender as transformações ocorridas na fragilidade ambiental, associadas às ações antrópicas presentes no município de Brazópolis-MG, empregando o conceito das séries temporais para a observação de tais mudanças ocorridas no meio físico. A pesquisa se baseou na compreensão da fragilidade conforme a condução e os modos de operação na relação homem e meio na área de estudo, com análise de séries temporais do período de 1985 a 2021, visando traçar seus efeitos e elaborar um documento auxiliar de utilidade pública para o planejamento e monitoramento ambiental. O estudo foi desenvolvido partindo da caracterização da área e delineando um conjunto de elementos ambientais e que, juntamente com as ações antrópicas, fosse possível interpretar a fragilidade em cada temporalidade, compreendendo as áreas da cobertura terrestre que apresentam maiores potenciais a riscos ambientais, associadas aos usos da terra empregados à área do município a partir da abordagem de Ross (1994). Entre os principais resultados, destaca-se a visualização do aumento das concentrações de áreas mais fragilizadas, justamente em locais que apresentam redução na cobertura vegetal natural, aumento nas produções agrícolas e intensificação da interferência antrópica sobre o meio. Destaca-se a importância das geotecnologias para o monitoramento e do entendimento dos movimentos das classes de fragilidade para as perspectivas futuras para o ordenamento das questões ambientais, sociais, políticas e econômicas.

Palavras-chave: Uso da Terra; Geoprocessamento; Geossistemas.

Abstract: The present research aimed to understand the transformations occurring in environmental fragility, associated with human actions present in the municipality of Brazópolis-MG, using the concept of time series to observe such changes occurring in the physical environment. The research was based on the understanding of fragility according to the conduct and modes of operation in the relationship between man and the environment in the study area, with an analysis of time series from 1985 to 2021, aiming to trace its effects and prepare an auxiliary document of public utility for environmental planning and monitoring. The study was developed based on the characterization of the

¹ Graduado em Geografia, bacharelado, pela Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL). Email: matheus.vizoto@sou.unifal-mg.edu.br. Orcid iD: <https://orcid.org/0009-0008-9150-5851>.

² Doutor em Geociências e Meio Ambiente pelo IGCE/UNESP. Professor Adjunto C4 do curso de Geografia Bacharelado na Unifal-MG. Email: rodrigo.pisani@unifal-mg.edu.br. Orcid iD: <https://orcid.org/0000-0002-4547-917X>.

area and outlining a set of environmental elements that, together with human actions, made it possible to interpret the fragility in each temporality, comprising the areas of land cover that present greater potential for environmental risks, associated with the uses of land employed in the municipal area based on the approach of Ross (1994). Among the main results, the visualization of the increase in concentrations of more fragile areas stands out, precisely in places that present a reduction in natural vegetation cover, an increase in agricultural production and an intensification of anthropogenic interference in the environment. The importance of geotechnologies for monitoring and understanding the movements of fragility classes for future perspectives for the ordering of environmental, social, political and economic issues is highlighted.

Keywords: Land Use; Geoprocessing; Geosystems.

Résumé: La présente recherche visait à comprendre les transformations se produisant dans la fragilité environnementale, associées aux actions humaines présentes dans la municipalité de Brazópolis-MG, en utilisant le concept de séries chronologiques pour observer ces changements se produisant dans l'environnement physique. La recherche s'est basée sur la compréhension de la fragilité selon les conduites et les modes de fonctionnement dans la relation entre l'homme et l'environnement dans la zone d'étude, avec l'analyse de séries chronologiques de 1985 à 2021, visant à retracer ses effets et à préparer un document auxiliaire de service public pour la planification et la surveillance de l'environnement. L'étude a été développée sur la base de la caractérisation de la zone et en décrivant un ensemble d'éléments environnementaux qui, associés aux actions humaines, ont permis d'interpréter la fragilité dans chaque temporalité, comprenant les zones d'occupation du sol qui présentent le plus grand potentiel de risques environnementaux, associés aux utilisations des terres utilisées dans la zone municipale selon l'approche de Ross (1994). Parmi les principaux résultats, on distingue la visualisation de l'augmentation des concentrations de zones plus fragiles, précisément dans les endroits qui présentent une réduction de la couverture végétale naturelle, une augmentation de la production agricole et une intensification des interférences anthropiques sur l'environnement. L'importance des géotechnologies pour suivre et comprendre les mouvements des classes de fragilité pour les perspectives futures d'ordonnancement des enjeux environnementaux, sociaux, politiques et économiques est soulignée.

Mots-clés: L'utilisation des Terres; Géotraitement; Géosystèmes.

Introdução

As modificações dadas pela ação humana sobre a superfície terrestre são de tamanha proporção que atualmente são as maiores influenciadoras das alterações dos fatores ambientais, já que são capazes de alterar as funcionalidades do solo, a cobertura da terra, o clima, as configurações da fauna e flora e, até mesmo, as formas da paisagem em sua representação material e imaterial.

Partindo desse cenário, compreende-se que o meio ambiente é formado por sistemas que modificam e condicionam os elementos espaciais físicos às ações sociais e

econômicas. Dessa forma, não há como trabalhar o ponto de vista ambiental e o estudo do meio físico sem compreender os fenômenos dos impactos antropogênicos (Christofolletti, 1999).

Por isso, os efeitos e transformações no meio físico através das ações antrópicas se caracterizam como um geossistema, tendo em vista o conjunto apresentado na relação direta entre o físico e o humano. Os geossistemas são sistemas que admitem uma conexão da organização espacial na interação dos elementos naturais, físicos e biológicos, com a estrutura influenciada pela economia e pelo social, relação dada também pelo conceito de paisagem (Sotchava, 1977).

A paisagem, como um conceito do espaço geográfico, se caracteriza a partir de toda realização material e imaterial perceptível ao ser humano. Ao entender o material como caracterizado pelas formas e por tudo que é visível e inerente ao espaço, e os aspectos imateriais como a sensação, simbolismo e a identificação. Contudo, a paisagem é dada a partir da compreensão da organização e da evolução espacial e que, conforme Santos (1985), só se torna possível mediante acurada interpretação do processo dialético entre formas, estrutura e funções como processo cumulativo do tempo.

A análise espaço temporal de uma área busca determinar as alterações dentro das dinâmicas de fragilidade, já que apresentam informações sobre as diferenciações entre o que já foi e o que está sendo feito na área, as condições naturais do meio físico e as alterações dadas pelas ações antrópicas. O que possibilita, então, pensar em cenários para o futuro das situações apresentadas pelas características ambientais da área de estudo, no sentido de compor quais lugares necessitam de atenção e como poderá ser feita a utilização dos recursos conforme a visualização de seus efeitos.

No entendimento do estudo da fragilidade ambiental, há a associação dos tipos de usos da terra com os fatores ambientais. A fragilidade dos ambientes apresenta diferenças face à intensidade das intervenções humanas, conforme a potencialidade das características genéticas (Ross, 1994). Com uma proposta que categoriza a fragilidade em dois ramos: potencial e emergente, classificando-as em níveis hierárquicos variantes entre muito baixa, baixa, média, alta e muito alta. A fragilidade potencial seria a relacionada com a composição natural do meio ambiente. Já a fragilidade emergente compreende a relação da composição natural (fragilidade potencial) juntamente à apropriação do meio pelo homem, dada pelo uso e cobertura da terra.

