

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Instituto de Geociências
Programa de Pós-graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais

Danielle Cristina Gomes Corrêa

**MODELAGEM DE CENÁRIOS PARA O MAPEAMENTO DE POTENCIAL DO
TURISMO SUSTENTÁVEL EM BRUMADINHO, MINAS GERAIS**

Belo Horizonte

2022

Danielle Cristina Gomes Corrêa

**MODELAGEM DE CENÁRIOS PARA O MAPEAMENTO DE POTENCIAL DO
TURISMO SUSTENTÁVEL EM BRUMADINHO, MINAS GERAIS**

Versão final

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais.

Orientadora: Profa. Dra. Ursula Ruchkys de Azevedo.

Coorientador: Dr. Vagner Braga Nunes Coelho

Belo Horizonte

2022

C824m
2022

Corrêa, Danielle Cristina Gomes.

Modelagem de cenários para o mapeamento de potencial do turismo sustentável em Brumadinho, Minas Gerais [manuscrito] / Danielle Cristina Gomes Corrêa. – 2022.

89 f., enc.: il. (principalmente color.)

Orientadora: Úrsula Ruchkys de Azevedo.

Coorientador: Vagner Braga Nunes Coelho.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2022.

Bibliografia: f. 82-89.

1. Modelagem de dados – Aspectos ambientais – Teses. 2. Turismo sustentável – Brumadinho (MG) – Teses. I. Ruchkys, Úrsula de Azevedo. II. Coelho, Vagner Braga Nunes. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências. IV. Título.

CDU: 911.2:519.6(815.1)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ANÁLISE E MODELAGEM DE SISTEMAS AMBIENTAIS

FOLHA DE APROVAÇÃO

"MODELAGEM DE CENÁRIOS PARA O MAPEAMENTO DE POTENCIAL DO TURISMO SUSTENTÁVEL"

DANIELLE CRISTINA GOMES CORRÊA

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada, no dia **27 de outubro de 2022**, pela Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais da Universidade Federal de Minas Gerais constituída pelos seguintes professores:

Prof. Dr. Christian Rezende Freitas

Alo Meio Ambiente e Geoprocessamento

Prof. Dr. Rodrigo Affonso de Albuquerque Nóbrega

Universidade Federal de Minas Gerais

Prof. Dra. Úrsula Ruchkys de Azevedo - Orientadora

Universidade Federal de Minas Gerais

Belo Horizonte, 27 de outubro de 2022.



Documento assinado eletronicamente por **Christian Rezende Freitas, Usuário Externo**, em 02/11/2022, às 09:31, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Úrsula Ruchkys de Azevedo, Professora do Magistério Superior**, em 03/11/2022, às 09:52, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rodrigo Affonso de Albuquerque Nobrega, Professor do Magistério Superior**, em 03/11/2022, às 17:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1869554** e o código CRC **4C15EB00**.

*A minha mãe Maria Aparecida Gomes
Corrêa (in memorian), com muito amor e
saúde.*

AGRADECIMENTOS

A elaboração da Dissertação foi gratificante para mim e agradeço a todos aqueles e aquelas que colaboraram com o processo de desenvolvimento da pesquisa.

Aos professores Dr^a Úrsula Ruchkys e Dr Vagner Coelho, por me orientarem, pelos ensinamentos, paciência e parceria.

Aos membros da banca, professor Dr Rodrigo Nobrega e Dr Christian Rezende por toda colaboração.

Aos meus familiares pelo apoio, em especial minha mãe Maria Aparecida Gomes Corrêa (*in memoriam*), aos meus irmãos Rodrigo Corrêa e Vagner Corrêa, aos meus sobrinhos Ana Clara e Matheus Lucas e ao meu marido Guilherme.

Aos meus colegas de curso, em especial Charles e Laura, com quem aprendi muito.

“Não te deixes destruir... Ajuntando novas pedras e construindo novos poemas.
Recria tua vida, sempre, sempre [...]” (Cora Coralina, Aninha e Suas Pedras, 2009)

Resumo

O trabalho relata os resultados de um estudo de caso que teve como objetivo simular cenários de mudança de cobertura do uso do solo (LUCC) com o intuito de contribuir para o desenvolvimento do turismo sustentável em Brumadinho, município de Minas Gerais, Brasil. O trabalho foi desenvolvido em duas etapas: (i) mapeamento em regiões de hotspots de atrativos turísticos; (ii) Criação de dois cenários de mudança de cobertura do uso do solo para o ano de 2030. No mapeamento em regiões de hotspots foi possível identificar áreas com maior potencialidade de implementação do Turismo Sustentável. Os cenários 1 e 2 foram realizados através da simulação do LUCC para 2030, sendo possível através da coleta de informações das oficinas com a comunidade local, o que auxiliou no enfoque de áreas que podem ser destinadas ao desenvolvimento sustentável para o município. O método é relevante visto que são poucas as publicações sobre LUCC relacionadas a simulação de cenários futuros na área do Turismo, além do viés social da pesquisa que busca trazer a visão dos moradores como uma das variáveis da modelagem. Acredita-se que a abordagem proposta seja capaz de potencializar o desenvolvimento do Turismo Sustentável, o que pode contribuir para gestão e governança territorial.

Palavras-chave: Turismo Sustentável. Modelagem Ambiental. Cenários.

Abstract

The paper reports the results of a case study that aimed to simulate scenarios of land use cover change (LUCC) in order to contribute to the development of sustainable tourism in Brumadinho, a municipality of Minas Gerais, Brazil. The work was developed in two stages: (i) mapping in regions of tourist attraction hotspots; (ii) creation of two land use change scenarios for the year 2030. In the mapping in hotspot regions, it was possible to identify areas with greater potential for the implementation of Sustainable Tourism. Scenarios 1 and 2 were carried out through the simulation of LUCC for 2030, being possible through the collection of information from workshops with the local community, which helped focus on areas that can be destined for sustainable development for the municipality. The method is relevant since there are few publications on LUCC related to the simulation of future scenarios in the area of tourism, besides the social bias of the research that seeks to bring the vision of the residents as one of the variables of the modeling. It is believed that the proposed approach is capable of enhancing the development of Sustainable Tourism, which can contribute to territorial management and governance.

Keywords: Sustainable Tourism. Environmental Modeling. Scenarios.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Sustentabilidade Ambiental.....	15
Quadro 1 – Variáveis utilizadas em modelos de mudanças no uso e cobertura da terra, com base no Turismo	20
Quadro 2 – Variáveis utilizadas em modelos de mudanças no uso e cobertura da terra para cenários futuros, direcionados ao Turismo.....	22
Figura 2- Localização do município de Brumadinho, Minas Gerais.....	25
Figura 3 - Mapa com a representação do Número de estabelecimentos por atividade turística circuito turístico veredas do Paraopeba, 2019.....	30
Figura 4- Número formal de empregos do Turismo em Brumadinho, MG (2006 a 2020)	31
Figura 5 - Número formal de estabelecimentos do Turismo em Brumadinho, MG (2006 a 2020)	32
Figura 6 - Renda média nominal formal do Turismo em Brumadinho, MG (2006 a 2020)	32
Figura 7 - Mapa de Declividade do município de Brumadinho, Minas Gerais	34
Figura 8- Mapa de Hipsometria do município de Brumadinho, Minas Gerais	35
Figura 9- Mapa de Geologia do município de Brumadinho, Minas Gerais	36
Figura 10- Diagrama metodológico	37
Figura 11- Diagrama dos pontos de turismo e criação do mapa de kernel	38
Figura 12- Diagrama de desenvolvimento e aplicação de um modelo de simulação	40
Quadro 3 – Estrutura do Modelo de Mudanças de Uso e Ocupação da Terra utilizado	42
Quadro 4 – Classes e descrições do MAPBIOMAS	43
Quadro 5 – Variáveis categóricas e contínuas	44
Figura 13 - Localização do Parque Jangada e rota estratégica para o turismo	48
Quadro 6 – Roteiros turísticos.....	49
Figura 14 – Macrozoneamento: Revisão do Plano Diretor de Brumadinho.....	50
Figura 15 - Mapeamento de pontos de turismo.....	52
Figura 16 – Gráfico de Atrativos Turísticos x comparação das áreas (Ha) dos distritos em Brumadinho, 2022	53
Figura 17 – Potencial dos atrativos do turismo sustentável por distrito.....	54

Figura 18 – Mapa de Uso de Ocupação da Terra extraído do MAPBIOMAS para os anos de 1990, 2005 e 2020.....	55
Figura 19 – Uso e Ocupação do Solo, 1990, 2015 e 2020.....	56
Quadro 7 – Reclassificação das classes de uso e ocupação da terra	57
Quadro 8 – Reclassificação das classes de uso e ocupação da terra	58
Quadro 9 – Matriz de Transição (1990 a 2005).....	58
Quadro 10 – Calibragem das variáveis 1990 – 2005	59
Figura 20 – Gráficos com os Pesos de Evidência da Variável Declividade.....	61
Figura 21 – Gráficos com os Pesos de Evidência da Variável Cálculo da Distância Euclidiana.....	63
Figura 22 – Gráfico com os Pesos de Evidência da Variável Mancha do Impacto Ambiental	65
Figura 23 – Gráfico com os Pesos de Evidência da Variável Litotipo	66
Figura 24 – Gráficos com os Pesos de Evidência 500 metros dos equipamentos de Turismo	67
Figura 25 – Gráficos com os Pesos de Evidência da variável modelo gravitacional .	68
Figura 26 – Gráfico com os Pesos de Evidência da Variável Represa	69
Quadro 11 – Correlação das variáveis	70
Figura 27 – Simulação e validação do modelo de Uso e Ocupação do solo para 2020 de Brumadinho e arredores.....	71
Figura 28 – Diferença entre o uso e cobertura de 2005 para 2020	72
Figura 29 – Multijanelas	73
Figura 30 – Mapa Simulação com <i>patcher</i>	74
Quadro 12 – Cálculo de métricas - Patcher	73
Figura 31 – Mapa de Diferença de 2005 para 2020	75
Figura 32 – Gráfico multijanela.....	76
Figura 33 – Simulação de 2020 para 2030 pesos de evidência calibrados e validados.	77
Figura 34 – Proposta 2 - Mapa simulado para 2030	79
Figura 35 – Representação dos Cenários 1 e 2 - Mapa simulado para 2030	80
Quadro 13 – Cálculo de métricas - Classes	80

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	11
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	Governança	13
2.1.1	Governança Ambiental e Turística	14
2.2	Modelagem de Mudanças no Uso e Cobertura da Terra	17
2.2.1	Modelagem de Uso e Ocupação do Solo aplicado ao turismo	19
3.	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.....	24
3.2	Turismo em Brumadinho: quantificação da oferta turística.....	28
3.3	Contextualização Ambiental de Brumadinho.....	33
4.	MATERIAIS E MÉTODO	37
4.1	Mapeamento em regiões de hotspots	37
4.2	Cenários de mudança de cobertura do uso da terra para 2030	39
5.	RESULTADOS	51
5.1	Os hotspots de turismo.....	51
6.	CONCLUSÃO.....	81
	REFERÊNCIAS.....	82

1. INTRODUÇÃO

O termo desenvolvimento sustentável foi utilizado em 1987 no documento conhecido como Relatório Brundtland produzido pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento da Organização das Nações Unidas para designar um modelo de desenvolvimento econômico que busca suprir as necessidades do presente sem afetar a capacidade das gerações futuras suprirem suas próprias necessidades, não colocando em risco a disponibilização de recursos naturais que são essenciais para a nossa sobrevivência.