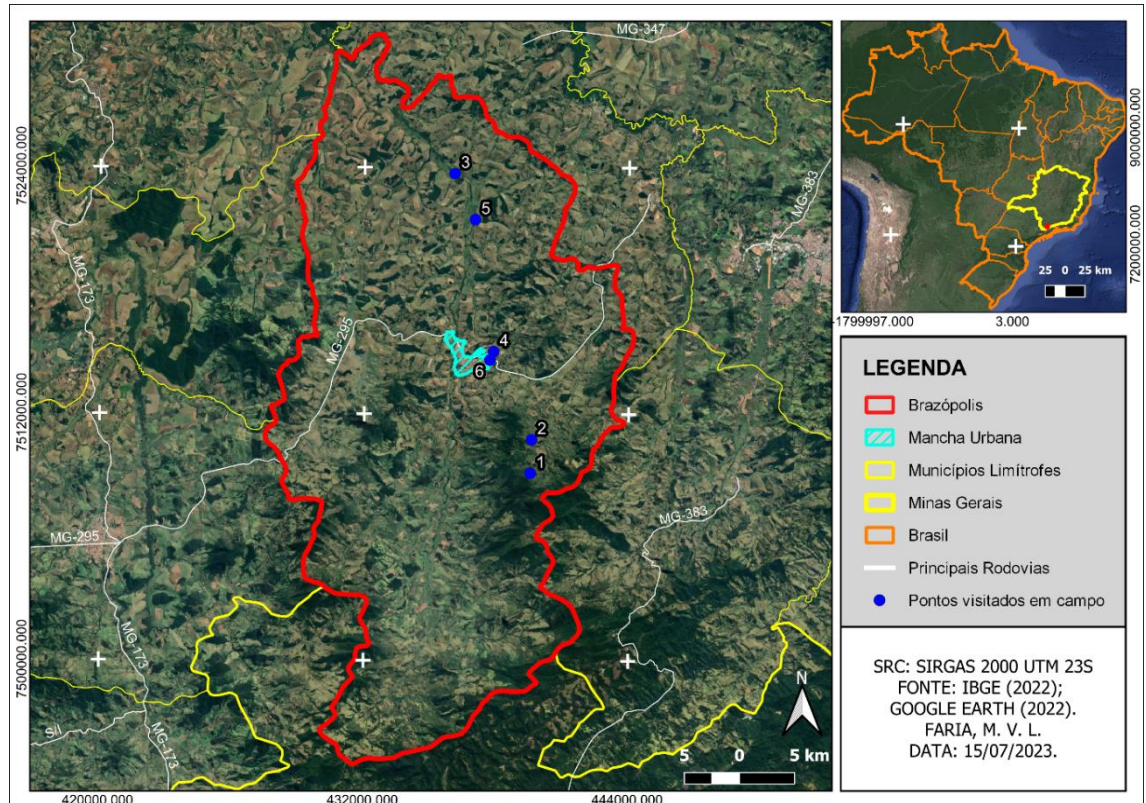
Mediante esta perspectiva, o trabalho apresenta como tema central a análise das séries temporais do município de Brazópolis-MG quanto à fragilidade ambiental. Com a demonstração de duas problemáticas centrais, a primeira sobre o entendimento em relação à fragilidade potencial do meio físico do município. E a segunda, da compreensão da fragilidade emergente, visando as ações antrópicas e as dinâmicas de uso e cobertura da terra, com o auxílio da plataforma Map Biomas no monitoramento ambiental da área de estudo no período de 1985 a 2021.

O objetivo do trabalho baseou-se em compreender a fragilidade ambiental do meio físico quanto à condução e modos de operação das ações antrópicas no município de Brazópolis-MG por meio de uma série temporal, visando traçar os efeitos dados pela evolução das classes de uso e cobertura da terra e fragilidade sobre o meio físico do município, na identificação da fragilidade potencial e as fragilidades emergentes associando-as para a elaboração de um documento útil para gestores dos órgãos públicos municipais e regionais para o planejamento, ordenamento territorial e monitoramento do meio físico

Localização e caracterização da área de estudo

Brazópolis é um município localizado no sul do estado de Minas Gerais, na região da Serra da Mantiqueira, inserido na microrregião de Itajubá, com principal via de acesso sendo a rodovia MG-295 (Figura 1). O município tem uma população de 14.246 habitantes, com extensão territorial de 367,688 km² e uma taxa de população urbanizada de 54% (IBGE, 2022). Destaca-se que, conforme dados do censo demográfico do IBGE (2022), Brazópolis apresenta um declínio demográfico de 15.165 habitantes em 2000 para 14.246 em 2022.

Figura 1 – Localização do município de Brazópolis/MG e de pontos visitados em campo.



Fonte: IBGE; Google Earth. Elaborado por: Autores, 2023.

A área de estudo está localizada na Bacia Hidrográfica do Rio Grande, situada na Região Sudeste do Brasil, na divisa entre os estados de Minas Gerais e São Paulo. O município de Brazópolis se encontra em afluentes da margem esquerda da grande Bacia, especificamente no Ribeirão Vargem Grande, tributário da Bacia do Rio Sapucaí.

Do ponto de vista climático, partindo do Plano Municipal de Saneamento Básico (2018), embasado nas classificações climáticas feitas por Köppen-Geiger, a área de estudo é classificada como Subtropical de Altitude (Cwb), onde apresentam estações mais definidas, com o inverno seco e o verão chuvoso, demonstrando clima quente e temperado.

Partindo para o ponto da geologia, o município está localizado nos Cinturões Móveis Neoproterozóicos (Jansen; Pereira, 2014), no Sistema Orogênico Brasileiro da Mantiqueira, especificamente na Faixa Brasília Sul (Alkmim, 2018). Seguindo os dados do Serviço Geológico do Brasil, as unidades litológicas presentes no território do

município são em grau metamórfico e magmático plutônico, apresentando rochas como biotita granito, milonito, granito gnaisse, tonalito gnaisse e granulito.

Por estar localizada em uma porção da Serra da Mantiqueira, existe grande diversidade na declividade do local, variando de partes planas até áreas montanhosas, assim como na geomorfologia, com estruturas de planícies resultantes de acumulação sedimentar, estando presente no Planalto de Campos do Jordão e na Depressão do rio Sapucaí, conforme o Sistema Estadual de Meio Ambiente de Minas Gerais.

Ao considerar os aspectos pedológicos, o município apresenta domínio de solos da ordem dos Latossolos, com presença também de uma porção da ordem dos Cambissolos. Com presença de Latossolos Vermelhos Distróficos, Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos e Cambissolos Háplicos Tb Distróficos, demonstrando, também, afloramento de rocha, configurando uma dinâmica de relação entre os tipos de solo.

Materiais e métodos

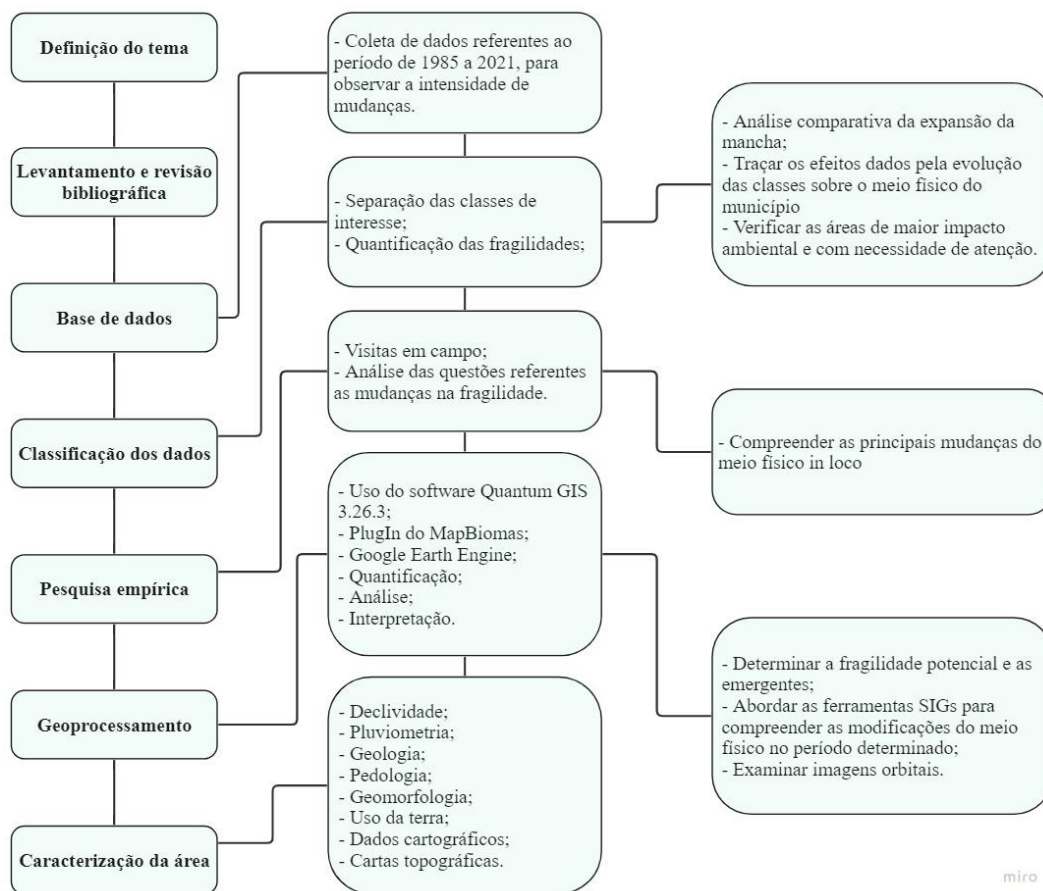
Foi realizada a coleta de dados referentes ao meio físico do município de Brazópolis/MG, na identificação da área de estudo através de dados da Missão Topográfica Radar Shuttle (SRTM) para a hipsometria e declividade da área de estudo, pedologia da plataforma da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), os dados geológicos do Serviço Geológico Brasileiro, dados referentes à geomorfologia da Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE-Sisema), hidrografia da plataforma da Agência Nacional de Águas (ANA) e Instituto Mineiro de Gestão de Águas (IGAM), dados pluviométricos por imagem do satélite CHIRPS (Funk et al., 2015) dentro da mesma descrição temporal da pesquisa, dados cartográficos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) como a área do município de Brazópolis e cartas topográficas em escala de 1:50000. Após essa etapa, foi feita a coleta dos dados de uso da cobertura da terra, referentes aos períodos analisados de 1985 a 2021, com a utilização do Google Earth Engine na obtenção de imagens da Coleção 8 do MapBiomas, com o recorte municipal.

Foram realizadas rotinas de mapeamentos temáticos, com a quantificação, análise e interpretação realizadas na plataforma do Quantum GIS Firenzi 3.28.11, utilizando tratamentos dos dados e das imagens obtidas e associadas através do método de

sobreposição de camadas. Com o geoprocessamento dos dados para traçar a fragilidade potencial e as fragilidades emergentes no período de 1985 a 2021 do município.

Assim, foi possível realizar a quantificação das fragilidades e comparar a expansão dessas no contexto municipal. Com a realização de visitas a campo no período mais recente, à fim de analisar as questões referentes às classes elencadas no mapeamento, com registros fotográficos para melhor visualização. Exemplificado pelo fluxograma (Figura 2).

Figura 2 - Fluxograma dos processos metodológicos da pesquisa.

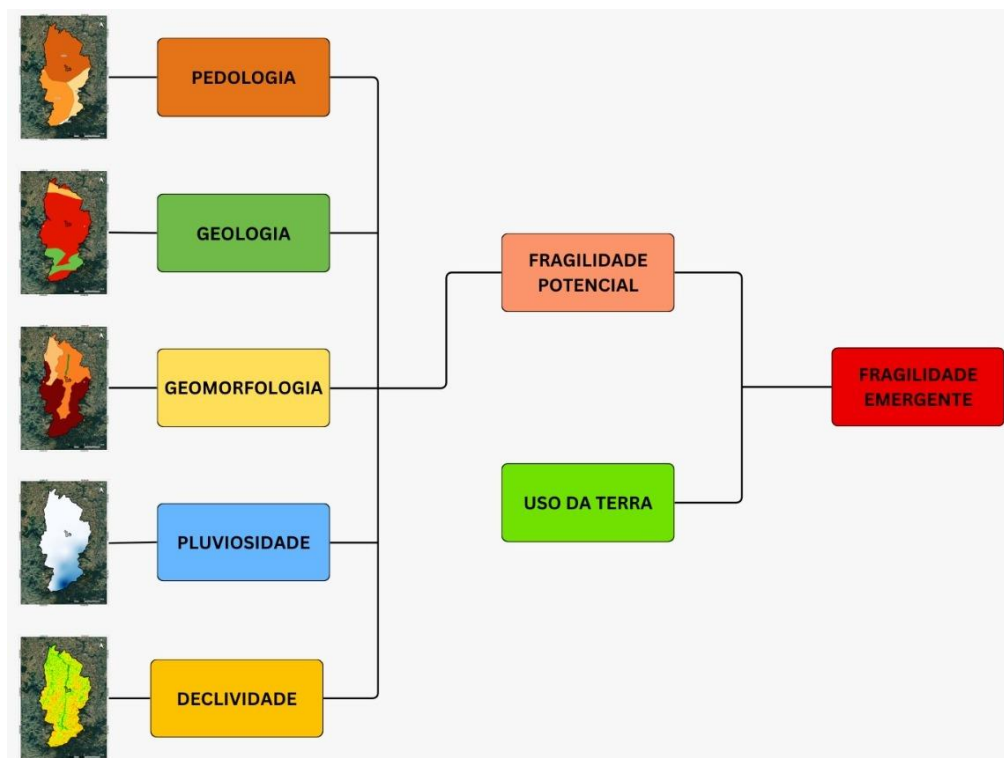


Fonte: elaborado por autores, 2023.

Seguindo os métodos aplicados, o estudo da fragilidade ambiental em séries temporais traz informações a respeito do comportamento dela ao longo dos anos, sendo feita a análise multicritério com base nos dados do meio físico. A técnica da sobreposição de camadas é a forma auxiliar da composição dos resultados para incorporar os elementos ambientais e o uso da terra como fundamentos na determinação do produto final. O

fundamento para o método utilizado na interpretação dos dados parte da concepção de Ross (1994) sobre a interpretação e estudo da fragilidade ambiental gerada pela combinação da ação antrópica com a composição natural da cobertura da terra (Figura 3).

Figura 3 – Metodologia adotada para a determinação da Fragilidade Ambiental.



Fonte: Autores, 2023.

Dessa forma, para a sobreposição das camadas dos dados ambientais, há a necessidade de compreender os pesos aplicados na pesquisa, no intuito de ampliar o entendimento acerca dos resultados obtidos e trabalhados. Assim, os pesos foram distribuídos igualmente para as variáveis, na proporção da totalidade (100%). A influência antrópica é um fator intrínseco e determinante quanto à função designada à utilização da terra e a fragilidade que decorre desse uso.

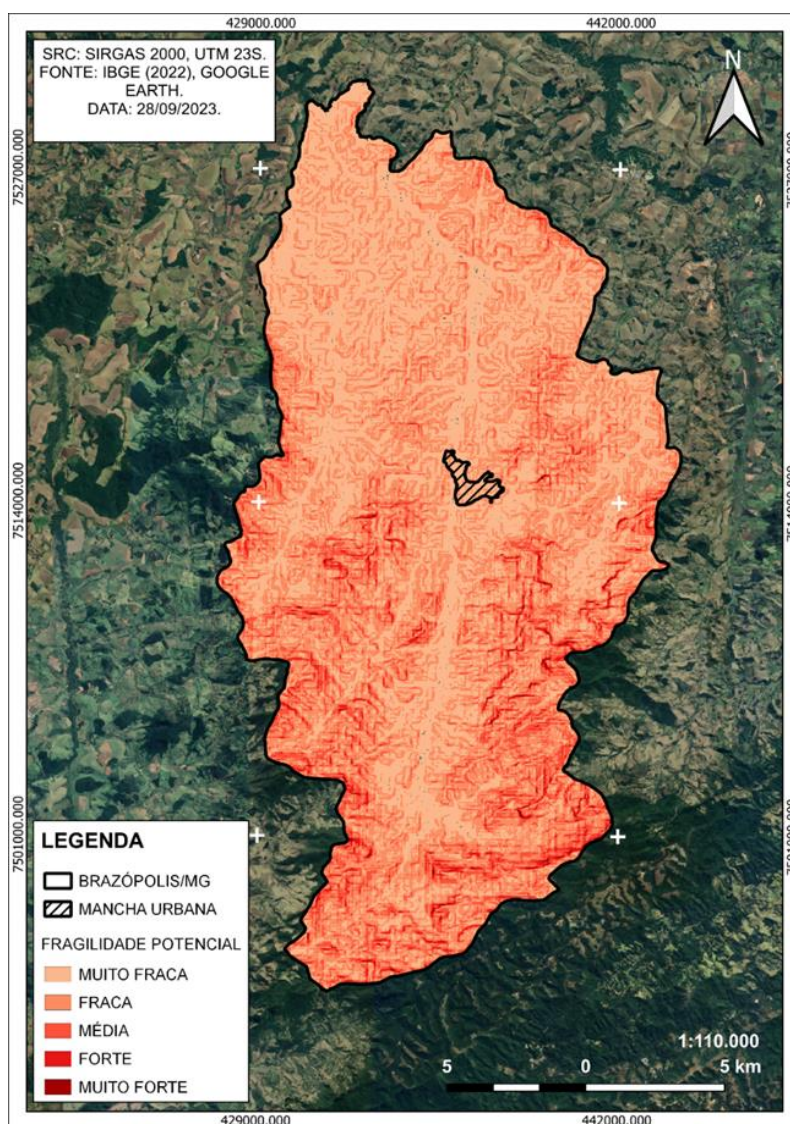
De todo modo, a mudança nas formas de utilização da terra é aparente, independente da classe de destino e se ela é mais ou menos prejudicial ao meio. Tratando disso, o estudo parte do princípio das séries temporais e da análise da fragilidade ambiental através delas, portanto, foram feitas análises individuais em relação a cada