O turismo sustentável tem suas bases inspiradoras nesse documento e é definido pela Organização Mundial do Turismo como uma atividade que responde às necessidades dos visitantes, do ambiente e das comunidades sem comprometer o futuro econômico e social o que contribui para a conservação dos recursos naturais (RENFORS, 2021). Assim o turismo sustentável responde às necessidades dos turistas atuais e das regiões de acolhimento, enquanto protege e melhora as oportunidades para o futuro (Cornelisse, 2020; Dredge & Jamal, 2013; Hanna *et al.*, 2016). O turismo sustentável surge como uma resposta ética aos impactos negativos causados pelo turismo de massa, sendo que uma de suas principais características é a participação da comunidade no desenvolvimento do turismo.

O desenvolvimento do turismo sustentável implica em uma governança eficaz por meio de mecanismos que garantam a articulação de interesses, direitos e obrigações compreendendo atores governamentais e privados, sociedades civis, bem como uma maior capacidade de decisão de atores não governamentais na elaboração de políticas e de planejamento (SIKWAH; MUSAVENGANE; LEONARD, 2020). A governança busca demonstrar que o turismo é um negócio coletivo, apontando soluções e informações que elucidam para os seus atores que a forma de atuação conjunta pode trazer benefícios significativos para seus negócios e interesses particulares (CONCEIÇÃO, 2020). No caso do planejamento para o desenvolvimento do turismo sustentável, Al-kheder e Khrisat (2007) destacam a importância da análise do uso do solo que permite uma abordagem físico-espacial, de modo que seja possível pensar a interação do turismo com outras atividades.

No Brasil, um país de dimensões continentais, territórios diversificados em termos de recursos de paisagem e usos, pensar o planejamento turístico e a governança são fatores primordiais. Uma das regiões brasileiras que se destaca em

termos de turismo é o Estado de Minas Gerais que possui um dos geossistemas ferruginosos mais significativos e conhecidos do mundo, o Quadrilátero Ferrífero (QF).

O QF tem sua história associada às atividades de mineração com início no Ciclo do Ouro (século XVII) e se estende até os dias atuais com o Ciclo do Ferro. Essa região integra importantes valores patrimoniais reconhecidos internacionalmente tais como: o centro histórico de Ouro Preto (UNESCO, 1980); o Santuário de Bom Jesus do Matosinhos em Congonhas (UNESCO, 1985); o Conjunto Moderno da Pampulha em Belo Horizonte, capital do Estado de Minas Gerais (UNESCO, 2016); a Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço (UNESCO, 2009).

No Geossistema Ferruginoso Quadrilátero Ferrífero, também está localizado o município de Brumadinho, objeto deste estudo. Brumadinho possui uma variedade de atrativos com valores educativos, culturais, naturais e científicos, que integram a base de seu desenvolvimento turístico.

O maior atrativo da região é o Centro de Arte Contemporânea Inhotim, um espaço que oferece ao turista uma visita que integra arte, arquitetura e paisagem. Para além de seus valores patrimoniais o município ficou conhecido de forma negativa pelo rompimento da Barragem I da mina de Córrego do Feijão em 2019, que deixou 272 mortos, tendo o maior dano em termos de perdas de vida considerando os demais rompimentos de barragem no mundo nos últimos 15 anos (RUCHKYS et al., 2020).

Do exposto, este trabalho tem como objetivo simular cenário de mudança de cobertura do uso do solo (LUCC) que possam contribuir para o desenvolvimento do turismo sustentável em Brumadinho. O estudo inclui a análise espacial do potencial para o turismo sustentável com base na simulação de cenários para o ano de 2030.

A abordagem metodológica proposta visa formular um método básico e flexível que alinhe tanto formas bem estabelecidas de avaliar e analisar o potencial para o turismo sustentável quanto suas questões espaciais considerando diferentes cenários.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Governança

O termo *governance* foi introduzido no debate público internacional como resultado de uma reflexão conduzida, principalmente, pelo Banco Mundial em 1992, com o intuito de aprofundar o conhecimento das condições que garantem um Estado eficiente. O conceito de governança foi definido como "a maneira pela qual o poder é exercido na administração dos recursos econômicos e sociais do país, com vistas ao desenvolvimento" (THE WORLD BANK, 1992). Neste sentido, a capacidade governativa é avaliada, não somente, em função dos resultados das políticas governamentais, além disso, considera a forma como o governo exerce o seu poder.

Na estrutura conceitual de governança, são encontradas numerosas definições que vão desde definições gerais à específicas, como a ambiental e a corporativa. (CÂMARA, 2013). A partir dos procedimentos e práticas governamentais para a obtenção de suas metas ela alcança relevância e traz como objeto de análise o formato institucional do processo decisório, para a articulação pública-privada na formulação das políticas ou na abertura de diferentes escalas para a participação dos setores interessados ou de distintas esferas de poder. (DINIZ, 1995)

A Comissão sobre Governança Global das Nações Unidas em 1995, definiu "governança" como o somatório dos modos em que os indivíduos, instituições públicas e privadas, administram seus negócios em comum. Sendo um processo contínuo em que os interesses heterogêneos podem ser conciliados e uma ação cooperativa pode ser estabelecida. (MOURA, 2014)

No mundo da governança moderna, alcançar as mudanças desejadas requer que os governos não ajam simplesmente por conta própria, mas em conjunto com outros governos, com cidadãos, profissionais especializados e interesses setoriais. As questões ambientais são um exemplo constante desses processos complexos da governança em ação. Frequentemente, exigem uma combinação da atuação global e local, como, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). (STOKER, 2000)

A legitimidade da governança depende da variedade de oportunidades de participação pública, pelo menos em alguns elementos do processo político. Além disso, dada a complexidade da governança moderna, muitas vezes a contribuição dos cidadãos não é necessária apenas na fase inicial da formulação de políticas, mas também na sua implementação, mudança ambiental, sustentação de estilos de vida

mais saudáveis e melhoria da educação são áreas que requerem uma contribuição do governo, mas também do cidadão, para que uma mudança positiva seja alcançada. (CHHOTRAY; STOKER, 2009)

A qualidade do engajamento é uma questão relevante e as estratégias ativas para engajar ou reengajar as pessoas na governança que seja construída sobre as premissas realistas, bem como preocupações normativas sobre o alcance, qualidade e igualdade do engajamento podem ser utilizadas para executar a governança (MACEDO, 2005)

2.1.1 Governança Ambiental e Turística

A percepção de um sistema de gestão ambiental desenvolveu-se nos anos noventa, e suas origens datam de 1972, quando a Organização das Nações Unidas (ONU) organizou a conferência do Meio Ambiente Humano em Estocolmo e o Programa Ambiental das Nações Unidas (UNEP – *United Nations Environment Programme*) foi lançado. Essas iniciativas direcionaram ao estabelecimento da Comissão Mundial do Meio Ambiente e Desenvolvimento, a adoção do Protocolo de Montreal e a Convenção de Basel.

No Relatório Perspectivas do Meio Ambiente Global (GEO-6), a Governança Ambiental é o meio pelo qual a sociedade determina e atua em metas e prioridades relacionadas à gestão dos recursos naturais. Isso inclui as regras, ambas formais e informais, que regem o comportamento humano nos processos de tomada de decisão, bem como as próprias decisões. Estruturas legais adequadas no âmbito global, regional, nacional e o nível local são um pré-requisito para um bom ambiente governança. (PNUD, 2019)

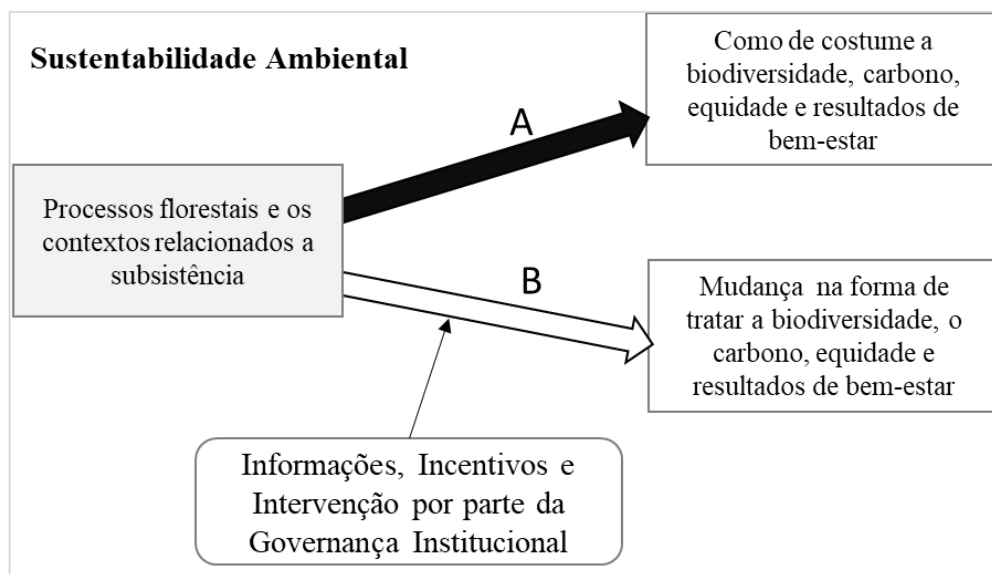
A governança ambiental pressupõe vontade política e uma consciência com a qual a vontade política que deve desenvolver o papel de apoio à vida, através dos recursos ecossistêmicos, de modo a incorporar a temática ambiental em um conjunto heterogêneo de atores políticos: movimentos sociais, sindicatos, empresas privadas, organizações ambientais, cientistas, pesquisadores, grupos da sociedade civil, instituições governamentais, políticos e outros. (LITTLE, 2003)

Os autores Toni et. (2006) dialogam que a governança ambiental exige a participação do Estado em seus três níveis de governo (federal, estadual e municipal),

sociedade civil e setor privado, variando a importância de cada um em função da escala de governança.