temporalidade descrita, para ser possível compreender os movimentos facultados no contexto ambiental.

Resultados e discussões

Utilizando a metodologia fundamentada na de Ross (1994) e ilustrada na Figura 4, foi possível traçar a fragilidade potencial, ou seja, a atuante no meio pelo próprio meio, partindo das influências dos elementos físicos descritos na área. Com a obtenção de base pela geomorfologia, a geologia, a pedologia, a declividade e o grau de pluviosidade, na interpretação da fragilidade do meio natural.

Figura 4 – Fragilidade potencial do município de Brazópolis/MG.

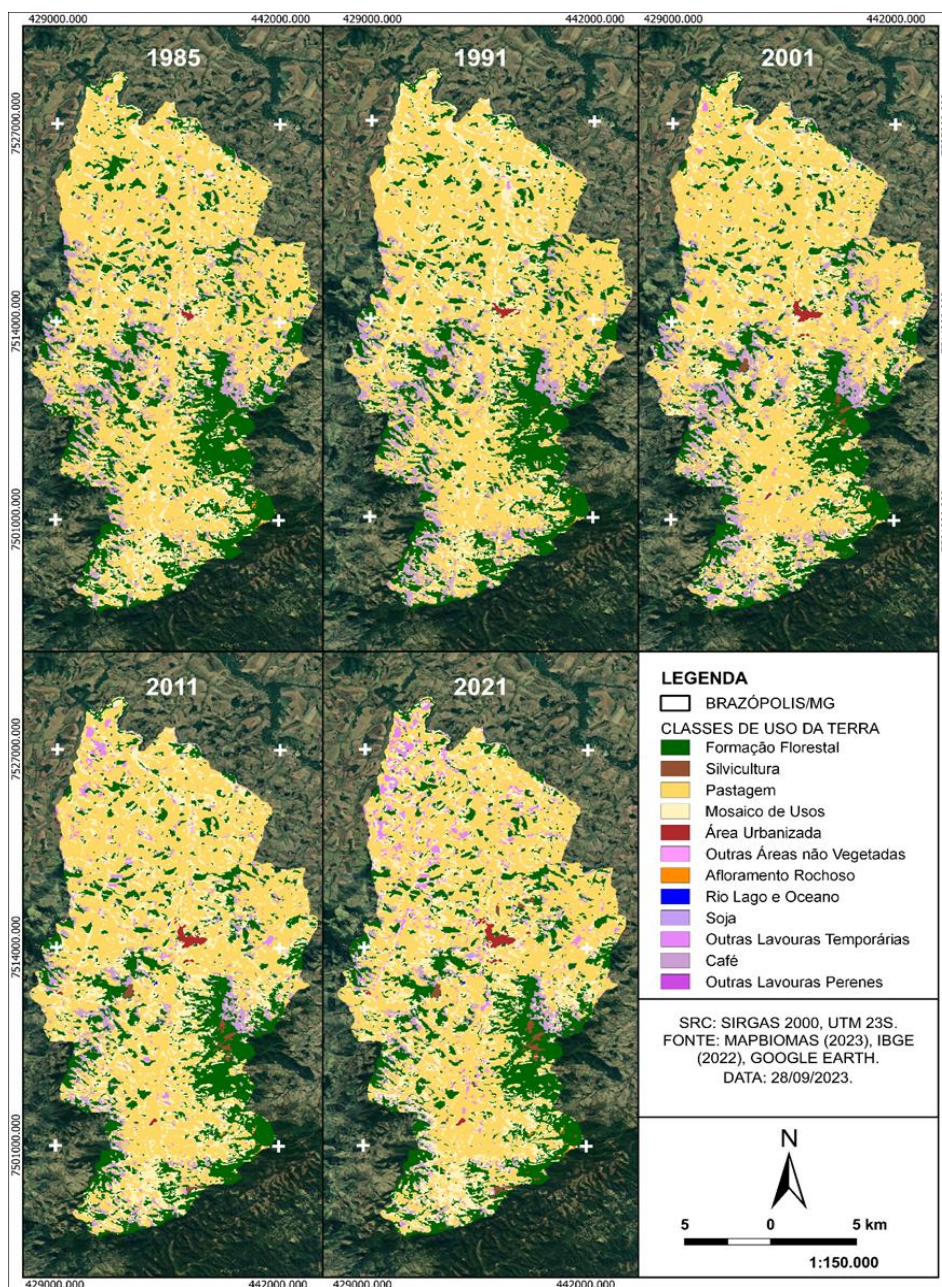


Fonte: elaborado por autores, 2023.

Análise comparativa do uso e cobertura da Terra

A partir da utilização dos recursos, o mapeamento das classes de uso da terra partiu dos dados presentes no Map Biomas, com recorte no território municipal. Com variação das 12 classes mais pertinentes aos resultados da pesquisa, como demonstrado na Figura 5.

Figura 5 – Série temporal do Uso e Cobertura da Terra do município de Brazópolis/MG, de 1985 a 2021.



Fonte: MapBiomas, 2023. Elaborado por: Autores, 2023.

No contexto do ano de 1985, do ponto de vista quantitativo (Quadro 1), a caracterização da área expressa a maior porção de área de pastagem (50%), seguida por uma área significativa na formação florestal (25,18%), com representação alta da classe “Mosaico de Usos”, a qual reflete em áreas onde os usos são agropecuários (16,61%), sem distinção entre pastagem e agricultura, conforme dado pelo MapBiomias (2023). A área demonstra significativa porcentagem em relação à cafeicultura (7,49%) e nesse ano a área urbana do município representa apenas 0,1% da área total, o que demonstra uma paisagem voltada ao rural.

Quadro 1 – Quantificação da área das classes de Uso da Terra de 1985.

1985		
CLASSES DE USO DA TERRA	Área	
	Hectares	%
Formação Florestal	9296,73	25,18
Silvicultura	7,29	0,02
Pastagem	18.464,04	50,00
Mosaico de Usos	6134,13	16,61
Área Urbanizada	36,09	0,10
Outras Áreas não vegetadas	2,43	0,01
Afloramento Rochoso	23,04	0,06
Corpo Hídrico	9,0	0,02
Outras Lavouras Temporárias	187,65	0,51
Café	2764,62	7,49
Outras Lavouras Perenes	0,9	0,00
TOTAL	36.925,92	100

Fonte: MapBiomias, 2023. Elaborado por: Autores, 2023.