Agrawal et al., (2018) propõem que a governança ambiental é concentrada em esforços que buscam influenciar a relação entre os processos sociais existentes e os arranjos de governança, usando novos processos, mecanismos e organizações regulatórias. Informações, incentivos e instituições. (Ver o modelo proposto pelos autores na Figura 1.

Figura 1- Sustentabilidade Ambiental



Fonte: Adaptado de Agrawal, 2018

Os três eixos apresentados: informação, incentivos e intervenção por parte da Governança Institucional incluem, por exemplo, áreas protegidas, descentralização, manejo florestal comunitário, reformas de titulação e posse, padrões voluntários, plantio de árvores, compromissos de desmatamento zero, certificação, aquisição de terras, políticas tributárias, ecoturismo e restauração, entre outros. Essas formas representam algumas das intervenções de governança florestal mais importantes. (AGRAWAL et al., 2018)

Há basicamente três razões para que as empresas busquem melhorar a sua performance ambiental: primeiro, o regime regulatório internacional que está mudando em direção às exigências crescentes em relação à proteção ambiental; segundo, o mercado está se transformando, um número crescente de acionistas está usando considerações ambientais para medir o sucesso financeiro, recompensando as

empresas no mercado de ações que provam que estão melhorando seu desempenho ambiental; e terceiro, o conhecimento está evoluindo, com novas descobertas e da publicidade sobre as causas e consequências dos danos ambientais (ROSEN, 2001).

Logo, a gestão ambiental empresarial é atualmente condicionada pela pressão das regulamentações, pela busca de melhor reputação, pela pressão de acionistas, investidores e bancos para que as empresas reduzam o risco ambiental, pela pressão de consumidores e pela própria concorrência. (SOUZA, 2002)

A governança ambiental pode focar tanto as ações de conservação e uso sustentável da biodiversidade e serviços ecossistêmicos (tais como água e regulação climática), como as de remediação dos impactos das atividades humanas sobre a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos. Em nível global, os esforços de governança ambiental na atualidade têm como foco os 17 ODS e suas 169 metas que compõem a Agenda 2030 da ONU. A construção desta agenda, que se iniciou durante a Rio +20, teve forte protagonismo do Brasil, e foi adotada por 193 países na Cúpula das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável, em 2015. (SEIXAS et al., 2020)

O conceito sobre governança vem sendo discutido nas mais diversas áreas, o turismo é uma área de estudo que vem utilizando este termo comumente. (HALL, 2011), A governança regional de turismo tem como função primordial atuar em prol de sua região de forma coesa, em que seus atores cooperem e realizem ações conjuntas e transparentes para o melhoramento e desenvolvimento de suas regiões. A governança busca demonstrar que o turismo é um negócio coletivo, apontando soluções e informações que elucidam para os seus atores que a forma de atuação conjunta pode trazer benefícios significativos para seus negócios e interesses particulares (CONCEIÇÃO, 2020)

As políticas públicas podem ter um enorme impacto no desenvolvimento do turismo devido à sua combinação de fatores econômicos, políticos, geográficos e recreativos (BIANCHI, 2018). O desenvolvimento da política turística representa ações para desenvolver o turismo nacional e regional e promover contribuições econômicas e sociais para melhorar a qualidade de vida nos destinos turísticos. A formulação de políticas turísticas produz mudanças turísticas que podem, por sua vez, mudar o comportamento recreativo (CHEN; TU; TUNG, 2022)

A política de turismo no Brasil é voltada para a regionalização do turismo que prevê a descentralização e a gestão articulada das instâncias de governanças locais.

De acordo com os critérios de regionalização, o Ministério do Turismo implantou o Programa de Regionalização do Turismo e utilizou como principal estratégia a participação de órgãos colegiados de turismo municipal e estadual, representantes da iniciativa privada, instituições de ensino e o terceiro setor. Esta metodologia originou a Rede Nacional de Regionalização, composta por atores ligados a atividade turística, com objetivo de estruturar nas regiões e municípios as diretrizes do processo de regionalização. (DE, RODRIGUES; DE SOUZA, 2015)

O município é fundamental no desenvolvimento e gestão do turismo, pois é nele que estão os atrativos que atraem os turistas, portanto, o papel dos gestores públicos municipais de Turismo é de suma importância. E para tanto, a inspiração, a criatividade, a perseverança, a vontade, a crença e o conhecimento para estruturar o Turismo municipal, dentro de uma visão técnica estratégica, sistêmica, empreendedora e mercadológica que considere o planejamento, a organização, a regionalização e os recursos existentes para desenvolver o Turismo. (GIMENNES, 2017).

É crescente a preocupação quanto à inter-relação entre turismo e meio ambiente, por ser esta incontestável e complexa, uma vez que os recursos naturais constituem matéria-prima do turismo.

2.2 Modelagem de Mudanças no Uso e Cobertura da Terra

As mudanças de uso e cobertura da terra representam as transformações nos padrões paisagísticos que sofrem a influência de múltiplos fatores (DADASHPOOR; NATEGHI, 2017; KONKOLY-GYURÓ et al., 2017) que, relacionados a degradação ambiental, podem induzir aos problemas climáticos, danificar sistemas ecológicos e ameaçar a saúde humana (FENG et al., 2018; LAUSCH et al., 2015).

Os fatores socioeconômicos são importantes impulsionadores das mudanças de uso e cobertura das florestas (ACHEAMPONG et al., 2018; GLINSKIS; GUTIÉRREZ-VÉLEZ, 2019). Explorar os motivadores das mudanças das paisagens tornou-se uma questão crítica na redução de ameaças e na obtenção de desenvolvimento sustentável. Os fatores de mudança paisagística incluem fatores naturais e antropogênicos (BRIASSOULIS, 2019). A política pública é um fator que pode promover mudanças na paisagem, como as políticas públicas destinadas ao uso

de terras privadas por meio de regulamentos e subsídios (AGRAWAL et al., 2018; DONALD; EVANS, 2006; IVERSON NASSAUER, 1995).

Com o decorrer do tempo surgem novos modelos de simulação espacial que ampliam a utilidade do exercício empírico em diversas avaliações da paisagem. Os modelos de simulação são desenhados para auxiliar na compreensão de mecanismos causais e processos relacionados à dinâmica do sistema ambiental em diferentes cenários de contextos socioeconômicos, políticos e ambientais (OLIVEIRA; SOARES-FILHO, 2007). Tais modelos foram criados para prever e descrever mecanismos e padrões de mudanças da paisagem em relação ao espaço e ao tempo e são capazes de avaliar processos e cenários prospectivos, para com isso antecipar seus impactos, gerindo a paisagem proativa. (OLIVEIRA et al., 2021)

Agarwal *et. al.*¹ revisa 19 tipos de modelos e 156 artigos de mudança de uso e cobertura do solo que compreendem processos humanos e os compara em termos de escalas espacial, temporal e complexidade, ou seja, o quão bem eles incorporam no espaço, tempo e nas tomadas de decisão humana. Examina os impulsionadores sociais da mudança do uso e cobertura do solo e as tendências metodológicas, com os pontos fortes e fracos de cada modelo e conclui com algumas propostas para direções futuras na modelagem do uso e cobertura do solo.

Os modelos de mudança de uso e cobertura do solo são ferramentas para entender e explicar as causas e consequências da dinâmica do uso e cobertura do solo. Recentemente, novos modelos, combinando conhecimentos e ferramentas das

¹ Os autores descrevem escala temporal dos modelos, nos termos *time step and duration*. O *time step* é a menor unidade temporal de análise para que a mudança ocorra em um processo específico em um modelo, já *duration* é o período de tempo em que o modelo é aplicado.

A Resolução Espacial é a menor unidade geográfica de análise para o modelo, como o tamanho de uma célula em um sistema de grade raster, enquanto um vetor a representação por ponto ou polígono. A extensão descreve a área geográfica total à qual o modelo é aplicado.

A Complexidade Temporal está associada a importantes interações possíveis entre a complexidade temporal e a tomada de decisão humana. Por exemplo, algumas decisões humanas são tomadas em curtos intervalos de tempo, enquanto outras em longa intervalo de tempo.

A Complexidade espacial representa a extensão em que um modelo é espacialmente explícito. Existem dois tipos amplos de modelos espacialmente explícitos: espacialmente representativos e espacialmente interativos. Um modelo que é espacialmente representativo pode incorporar, produzir ou exibir dados em dois ou, às vezes, três dimensões, como norte, leste e elevação, mas não pode modelar relacionamentos topológicos e interações entre feições geográficas (células, pontos, linhas ou polígonos). Nesses casos, o valor de cada célula pode mudar ou permanecer o mesmo de um ponto no tempo para outro, mas a lógica que faz a mudança não depende das células vizinhas. Em contraste, um modelo espacialmente interativo é aquele que define explicitamente as relações espaciais e suas interações (por exemplo, entre unidades vizinhas) ao longo do tempo. (AGARWAL et al., 2002)

ciências biofísicas e socioeconômicas, tornaram-se disponíveis. Isso resultou em modelos espacialmente explícitos focados em padrões de mudança, bem como em modelos baseados em agentes focados nos processos de decisão subjacente (VERBURG et al., 2004).

Existem diferentes modelos de simulação da paisagem, entretanto, houve um aumento significativo da elaboração de uma classe dos modelos *Land Use and Cover Change (LUCC)*. Eles fornecem uma perspectiva de informações para buscar compreender como os seres humanos estão transformando o planeta através da mudança do uso e cobertura da terra. (LANBIN et al., 2001; TNAP, 2014 apud OLIVEIRA et al., 2021). Bem como, existem muitas abordagens e pacotes de software para modelagem de LUCC, muitos deles são abordagens empíricas baseadas em *Land Use and Cover Change* anteriores, como CLUE-S, DINAMICA EGO, CA_MARKOV e *Land Change Modeler* (ambos disponíveis no IDRISI). (MAS et al., 2014)

Dentro dos seus diversos propósitos, os modelos espaciais de simulação têm se tornado um importante instrumento de auxílio ao processo de organização territorial. (BRITALDO-FILHO et al., 2007)

2.2.1 Modelagem de Uso e Ocupação do Solo aplicado ao turismo

Nos países em desenvolvimento, o turismo é frequentemente considerado como a ferramenta do desenvolvimento econômico, posto que ao visitar um destino, o turista se envolve em atividades e produz padrões de consumo que podem desencadear transformações no local, principalmente nas mudanças no uso e cobertura da terra. Visto que a terra é usada de várias maneiras como um recurso para o segmento. (BOAVIDA-PORTUGAL; ROCHA; FERREIRA, 2016; SAHA; PAUL, 2021)

O Turismo é, em sua essência, um fenômeno geográfico, que engloba o movimento e fluxo de pessoas, visto o lado da demanda e dos padrões de distribuição espacial relacionados ao consumo do uso e cobertura do solo, como o lado da oferta. No entanto, os impactos do turismo no LUCC são difíceis de rastrear e monitorar e os fatores que contribuem para esse problema incluem a falta de estudos empíricos, a escassez de conjuntos de dados LUCC em nível micro e estruturas

metodológicas escassas que podem ser usadas para avaliações. (BOAVIDA-PORTUGAL; ROCHA; FERREIRA, 2016)

A maioria dos estudos que exploram os impactos do desenvolvimento turístico no LUCC usam GIS e ferramentas de sensoriamento remoto (ATIK; ALTAN; ARTAR, 2010; BOORI; VOZENILEK, 2014; CHAPLIN; BRABYN, 2013; CHEN; TU; TUNG, 2022; DONG; YU; LIU, 2008; WANG; LIU, 2013). Esses estudos são analíticos e visam explorar mudanças ocorridas no passado ou em um período específico, nos quadros 1 e 2 encontram-se uma síntese de revisão sistemática das pesquisas.

Quadro 1 – Variáveis utilizadas em modelos de mudanças no uso e cobertura da terra, com base no Turismo

ID	Variáveis	Local	Anos	Tipo de modelo	Bibliografia
1	<ul style="list-style-type: none"> •Pontos de GPS - mapear e importantes recursos de uso e cobertura do solo durante as visitas de campo; •Imagens do Google Earth (referência para algumas análises); •Camadas de estradas, rios, fronteiras ecológicas e mapas de cobertura terrestre. •Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI) •O DEM foi usado para separar a área de elevação alta e baixa; •Gradiente de distância com os pontos de turismo – 5 km em torno das instalações de turismo. 	Três locais turísticos (Olomouc, Rymarov, Jesenilk) no leste da República Tcheca.	1991, 2001 e 2013	LUCC para avaliar os impactos do turismo	(BOORI; VOZENILEK, 2014)
2	<ul style="list-style-type: none"> •Mapas de cobertura de terra •Plano de Desenvolvimento do Turismo em - Ministério de Turismo dos mesmos anos que os mapas de cobertura, análise em gis; 	Mediterrâneo costeiro, Antalya do Sul, Turquia	1974, 1988, 1990 e 1996	LUCC para avaliar os impactos do turismo	(ATIK; ALTAN; ARTAR, 2010)
3	<ul style="list-style-type: none"> •Imagens (Landsat 7 + Landsat 5); •Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI) •Distância crescente da atividade turística 1 km; • Imagens do Google Earth (referência para algumas análises); 	região de Annapurna, Nepal	1990 a 2011	LUCC para avaliar os impactos do turismo	(CHAPLIN; BRABYN, 2013)

	<ul style="list-style-type: none"> •Camadas de estradas, rios, ecologia e fronteiras, e um mapa de cobertura terrestre. 				
4	<ul style="list-style-type: none"> •Classificação de cobertura de terra Imagens Landsat TM; •Mapas topográficos; •Mapas de uso e cobertura do solo; •Mapas florestais; •conjuntos de pontos GPS (10 m) •Dados socioeconômico sobre população, turismo, área de campos cultivados e produção de alimentos. Anuários estatísticos de 1990 a 2004, entrevistas em campo (2005) informantes-chave sobre planejamento e implementação de políticas relacionadas ao turismo, bem como a população local sobre eventos históricos e tendências de mudança da cobertura da terra. 	Região do Lago Lugu, China	Três períodos: 1990 a 1995, 1995 a 2001 e 2001 a 2005.	LUCC para avaliar os impactos do turismo	(DONG; YU; LIU, 2008)
5	<ul style="list-style-type: none"> •Classificação de cobertura de terra Imagens Landsat TM; •Mapas topográficos; •Mapas de uso e cobertura do solo; •82 pontos - identificar os tipos atuais de uso e cobertura do solo e investigar as histórias de uso e cobertura do solo. •Dados estatísticos socioeconômicos. •Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI) 	Cidade de Sanya, região costeira do sul da ilha de Hainan, China	1991 a 2007	LUCC para avaliar os impactos do turismo	(WANG; LIU, 2013)
6	<ul style="list-style-type: none"> •Quatro datas em 2000, 2008, 2016 e 2019 (Satélite SPOP) •Classificação do uso e cobertura do solo; •Fotografias aéreas e do Google Earth. •50, 100, 250, 500 e 1000 m de raios em cada local de turismo 	Taiwan	2001-2007/ 2008-2015/ 2016-2019	Impactos das políticas de turismo no LUCC	(CHEN; TU; TUNG, 2022)

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

No entanto, as abordagens de modelagem uso e ocupação da terra destinadas a explorar os diferentes futuros potenciais do desenvolvimento turístico são escassas, sendo que os modelos exploratórios podem apoiar a previsão de cenários "e se"

reproduzindo a dinâmica do mundo real, fornecendo um meio para avaliar os impactos futuros do turismo no LUCC. (BOAVIDA-PORTUGAL; ROCHA; FERREIRA, 2016)

Quadro 2 – Variáveis utilizadas em modelos de mudanças no uso e cobertura da terra para cenários futuros, direcionados ao Turismo

ID	Variáveis	Local	Anos	Tipo de modelo	Bibliografia
7	<ul style="list-style-type: none"> •tipos reais de uso e cobertura do solo; •Acessibilidade da rede de transporte; •Adequação inerente para diferentes usos da terra; •Status de zoneamento ou adequação institucional (por exemplo, restrições legais); e características socioeconômicas (por exemplo, população, renda, produção, emprego). 	Região turística na Europa: Aplicando o modelo MOLAND ao Algarve, Portugal	1996, 1990 e 2000 Cenários para 2020	Monitoring Land Use/Cover Dynamics (Modelo MOLAND) simulação de cenários através de CA	(PETROV; LAVALLE; KASANKO, 2009)
8	<ul style="list-style-type: none"> •Mapas de cobertura de terra (Dissolver); •Malha viária (Distância Euclidiana); •Declividade; •Linha costeira (Distância Euclidiana); •Áreas de desenvolvimento turístico (Georreferenciamento) •Estabelecimento turístico (Pesquisa, •Georreferenciamento, densidade de Kernel 5000 metros; •Áreas turísticas (workshopping Stakeholders); •Localidades (Distância Euclidiana); •Regulação de Cobertura e Uso e Cobertura do Solo; •População; •Edifícios (Densidade de Kernel 1000 m) 	Litoral do Alentejo é uma região do NUTS3 localizada no sul de Portugal	1995, 2007, 2010 com cenários para 2020	LUCC com simulação de cenários através de CA	(BOAVIDA-PORTUGAL; ROCHA; FERREIRA, 2016)

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

O desenvolvimento de cenários tornou-se uma ferramenta popular para a avaliação das mudanças no uso e cobertura do solo em um grande número de estudos (LANDIS, 2008; SOLECKI; OLIVERI, 2004; VERBURG et al., 2006).

O cenário é definido como uma história que pode ser contada tanto em palavras quanto em números, oferecendo uma explicação internamente consistente e plausível de como os eventos se desenrolam ao longo do tempo. Cenários são sobre prever caminhos futuros e contabilizar incertezas críticas. O processo de construção de cenários consiste em fazer perguntas, além de fornecer respostas e orientações para a ação. (KOK; VAN DELDEN, 2009)

Os cenários não são apenas previsões, eles são uma abordagem para ajudar a gerenciar decisões baseadas na interpretação de descrições qualitativas de futuros alternativos traduzidas em cenários quantitativos. Pode-se aprender com o passado traçando analogias entre situações históricas e atuais. Diferentes possibilidades futuras podem ser ilustradas e comparadas usando nossa imaginação, intuição e criatividade (SHEARER, 2005; XIANG; CLARKE, 2003) para questionar o que poderíamos fazer se as suposições do cenário ocorressem. (PETROV; LAVALLE; KASANKO, 2009)

A intenção do desenvolvimento do cenário é considerar uma variedade de futuros possíveis que incluem incertezas importantes, em vez de se concentrar na previsão precisa de um único futuro possível (PETERSON; CUMMING; CARPENTER, 2003).

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O município de Brumadinho possui cinco distritos: Brumadinho, Aranha, Conceição do Itaguá, Piedade do Paraopeba e São José do Paraopeba. (IBGE, 2022). E, limítrofes a ele, são: Ibirité, Sarzedo, Mário Campos, São Joaquim de Bicas, Igarapé, Itatiaiuçu, Rio Manso, Bonfim, Belo Vale, Moeda, Itabirito, Nova Lima e Belo Horizonte (Figura 2)

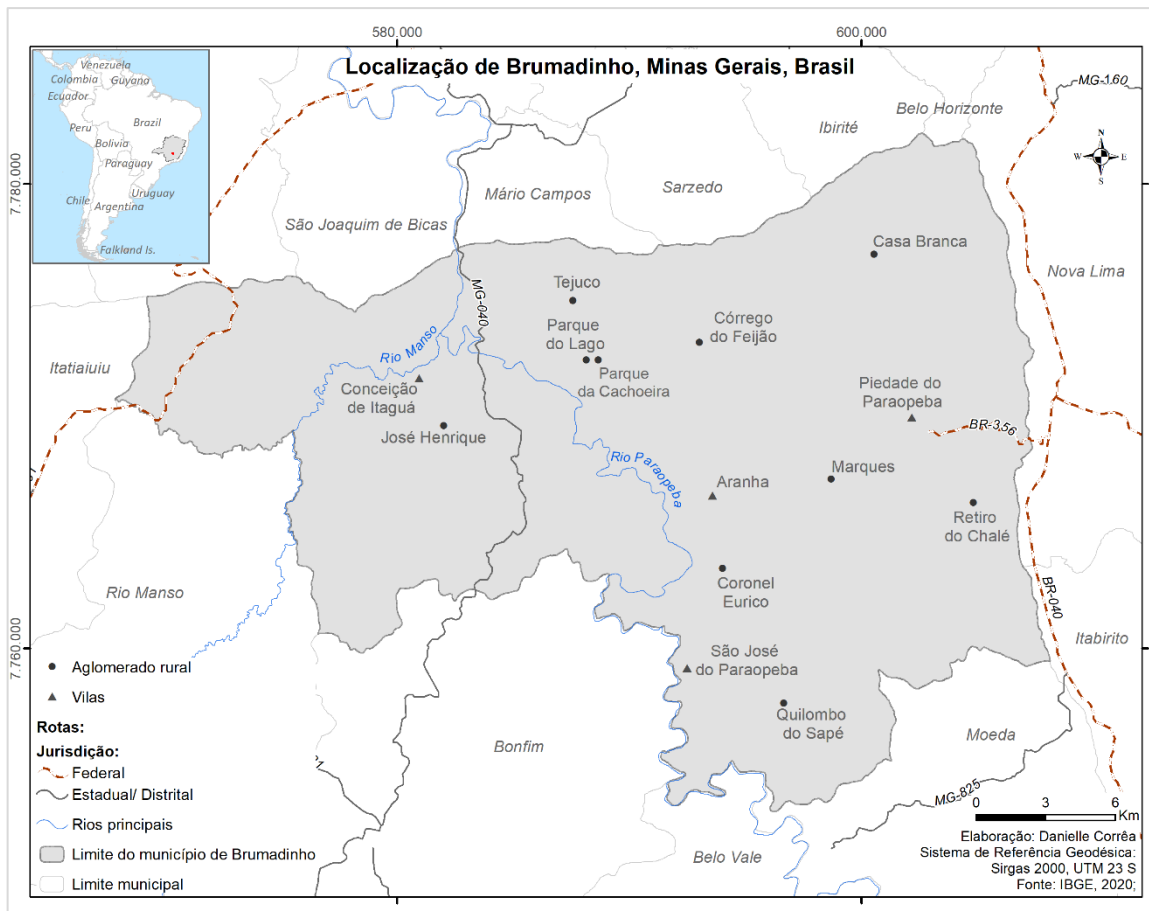
A rodovia federal BR-381 (Fernão Dias) permite a ligação terrestre entre a capital de Minas Gerais e a capital do estado de São Paulo. Saindo da cidade de Belo Horizonte, através da Fernão Dias, é possível acessar o município de Brumadinho utilizando a rodovia MG-040, que passa pelo município de Mário Campos. Pela BR-040 há, pelo menos, 3 opções de acesso: 1) através da estrada que liga a BR-040 ao Parque Estadual do Rola Moça, passando por dentro do bairro Jardim Canadá, pertencente ao município de Nova Lima, se chega à localidade de Casa Branca; 2) através do acesso que permite chegar ao distrito de Piedade do Paraopeba, e 3) pela via que dá acesso à rampa de voo livre, localizada no “topo do mundo”, na encosta da Serra da Moeda, e que permite chegar à localidade de Palhano. (PALHA, 2019)