Após o cenário apresentado no ano de 1985, foram analisados os dados do ano de 1991, no intuito de iniciar uma abordagem comparativa. A visão geral nas modificações do uso e da cobertura da terra (Quadro 2) expressa redução, comparada com 1985, nas áreas de pastos (49,68%) e de formações florestais (25,18%), demonstrando aumento nas

áreas agropecuárias (17,31%), nas lavouras de café (8,79%) e no perímetro urbano (0,16%). Um ponto de destaque é o início do cultivo de soja, que antes não eram representadas no território municipal, que futuramente se torna uma crescente monocultura do município, associando isso aos impactos ambientais gerados e que, consequentemente, fragilizam o ambiente com a exaustão do solo.

Quadro 2 – Quantificação da área das classes de Uso da Terra de 1991.

1991		
CLASSES DE USO DA TERRA	Área	
	Hectares	%
Formação Florestal	8778,69	23,77
Silvicultura	14,13	0,04
Pastagem	18.344,61	49,68
Mosaico de Usos	6390,99	17,31
Área Urbanizada	58,86	0,16
Outras Áreas não vegetadas	0,9	0
Afloramento Rochoso	19,71	0,05
Corpo Hídrico	11,16	0,03
Soja	9,81	0,03
Outras Lavouras Temporárias	51,66	0,14
Café	3243,96	8,79
Outras Lavouras Perenes	1,44	0,00
TOTAL	36.925,92	100

Fonte: MapBiomass, 2023. Elaborado por: Autores, 2023.

Se tratando da utilização da terra no ano de 2001, observa-se que a área urbanizada, no período de 10 anos, revela crescimento significativo na área da sede municipal, destacando para novas porções aparentes no mapeamento, com a urbanização de bairros rurais, os quais futuramente se tornam distritos do município, conforme destacado anteriormente na Figura 5.

Entende-se que há considerável diminuição na cobertura vegetal natural, visualizada pela sua substituição por áreas de cultivo, marcando relevância na cafeicultura, bem como outras lavouras, o crescimento da agropecuária (mosaico de usos), da pastagem e da silvicultura, revelando-se em uma maior parte da paisagem quando posto em comparação com sua representação na área do município nos anos antecedentes, quantificada no Quadro 3.

Quadro 3 – Quantificação da área das classes de Uso da Terra de 2001.

2001		
CLASSES DE USO DA TERRA	Área	
	Hectares	%
Formação Florestal	8147,07	22,06
Silvicultura	102,6	0,28
Pastagem	18.410,32	49,87
Mosaico de Usos	6467,49	17,51
Área Urbanizada	130,23	0,36
Outras Áreas não vegetadas	0	0
Afloramento Rochoso	20,79	0,06
Corpo Hídrico	6,84	0,02
Soja	63,36	0,17
Outras Lavouras Temporárias	132,12	0,36
Café	3434,67	9,30
Outras Lavouras Perenes	2,43	0,01
TOTAL	36.925,92	100

Fonte: MapBiomass, 2023. Elaborado por: Autores, 2023.

As remodelações passadas durante a década entre os anos de 2001 e 2011 se definem partindo, novamente, da redução da vegetação nativa. Porém, é visto que, ao contrário da realidade dada anteriormente, as áreas de cafeicultura apresentam grande redução na área correspondente de Brazópolis, enquanto as lavouras de soja e de outras culturas temporárias se mantêm em crescimento lento. Há o aumento nos setores da agropecuária, substituindo áreas de pastagem.

No ano de 2011 (Quadro 4), as lavouras cafeeiras sofreram redução de um montante de 9,3% em 2001 para 5,46%, configurando-se como um dos fatores para a

disseminação das áreas com maior concentração de fragilidades fortes. Foi possível verificar o surgimento de novas culturas vistas na porção mais ao norte do território de Brazópolis.

Quadro 4 – Quantificação da área das classes de Uso da Terra de 2011.

2011		
CLASSES DE USO DA TERRA	Área	
	Hectares	%
Formação Florestal	7754,31	21,00
Silvicultura	145,26	0,39
Pastagem	17.964,36	48,65
Mosaico de Usos	8347,23	22,61
Área Urbanizada	142,56	0,39
Outras Áreas não vegetadas	1,17	0
Afloramento Rochoso	21,15	0,06
Corpo Hídrico	7,38	0,02
Soja	82,26	0,22
Outras Lavouras Temporárias	443,25	1,20
Café	2015,55	5,46
Outras Lavouras Perenes	1,44	0
TOTAL	36.925,92	100

Fonte: MapBiomass, 2023. Elaborado por: Autores, 2023.

Para a caracterização dos usos e da cobertura da terra e o mapeamento da fragilidade ambiental, no ano de 2021, foi possível obter o auxílio da pesquisa em campo, a fim de verificar as condições apresentadas nos locais de referência de algumas classes do período mais recente de mapeamento.

Assim sendo, em comparação com o ano de 2011, houve diversas mudanças nas classes de uso da terra, apresentando, diferentemente dos outros anos, aumento nas áreas de vegetação florestal. Considera-se o aumento nas culturas temporárias, como a soja, a cana, entre outros, bem como o crescimento da área de silvicultura e agropecuária, com diminuição nas porções de pastagem. A cafeicultura revela, novamente, diminuição,

enquanto outras culturas perenes ganham espaço para o aumento da produção. Outro ponto que se mostra é a expansão urbana, com o crescimento na sede e nos distritos municipais, e, também, das áreas não vegetadas. Como demonstrado pelo Quadro 5.

Quadro 5 – Quantificação da área das classes de Uso da Terra de 2021.

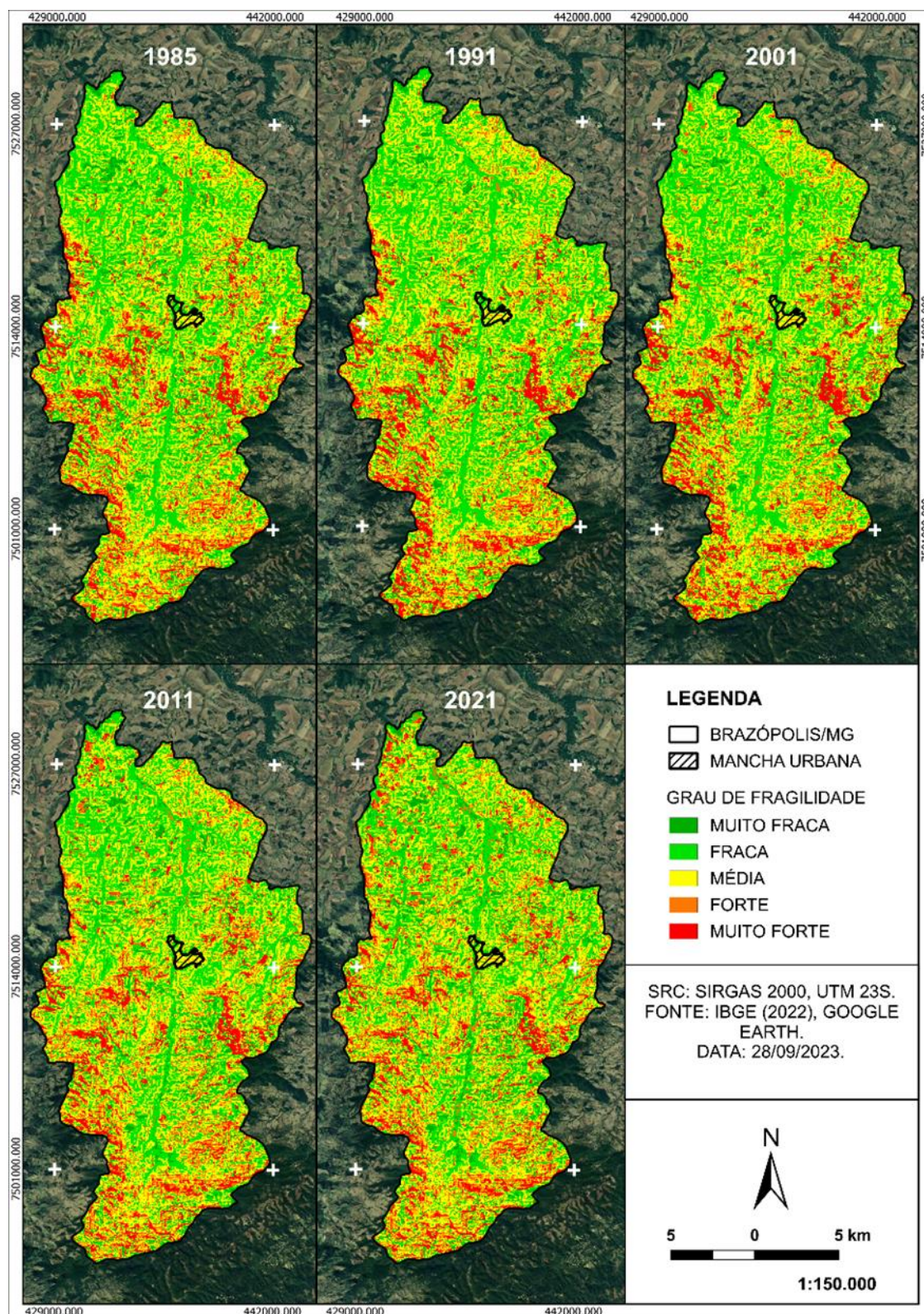
2021		
CLASSES DE USO DA TERRA	Área	
	Hectares	%
Formação Florestal	8047,89	21,69
Silvicultura	261,36	0,71
Pastagem	17.038,89	46,04
Mosaico de Usos	8454,78	22,65
Área Urbanizada	174,69	0,47
Outras Áreas não vegetadas	261,36	0,64
Afloramento Rochoso	27,18	0,06
Corpo Hídrico	7,47	0,02
Soja	91,26	0,25
Outras Lavouras Temporárias	1320,12	3,44
Café	1482,39	4,01
Outras Lavouras Perenes	4,14	0,01
TOTAL	36.925,92	100