A população estimada para Brumadinho em 2020 foi de 40.666 habitantes, sendo que no último censo de 2010, foram registradas o total de 33.973 pessoas, com densidade demográfica de 53,13 habitantes/km² (IBGE, 2022)

Em 2018, antes do rompimento da barragem da Vale, 20% dos empregos formais em Brumadinho estavam no setor extrativo mineral. Os setores com mais empregos na cidade eram o de serviços (27%) e a administração pública (22%) (COELHO, 2020)

Em 2017, o município registrou o 29º maior PIB per capita do estado, posição relacionada ao desempenho do consolidado setor extrativista mineral e do crescimento do setor turístico (IBGE, 2020).

Figura 2- Localização do município de Brumadinho, Minas Gerais



Elaborado pela autora, 2021

3.1 Contextualização Histórica

A partir do final do século XVII a região central do Brasil passou por intenso processo de exploração mineral de ouro e diamante, período denominado “Ciclo do Ouro”, nesse marco da história a atividade mineraria provocou impactos na paisagem que ainda hoje podem ser identificados como vestígios arqueológicos, exemplo o Forte de Brumadinho. (GUIMARÃES, 2018).

Os primeiros povoados e distritos que compõe o município de Brumadinho se originaram no final do século XVII e início de XVIII, com a ocupação portuguesa em Minas Gerais, os bandeirantes paulistas chefiados por Fernão Dias Paes Leme, foram os desbravadores da região do Espinhaço Meridional, local em que se situa o município. Eles foram os responsáveis por fundar o núcleo de abastecimento das bandeiras e pousos de repouso das tropas. (IBGE, 2022).

Posteriormente, alguns pontos de apoio se transformaram em povoados maiores para abastecimento dos centros mineradores e até mesmo, em centro

minerador como ocorreu no distrito de Piedade do Paraopeba. Datam deste período a formação dos núcleos populacionais, que compõem o território do município de Brumadinho: São José do Paraopeba, Piedade do Paraopeba, Aranha e Conceição do Itaguá. (ALVES, 2019; PALHA, 2019)

No século XIX empresas estrangeiras, em sua maioria inglesas, adquiriram direitos de exploração minerária no Brasil, marco da segunda fase da mineração com o predomínio da extração do Manganês e do Ferro. As empresas também investiram nos setores ferroviário, agropecuário, bancário entre outros (FARIA, 2016)

No início do século XX, com a construção do Ramal Paraopeba, o distrito de Conceição do Itaguá foi utilizado como ponto central para a distribuição de materiais e suprimentos para a construção das linhas férreas.

Em 1917, foi inaugurada a estação ferroviária de Brumadinho, entre outras importantes estações ferroviárias, criadas entre 1917 e 1934. (IBGE, 2022). A ferrovia fez crescer em sua extensão o povoado que atualmente corresponde à Sede Municipal de Brumadinho. (FARIA, 2016)

As transformações sobre o território provocadas por essas novas estações resultaram, entre outras condicionantes, na criação do município de Brumadinho, que em 1938 foi desmembrado dos municípios de Bonfim, Itabirito e Nova Lima (IBGE, 2022). Atualmente parte dessa estrutura férrea é operada pelas empresas VLI Logística, do Grupo Vale S/A, e MRS Logística. (FARIA, 2016)

Em 1989, Brumadinho passou a integrar a Região Metropolitana de Belo Horizonte, em parte por conta dos aumentos de investimentos na exploração de minério de ferro, mas também por conta da construção da represa Rio Manso, de abastecimento de água da RMBH, integrando o Eixo Sul. (COSTA, 2020)

A partir da segunda metade do século XX, diante da redução no ritmo de exploração do minério de ferro em Brumadinho e Nova Lima, devido ao esgotamento das jazidas e/ou as quedas na rentabilidade. Algumas empresas de mineração redirecionaram o uso de áreas antes produtivas ou de apoio à produção para darem início à chamada “segunda safra” da mineração. (FREITAS, 2004). À medida que vem diminuindo a atividade mineradora, as empresas extraem a renda da segunda safra das áreas minerárias, qual seja, a renda imobiliária. (MENDONÇA, 2006)

A destinação das áreas para empreendimentos imobiliários possui diferentes segmentos, tais como: moradias, estruturas para trabalhos, lazer e obtinham, em sua maioria, apelo aos atributos ecológicos. Nesse espaço ocorrem processos que

indicam haver na urbanização características regidas por interesses específicos dos setores econômicos minerário e imobiliário que, muitas vezes, operam de maneira articulada. (FARIA, 2016)

A história da constituição das propriedades fundiárias que repartem o Eixo Sul mostra como as ações de empresas de mineração na aquisição massiva de terras criaram condições para as posteriores incorporações imobiliárias realizadas através de parcerias com construtoras (FREITAS, 2004)

Atualmente, o Eixo Sul da RMBH corresponde, em uma porção, por espaços produzidos para grupos de elevado poder aquisitivo para residirem e/ou consumirem serviços de entretenimento, gastronomia e turismo, dentre eles atividades do ecoturismo. Exemplo, os condomínios fechados e pousadas nos distritos de Casa Branca, Piedade do Paraopeba. Há também locais destinados à prática de ecoturismo, como o mirante do “Topo do Mundo”, o Parque do Rola-Moça, as trilhas e cachoeiras ao longo da serra da Moeda, e turismo cultural, como o Inhotim (FARIA, 2016).

Entretanto, a influência da mineração nos municípios minerários do Eixo Sul, como Brumadinho, é manifestada a partir da hegemonia por parte das grandes empresas mineradoras em contextos locais, regionais e estaduais, nos quais os interesses dessas grandes empresas condicionam os processos deliberativos desses territórios.

Em termos econômicos, o desenvolvimento da mineração de larga escala sabota e isola outros setores econômicos, expandindo sua presença em detrimento de outras atividades produtivas. A formação dessas relações de poder faz com que os empregos formais e as receitas dessas localidades sejam compostos em grande parte pela atividade mineradora de larga escala. Essa é uma dependência econômica gerada pela atuação e expansão do setor mineral, mas carrega também decisiva estrutura de hegemonia política por parte das mineradoras, num contexto formado por estratégias corporativas no território e em centros decisórios. (COELHO, 2020)

No dia 25 de janeiro de 2019, houve o colapso da barragem B1 da Vale S.A. construída na década de 1970 com a tecnologia chamada de “alçamento a montante”, pela empresa alemã, Ferteco, e adquirida pela Vale em 2001, esta barragem era responsável por conter rejeitos de minério de ferro pertencentes à mina de Córrego do Feijão. (CASTRO, 2021) Além das vidas perdidas, houve impactos ambientais e econômicos no município, tais como fechamento de estabelecimentos, no turismo,

agricultura familiar, que também se acentuaram pela pandemia da COVID-19. Além disso, os impactos ambientais devido ao rompimento da barragem foram inquestionáveis. Em 2021, foi realizada entrevista com Prefeito de Brumadinho, Avimar Barcelos, o qual demonstra preocupações com destino econômico do município.

Passados dois anos do rompimento da barragem da Vale, Brumadinho (MG) experimenta uma situação econômica confortável. Na análise da prefeitura, três fatores contribuem para esse cenário: um acordo feito com a Vale para compensar a queda de arrecadação, os auxílios emergenciais pagos pela mineradora à população e a chegada de empresas para as ações de reparação. No entanto, todos esses incrementos na economia do município são temporários. Por esta razão, há uma preocupação com o futuro, pois dificilmente a Vale retomará o patamar de produção que tinha anteriormente na cidade. (RODRIGUES, 2021)

3.2 Turismo em Brumadinho: quantificação da oferta turística

O município de Brumadinho faz parte da Região Turística Veredas do Paraopeba desde 2008, o Circuito Turístico Veredas do Paraopeba é formado pela integração de 15 municípios: Belo Vale, Bonfim, Brumadinho, Ibitité, Igarapé, Itaguara, Jaceaba, Juatuba, Mário Campos, Mateus Leme, Moeda, Piedade das Gerais, São Brás do Sapucaí, São Joaquim de Bicas, Sarzedo (MINISTÉRIO DO TURISMO, 2022). A missão do Circuito Turístico é:

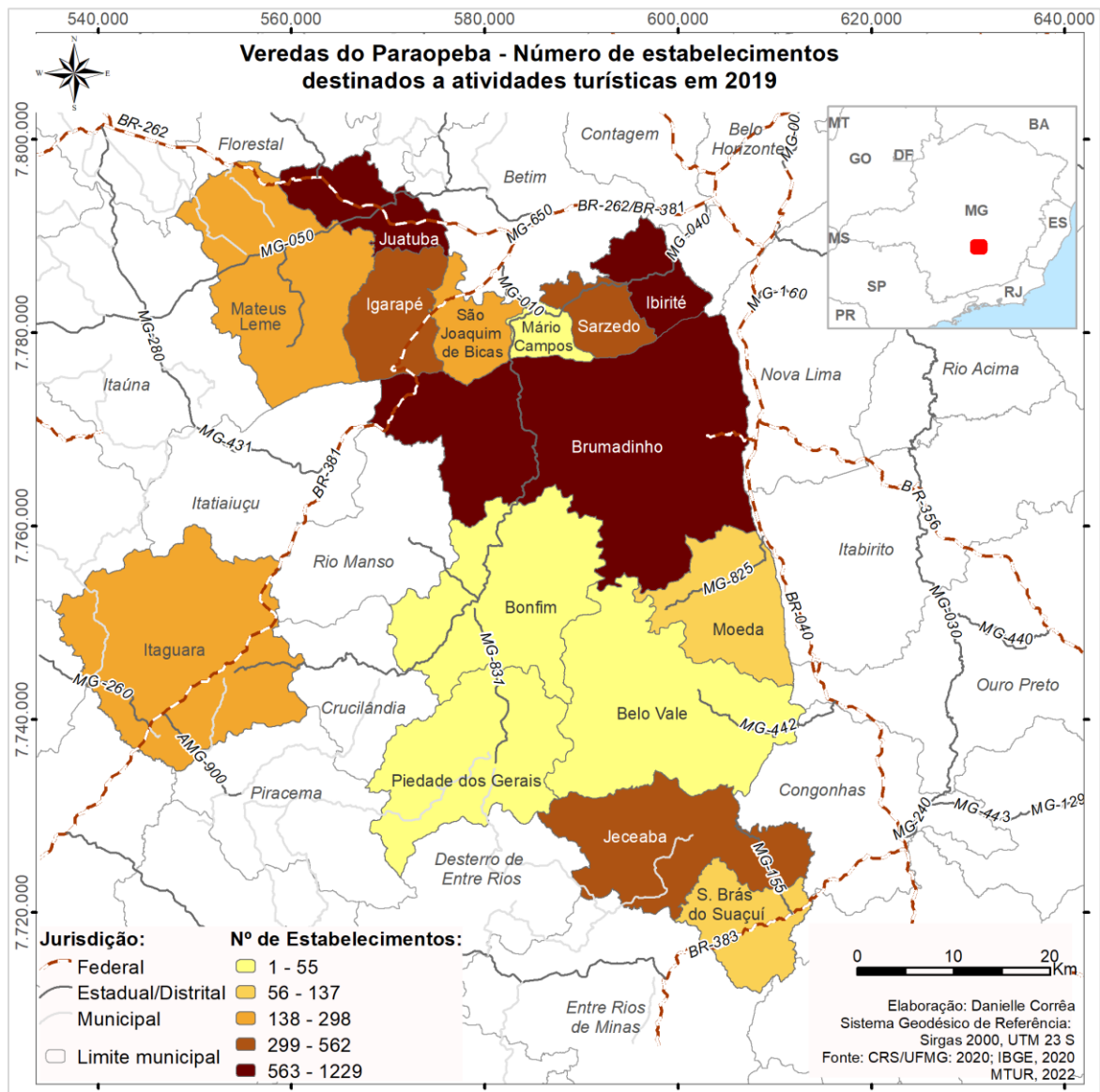
[...] promover o desenvolvimento do turismo sustentável, por meio da articulação dos atores locais e da proposição e gestão compartilhada de políticas, programas e projetos, buscando a melhoria de qualidade de vida das comunidades envolvidas, viabilizando a consolidação de uma atividade turística competitiva, atuando junto aos municípios e parceiros, buscando beneficiar toda a cadeia empresarial da região focando no bem estar dos visitantes. (NUNES, 2020)

A localização de Brumadinho se torna estratégica para o desenvolvimento do turismo, se for colocado em pauta o potencial turismo para segmentos diversificados do turismo, por a sua posição geográficas, contextos históricos, culturais e econômicos, ambientais, geológicos, político-administrativos compactuaram para o desenvolvimento da interface variada de atrativos turísticos. Os acessos interestaduais, BR-381 e intermunicipais, MG-40, também podem atuar como catalisadores desse tipo de serviço.

Alguns exemplos de pontos turísticos que atraem visitantes ao município são Inhotim, Estação Ferroviária de Brumadinho, Estação Ferroviária de Marinhos, a Casa de Cultura Carmita Passos, Fazenda Gorduras e o conjunto histórico e paisagístico da Serra da Calçada (Patrimônio Natural) e o sítio arqueológico, área delimitada em planta que inclui o forte de Brumadinho, caminho calçado, cava de mineração e outras estruturas arqueológicas descritas no processo de tombamento (IEPHA, 2019)

Na Figura 3, pode ser observado o número de estabelecimentos por atividades turísticas no Circuito Turístico Veredas do Paraopeba no ano de 2019, Brumadinho está destacado em laranja com 1.229, sendo o 1º colocado entre os 15 municípios. De acordo com o Observatório de Turismo de Minas Gerais houve um aumento do número de empregos formais fornecidos pela atividade Turística em Brumadinho entre os anos de 2006 a 2012. O que se deve de certo modo, a abertura em 2005, do Inhotim para visitas pré-agendadas de escolas da região e outros grupos. E, em 2006, o acesso à visitação do público sem os agendamentos prévios.

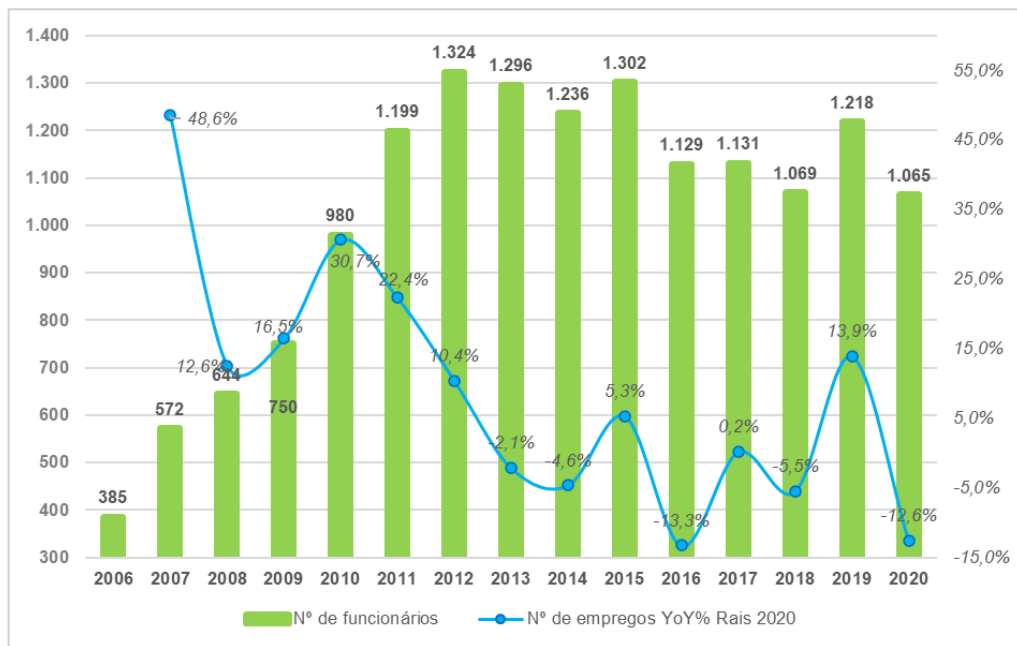
Figura 3 - Mapa com a representação do Número de estabelecimentos por atividade turística circuito turístico veredas do Paraopeba, 2019



Fonte: Elaborado pela autora, 2022

A partir de 2013 o número de empregos formais atribuídos ao turismo sofreu variações, com queda acentuada de 2016 a 2018, subindo em 2019 e caindo novamente em 2020. Ver Figura 4.

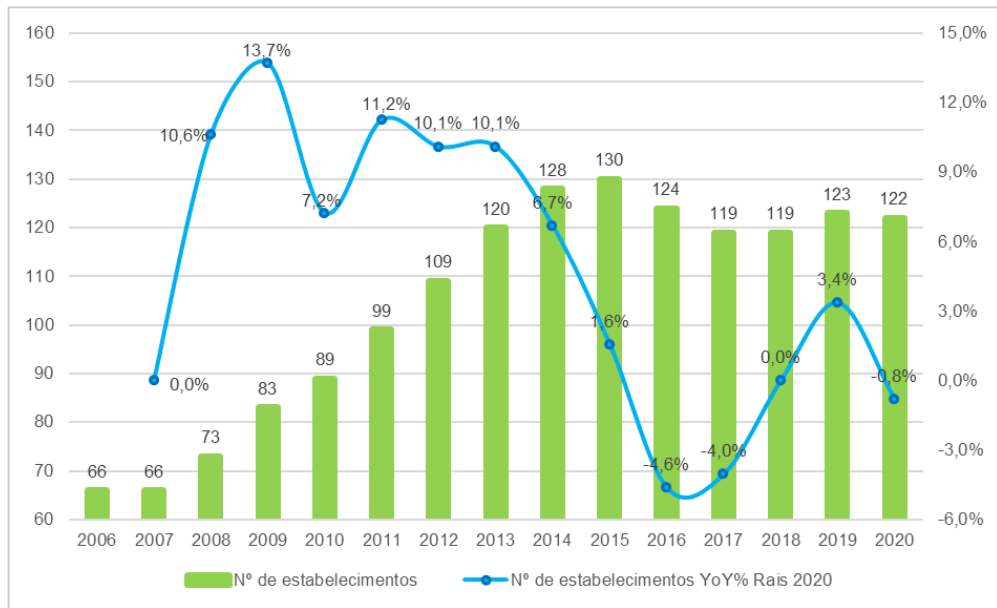
Figura 4- Número formal de empregos do Turismo em Brumadinho, MG (2006 a 2020)



Fonte: (SECULT-MG, 2022)

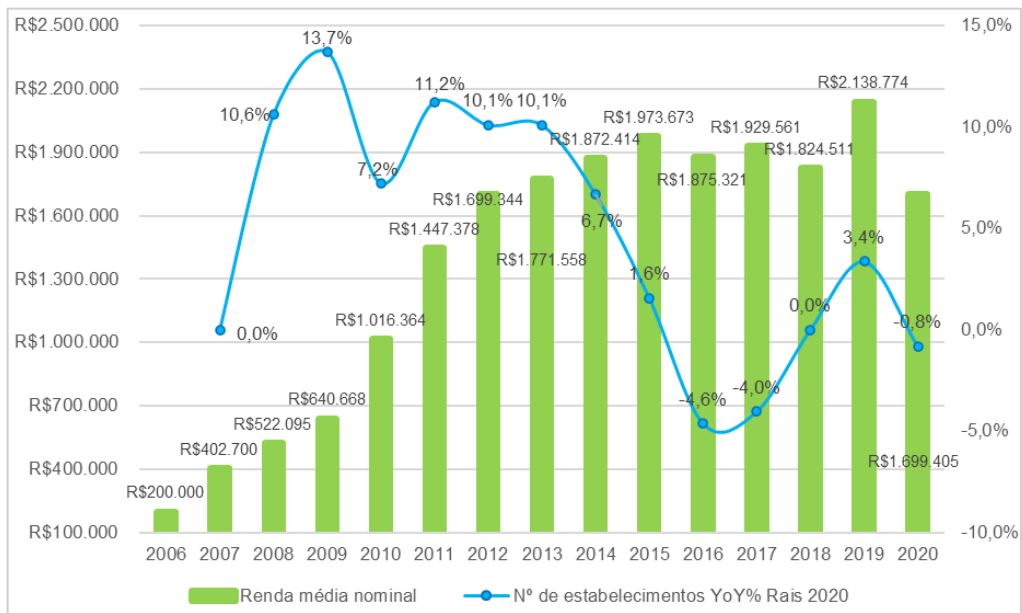
O número formal de estabelecimentos provindos da atividade Turística aumentou de 2006 a 2015, com queda a partir de 2016, com leve aumento a partir de 2019 e queda em 2020. Em comparação da Figura 5 e 6, observa-se que a renda média seguiu o padrão do número formal de estabelecimentos.

Figura 5 - Número formal de estabelecimentos do Turismo em Brumadinho, MG (2006 a 2020)



Fonte: (SECULT-MG, 2022)

Figura 6 - Renda média nominal formal do Turismo em Brumadinho, MG (2006 a 2020)



Fonte: (SECULT-MG, 2022)

3.3 Contextualização Ambiental de Brumadinho

O município de Brumadinho está contido no Bioma Mata Atlântica, pertence a Bacia do Rio Paraopeba (IBGE, 2020), possui em seu território, o Rio Paraopeba e parte do sistema Rio Manso, eles compõem uma densa rede hidrográfica e abastecem a RMBH. (MELO, 2017)

Unidades de Conservação, tais como: a Reserva Particular do Patrimônio Natural Inhotim (2010), Área de Proteção Ambiental APA Sul (1994), APE Estadual Bacia Hidrográfica do Rio Manso (Decreto 27928/88), APE Estadual Sub-bacia Hidrográfica do Ribeirão Catarina (Decreto 22092/82), Monumento Natural Municipal Mãe d'Água (Decreto munic. 087/2012 alt. Decreto munic. 138/2013).

Os principais impactos ambientais provêm da intensificação de atividades econômicas: como mineração, agricultura e expansão imobiliária. Em relação à mineração, além do dano causado pela extração, recentemente um impacto significativo foi o rompimento da barragem B1 em 2019 (PALHA, 2019)

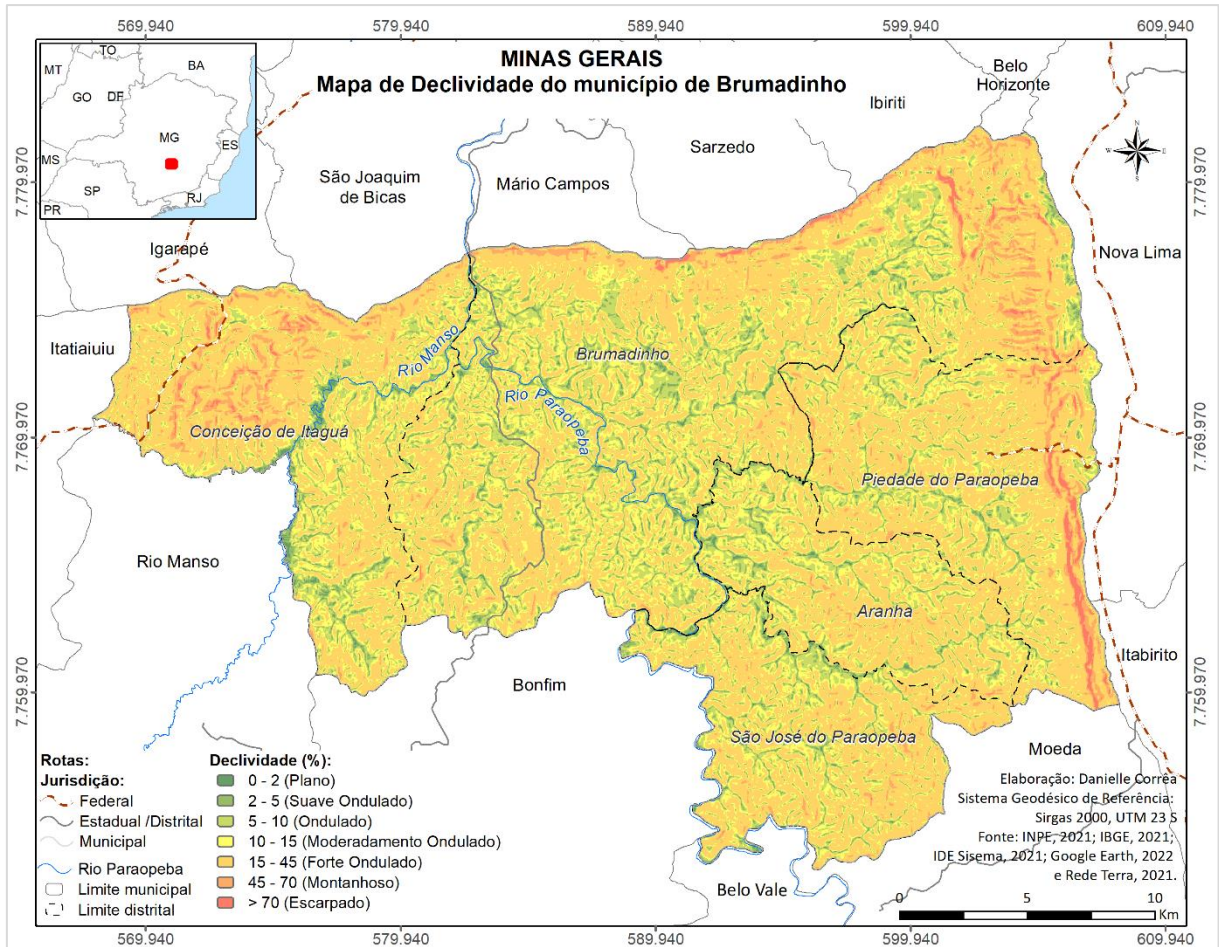
A destruição da cobertura vegetal, as alterações radicais no relevo, o assoreamento e o ressecamento dos cursos d'água, são alguns dos impactos provocados pelos processos econômicos. (GUIMARÃES, 2018)

O leste e extremo norte do município são compostos por Serras do Quadrilátero Ferrífero, entre elas a Serra da Moeda, que faz parte dos cinturões móveis do Neoproterozóico.

No Sudeste-Sul é localizada a Unidade Planalto Centro-Sul Mineiro, composta por Planaltos, dos cinturões móveis do Neoproterozóico.

A Noroeste possui declividade entre relevo escarpado e montanhoso, os locais representados pelos cursos dos rios são planos e afastando-se dos rios em média aproximada de 500 metros, o relevo apresenta-se por suave ondulado e 800 metros moderadamente ondulado, caracterizados por vales, distribuídos pelo território do município, como ao redor do Rio Paraopeba. O restante do município é composto por declividade Forte Ondulado. (Ver Figura 7)

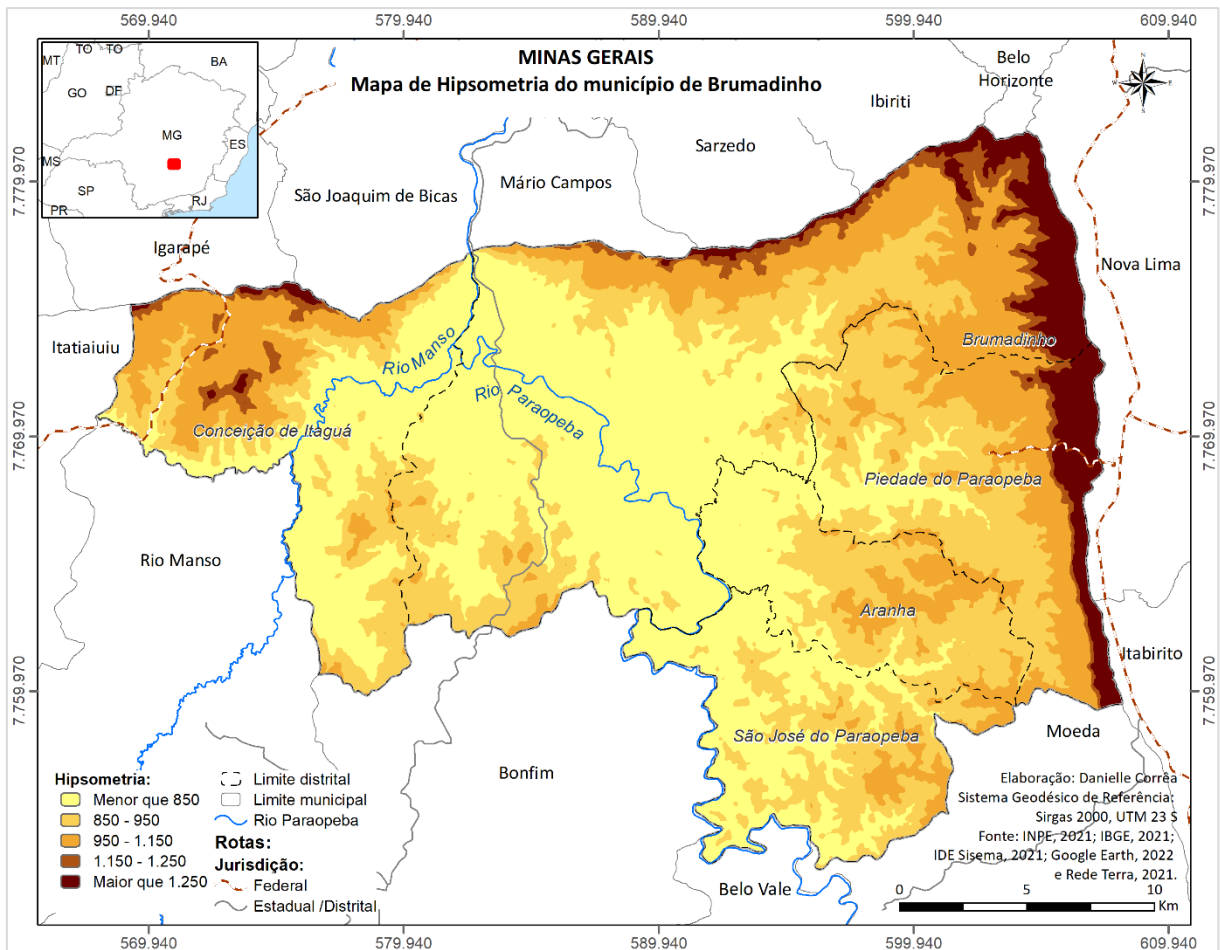
Figura 7 - Mapa de Declividade do município de Brumadinho, Minas Gerais