Fonte: MapBiomass, 2023. Elaborado por: Autores, 2023.

Análise comparativas das fragilidades

O mapa de comparação temporal (Figura 6) permite a observação dos movimentos ocorridos entre as classes ao longo dos anos base para a aplicação das séries temporais em um estudo ambiental. Fomentando a interpretação de cada alteração dada na paisagem do município de Brazópolis.

Figura 6 – Série temporal da Fragilidade emergente no município de Brazópolis/MG, de 1985 a 2021.



Fonte: elaborado por autores, 2023.

Na perspectiva da fragilidade ambiental no ano de 1985 (Figura 6), a compreensão das classes dos usos é de tamanha importância, visto que os níveis de fragilidade estão ligados a elas, relacionados às formas de intervenção apresentadas, tendo em vista que a modificação na composição natural prevê maiores graus de fragilidade. Com ciência da retirada da cobertura vegetativa natural e a ocupação de grandes lavouras, que utilizam constantemente os solos, como um agente resolutivo na aplicação da fragilidade.

Assim, as áreas que refletem classes de fragilidades muito fracas e fracas se caracterizam como as áreas com maior preservação da formação florestal, onde apresentam a cobertura de vegetação nativa. Os setores que têm categoria de fragilidades médias são vistos nas áreas de pastagem e agropecuária localizadas próximas às lavouras. Já as porções que demonstram classificação de altas e muito altas são as com presença de lavouras, observando concentração na cafeicultura, sendo possível fazer relação dos riscos potenciais que a monocultura implica no ambiente com o nível de declividade do local.

No contexto do ano de 1991, a Figura 6 mostra que o aumento nas lavouras e a criação de novas práticas, novos produtos para colheita e a diminuição em áreas verdes justificam o aumento nas áreas onde a fragilidade se apresenta muito forte, tendo em vista o desmatamento para a implementação de novas culturas agrícolas. Dessa forma, também se vê o aumento nas áreas de fragilidade média, visto o aumento da área urbana e de pastos oriundos de antigas áreas de cultivo, demonstrando que, mesmo com certa recuperação da área, a fragilidade permanece em graus menores.

Ainda em 1991, com a perda das áreas de formação florestal, é notória a redução nas zonas muito baixas, sendo substituídas pelas baixas fragilidades. Quanto a isso, pode-se fazer a análise de que o comportamento, a intensidade e o tempo de ação no ambiente são fatores que moldam a fragilidade, admitindo percepção holística quanto a interferência antrópica.

Em consequência das alterações nos usos da terra, no ano de 2001 demonstra-se o aumento nas classes mais altas e diminuição das áreas onde o ambiente se mostra menos fragilizado (Figura 6). Desse modo, as áreas que apresentam aumento nos níveis de fragilidade estão relacionadas aos locais onde as áreas florestais são substituídas pelas práticas de cultivo, com a remoção da vegetação nativa.

Nesse ano, também, se torna visível a distribuição de porções de fragilidades fortes por toda extensão do município. Parte dos locais que antes apresentavam classificação muito baixa demonstra aumento no nível para baixos, observado nas áreas com proximidade aos locais urbanizados e agropecuários.

Compreendendo a fragilidade que o município apresenta no ano de 2011 (Figura 6), é possível ver áreas que desenvolvem graus mais fragilizados, pelo aumento nas culturas temporárias, mas que, igualmente, a desconcentração das áreas com esses níveis de fragilidade nos locais de produção cafeeira e a sua diminuição é responsável por diminuir a expressão territorial dessa classe. A categoria de análise de fragilidades fracas diminui, dando espaço às áreas médias fortes que manifestam crescimento, tendo em vista o crescimento das áreas urbanizadas e a proximidade com áreas de agropecuária e de lavouras. A classe mais fraca da fragilidade também apresenta aumento em sua área, com alguns locais que apresentam manchas de vegetação nativa em crescimento, embora, no contexto geral, esteja em declínio.

Quanto à relação com as classes de fragilidades em 2021 (Figura 6), é observado que as mais fortes e fortes aumentam consideravelmente, além de se distribuírem pela extensão total da área do município, resultado das expansões agrícolas de culturas temporárias. As fragilidades categorizadas como muito fracas também crescem em porção territorial, justificando isso ao crescimento e recuperação de áreas verdes, com vegetação nativa, enquanto há leve decréscimo na classe fraca. As áreas de fragilidades médias permanecem na mesma faixa de relevância, apresentando pequena diminuição, compreendendo os locais de expansão urbana, demonstrando o aumento das classes de fragilidade em suas proximidades.

Na proposta de incorporar a pesquisa à interpretação, na prática, o trabalho empírico auxilia na compreensão da realidade através da observação em campo sobre os dados levantados no mapeamento. Dessa maneira, a percepção das informações quantificadas é favorável, com a visualização das práticas e intervenções antrópicas e suas interações com o meio natural, para corresponder às materialidades e imaterialidades na assimilação das dinâmicas da paisagem.

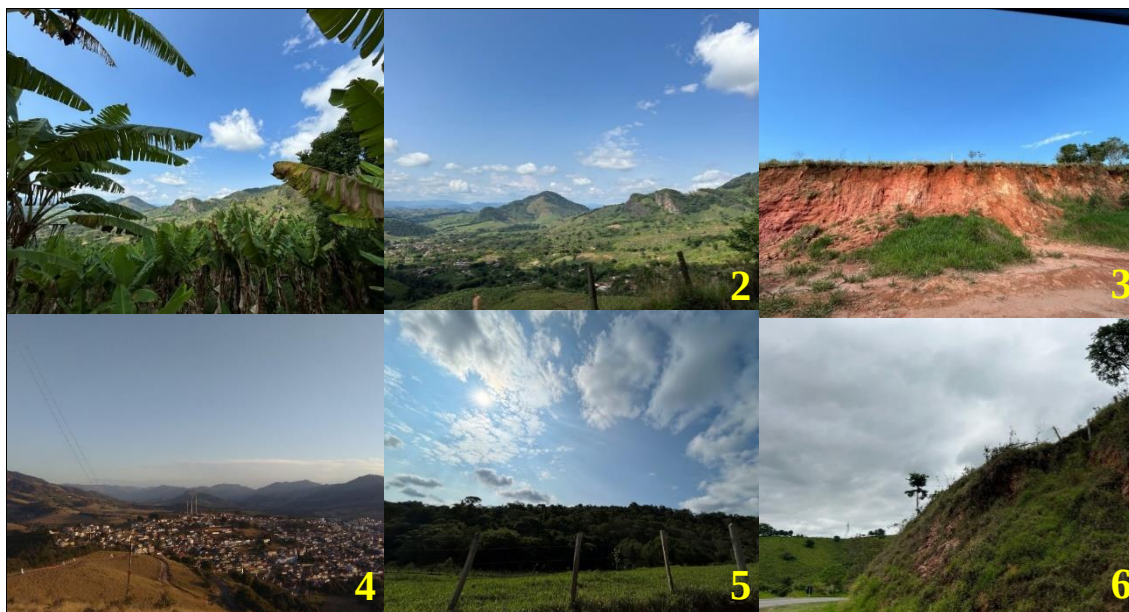
A fim de realização do trabalho empírico, foram levantados pontos de visualização para a análise do tema proposto (Figura 6). Dessa forma, a visualização observada nos ambientes fortemente fragilizados demonstra locais com solo exposto (Ponto 2) e áreas

com plantações de culturas perenes (Ponto 1), bem como áreas que mostram a exposição do solo, de afloramentos rochosos e de intervenção humana.

Assim, as áreas que representam os mais altos graus de fragilidades se mostram mais suscetíveis aos impactos ambientais, como visto com as porções de solo expostas (Ponto 3). As áreas muito fragilizadas se tornam suscetíveis a problemas ambientais, como é o caso da erosão, com o enfraquecimento dos agregados e perda de nutrientes dos solos, afetando o sistema como um todo, tendo em vista a possibilidade de perda de diversidade e alterações climáticas, que também afetam as dinâmicas socioeconômicas locais.

Os domínios fracos e muito fracos são compostos por setores mais homogêneos na composição paisagística, com a apresentação de grandes áreas de pastagem, com existência de vegetação rasteira, havendo a presença de porções de formações florestais, com partes de matas densas com diversidade ecológica (Ponto 5), que compõem a maior parte das áreas com fragilidades muito baixas, espalhadas por diversas partes, como em topos de morro que auxiliam no escoamento e absorção de água pelo solo, enriquecendo-os.

Locais com fragilidades de grau médio são traduzidos em zonas de proximidade com áreas urbanizadas, agrícolas e com atividades silviculturais, também localizadas entre os níveis mais baixos e os mais altos, configurando uma mecânica funcional como faixas de transição. Assim sendo, a observação empírica concebe a presença da urbanização (Ponto 4), locais que apresentam áreas de criação de gado (Ponto 6) e de processos erosivos em algumas partes, bem como áreas bem vegetadas, refletindo então em feições muito fragilizadas e outras em processo de recuperação e/ou potenciais a isso.

Figura 7 – Mosaico de figuras dos pontos visitados em campo.

Fonte: Autores, 2023.

Quadro 6 – Coordenadas dos pontos visitados (UTM).

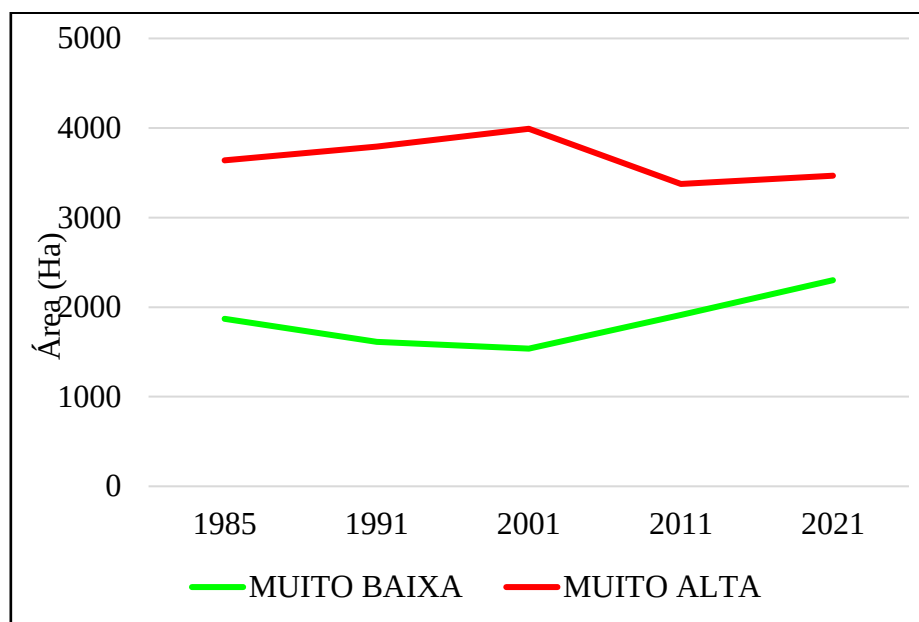
PONTO	LONGITUDE (X)	LATITUDE (Y)
1	439541,528	7509126,356
2	439599,888	7510762,990
3	436079,953	7523707,497
4	437859,653	7515051,064
5	437016,341	7521475,246
6	437703,643	7514640,196

Fonte: elaborado por autores, 2025.

No panorama geral entre todos os anos, observa-se o maior aumento na classe de fragilidades altas, podendo ser justificado, principalmente, pela perda de vegetação nativa que aumenta os graus na escala e pela diminuição em lavouras cafeeiras que abaixam seus níveis. A classe de fragilidades fracas também demonstra grande variação entre esses anos, atentando para sua redução no contexto territorial.

É notável uma situação de equilíbrio inversamente proporcional entre as classes extremas de fragilidades, muito altas e muito baixas (Figura 8). Dessa forma, observa-se que nos anos em que áreas de fragilidade muito forte crescem, há a redução das áreas de muito baixa fragilidade e o contrário também se fundamenta como real. Além disso, mostra a desigualdade entre os valores expressos pela classe muito forte em comparação com a muito fraca.

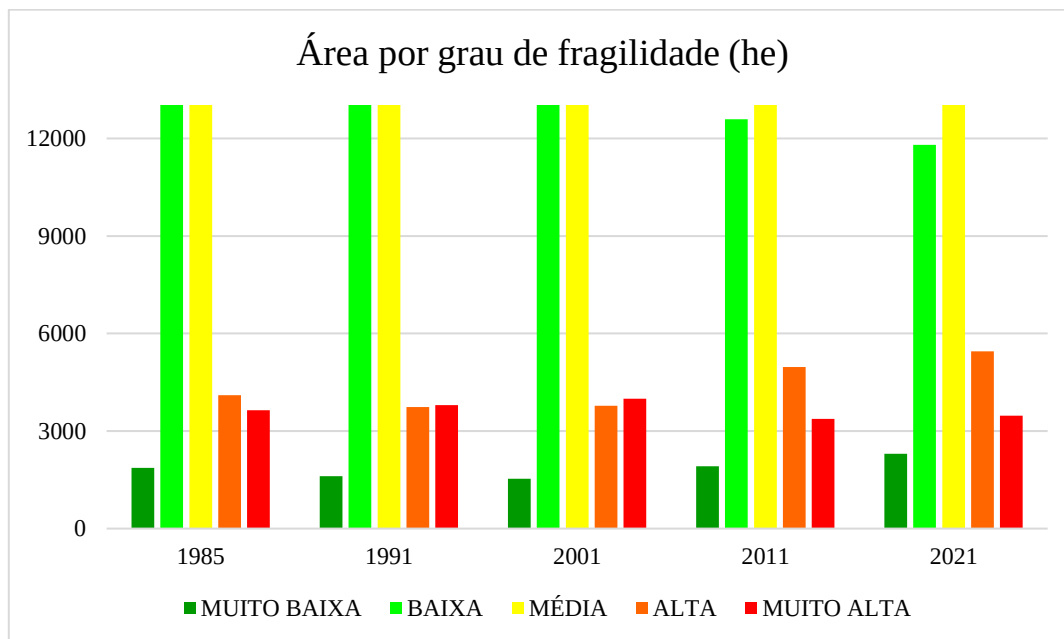
Figura 8 – Inversa proporcionalidade entre os dados das classes extremas de fragilidade.



Fonte: elaborado por autores, 2023.

Quantificando os dados gerais das fragilidades ambientais emergentes no município de Brazópolis, se obtém a amostra das porções representativas da área de cada uma das classes (Quadro 7), a fim de verificar a classificação de maneira que afirme e sirva de base na interpretação da veracidade dos dados com a realidade, ilustrada na Figura 9.

Figura 9 – Comparativo de área, em hectares, pelo grau de Fragilidade Ambiental através dos anos.



Fonte: elaborado por autores, 2023.

Quadro 7 – Área, em hectares, por grau de Fragilidade Ambiental através dos anos.

	1985	1991	2001	2011	2021
MUITO BAIXA	1871,19	1611,0	1536,93	1913,67	2300,94
BAIXA	13.361,13	13.532,94	13.687,38	12592,71	11.803,32
MÉDIA	13.501,98	13.771,71	13.446,27	13.596,75	13.426,02
ALTA	4099,68	3739,5	3781,98	4972,77	5452,56
MUITO ALTA	3639,42	3793,59	3991,23	3375,36	3468,42

Fonte: elaborado por autores, 2023.

Assim sendo, a exposição da fragilidade ambiental, no contexto natural, em junção aos fenômenos expressados pela ação antrópica, demonstra uma dinâmica determinante da função da cobertura vegetal como beneficiadora do meio ambiente, fazendo com que

esse apresente características naturalmente favoráveis. Configurando local menos propício à ocorrência de impactos ambientais, como a erosão e deslocamento de massas devido ao enfraquecimento do solo e redução de sua capacidade de irrigação.

Oposto a isso, as classes mais fortemente fragilizadas apresentam maior potencial para que ocorram tais impactos, tendo em vista a constante utilização dos recursos pedológicos, observadas nas áreas de lavouras. Essas práticas são responsáveis pelo intenso uso do solo para plantio, exigindo o preparo dele para receber os produtos agrícolas e caracterizam alguns prejuízos a longo prazo para os ambientes em que atuam. Como a utilização de agrotóxicos e pesticidas em lavouras perenes, a retirada e inserção de uma nova cultura, que influenciam na instabilidade dos solos, em lavouras temporárias. Pontos de análise como esses explicam as causas que levam à ocorrência dos impactos ambientais.

Portanto, é verificado que a maior parte da área estudada expõe baixas e médias fragilidades (Figura 9), com discrepância entre os dados das demais classes. Isso demonstra determinada constância quanto aos usos dos elementos físicos, com o exemplo das grandes áreas que apresentam baixas declividades determinarem as maiores porções dessas classes, associadas ao tipo de uso empregado nesses locais.

Considerações finais

A análise de séries temporais aplicadas à fragilidade ambiental se mostra um fator marcante para a interpretação da realidade da paisagem, posto a captação da realidade do ambiente juntamente com as mudanças sucedidas nele. Logo, a realização desse trabalho, com a apresentação do mapeamento e a execução do estudo dos dados e mapas, obtém funcionalidade de agente para a realização do prognóstico das perspectivas para o futuro da conjuntura dos elementos físicos e de sua fragilidade. A fim de servir como base fundamental para a tomada de decisões, visando o melhoramento do meio e emprego de técnicas de recuperação ambiental em áreas mais fragilizadas.

Compreender a evolução das classes de uso da terra permite a interpretação dos movimentos das classes de fragilidade, conforme o uso empregado para cada área. Assim, em uma compreensão geossistêmica, é necessário compreender os fenômenos que caracterizam o meio físico com a cobertura e a ação antrópica, compreendendo as funções socioespaciais a ele determinadas. Interpretar os potenciais riscos e os resultados que

esses podem ocasionar esclarecem dados essenciais para o planejamento do ponto de vista espacial, econômico, social e político.

A tomada de decisões por órgãos públicos municipais e estaduais pode obter, a partir da análise das dinâmicas de fragilidade, a capacidade de prever os impactos gerados pela ação antrópica e os riscos causados em determinadas localidades. Servindo, então, para a prevenção de que esses impactos venham a se tornar desastres ambientais, que afetam o ambiente, a sociedade e as produções econômicas. Ou seja, possibilitando a fiscalização das áreas impactadas por fortes fragilidades, visando a execução de procedimentos que evitem o agravamento dessas situações, se adequando para o planejamento territorial, visando o ordenamento das questões ambientais.

O auxílio das geotecnologias para o monitoramento ambiental pode ampliar o estudo a uma melhor leitura e visualização da realidade, juntamente com a verificação empírica, com a confecção de mapas, a manipulação e interpretação de dados, como o movimento das classes elencadas. Compreendendo que a utilização dessas tecnologias objetiva o enfrentamento de desastres com o intuito de preservar e proteger a vida e o meio ambiente.

Referências

ACADEMIA BRAZOPOLENSE DE LETRAS E HISTÓRIA (Minas Gerais). **Brazópolis**: 1901 – 2001. Paraisópolis: Miele, 2001. 250 p.

ALKMIM, F. F. **História Geológica de Minas Gerais**. In: Pedrosa-Soares, A.C.; Voll, E.; Cunha, E.C.; Recursos Minerais de Minas Gerais on-line. (Org.). História geológica de Minas Gerais. 1aed. Belo Horizonte: Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais (CODEMGE), 2018, v. 1, p. 1-35.

Bacia Hidrográfica do Rio Grande – BHRG. ARPA Rio Grande. Disponível em: <https://arpariogrande.org.br/bhrg/>. Acesso em: 23 set. 2023.

Brazópolis (MG). Site da Prefeitura Municipal. Disponível em: <https://www.brazopolis.mg.gov.br/> Acesso em: 29 ago. 2023.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999. 236 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Mapa de solos do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2020 – Shapefile. Escala 1:5000000. Disponível em:

http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3ABrasil_solos_5m_20201104#more. Acesso em: 31 ago. 2023.

FUNK, C.; NICHOLSON, S.; LANDSFELD, M. et al. The Centennial Trends Greater Horn of Africa precipitation dataset. **Sci Data** 2, 150050 (2015). <https://doi.org/10.1038/sdata.2015.50>.

IDE-SISEMA. Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Licenças ambientais emitidas pelo Sistema de Licenciamento Ambiental da Semad. Belo Horizonte: Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, 2023. Dado em formato vetorial. Disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/>. Acesso em: 10 set.2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Estimativas populacionais. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/estimapop/tabelas>. Acesso em: 30 jan. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Cidades e Estados. Brazópolis. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/brazopolis.html> Acesso em: 29 jun. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual técnico de uso da terra**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 170 p. v. 7. Disponível em: <https://loja.ibge.gov.br/manual-tecnico-de-uso-da-terra-3-edicao.html> Acesso em: 11 fev. 2024.

JANSEN, D. C.; PEREIRA, K. N. **Distribuição e caracterização das cavernas brasileiras segundo a base de dados do CECAV**. Revista Brasileira de Espeleologia – RBEsp, v. 2, n. 4, p. 47-70, 2014. Disponível em: <https://revistaelectronica.icmbio.gov.br/RBEsp/article/view/511>

PREFEITURA MUNICIPAL DE BRAZÓPOLIS. Plano Municipal de Saneamento Básico de Brazópolis-MG. 2018. Disponível em: brazopolis.mg.gov.br/pdf/aditivo/plano_municipal_de_saneamento_basico.pdf Acesso em: 15 set. 2023.

ROSS, J. L. S. **Análise empírica da fragilidade ambiental dos ambientes naturais e antropizados**. In: Revista do Departamento de Geografia (USP). (6): 63 – 74. 1994. Disponível em: <https://revistas.usp.br/rdg/article/view/47327>. Acesso em 11 fev 2024.

SANTOS, M. **Espaço e método**. 1985. cap. 4; p. 67. São Paulo: Edusp, 2012.

SOTCHAVA, V. B. **O estudo de geossistemas**. São Paulo, Instituto de Geografia USP. 51 p, 1977.

Recebido em 26 de abril de 2024.

Aceito em 27 de janeiro de 2025.

Publicado em 25 de fevereiro de 2025.