Fonte: Elaborado pela autora, 2022

A hipsometria nas regiões ao extremo Leste e Noroeste compostos por altitudes maiores que 1.250 m² e, entre, a aproximadamente 1,58 quilômetros da rodovia 381 e 3 quilômetros do Rio Paraopeba. Entrando para o município ao leste a altitude é de 950 a 1.150 e avançando para o interior do município de 850 a 950, e na região central e no curso do Rio Paraopeba e a Sudoeste de Brumadinho, altitudes menores que 850. Ver Figura 8 - Mapa de Hipsometria do município de Brumadinho, Minas Gerais

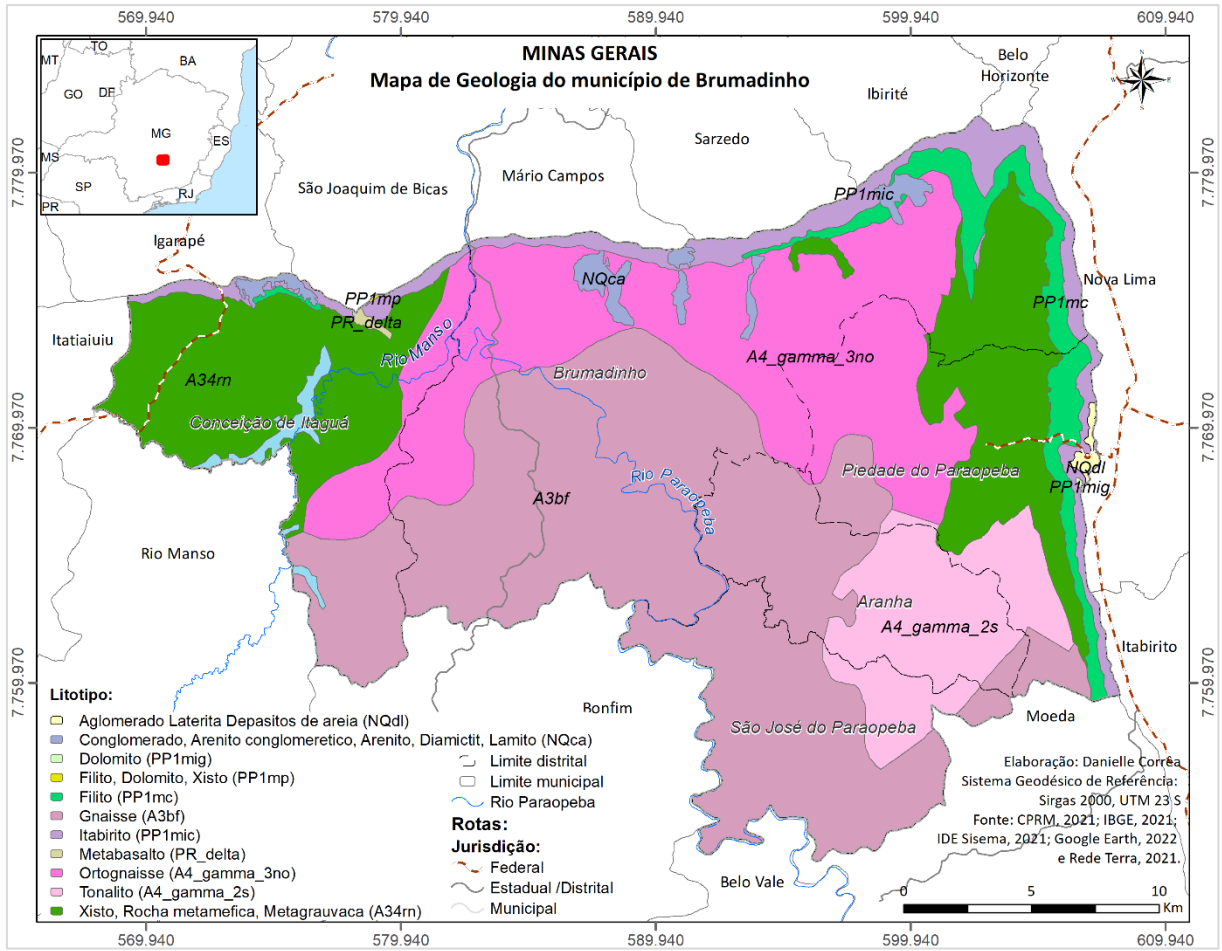
Figura 8- Mapa de Hipsometria do município de Brumadinho, Minas Gerais



Fonte: Elaborado pela autora, 2022

O Litotipo de Brumadinho é composto por Xisto, Rocha metamórfica e Metagrauvaca ao Leste e Noroeste do município, extremo Leste e Norte por Itabirito, ainda Leste entre as rochas de Xisto, Rocha metamórfica e Metagrauvaca e as rochas de Tonalita uma área de Filito. Adentrando para o interior do município à Norte a geologia é composta por Ortognaísse, a Sudeste a Tonalito, região Central, Sul e Sudeste por Gnaísse. Na região Norte existem alguns fragmentos de Conglomerado, Arenito conglomerático, Arenito, Diamictito e Lamito. Ver Figura 9.

Figura 9- Mapa de Geologia do município de Brumadinho, Minas Gerais

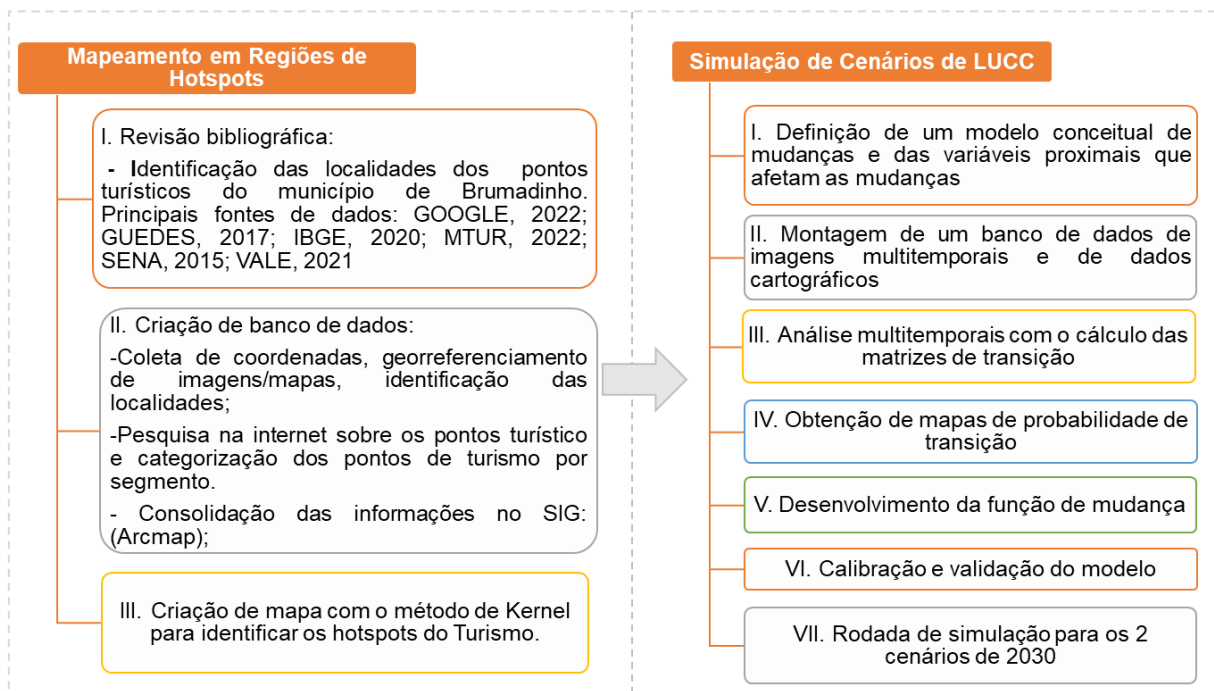


Fonte: Elaborado pela autora, 2022

4. MATERIAIS E MÉTODO

O trabalho foi desenvolvido em duas etapas: (i) mapeamento em regiões de hotspots; (ii) Criação de dois cenários de mudança de cobertura do uso solo para o ano de 2030; (Figura 10)

Figura 10- Diagrama metodológico

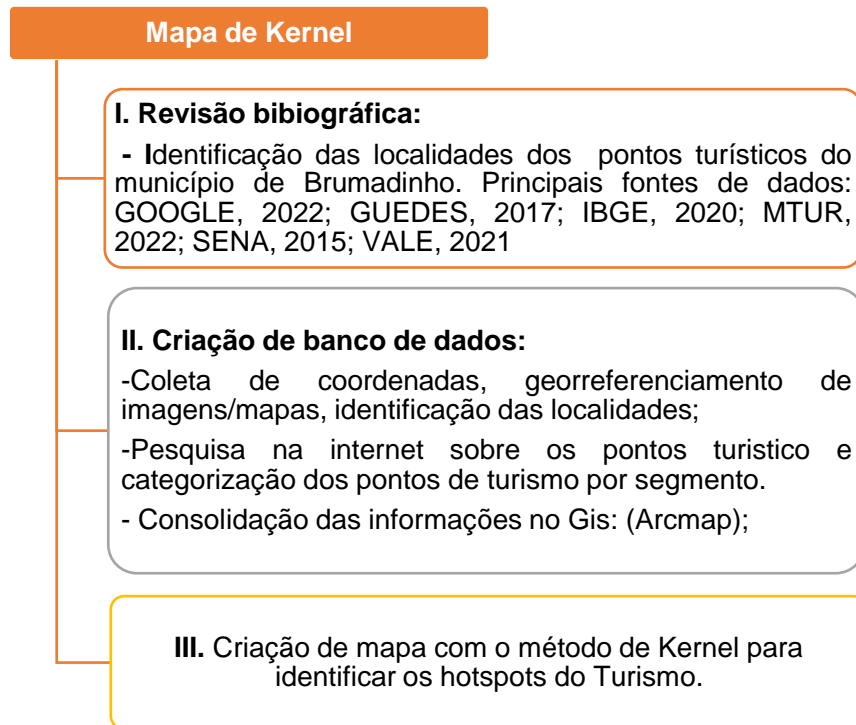


Fonte: Elaborado pela autora, 2021

4.1 Mapeamento em regiões de hotspots

A fim de obter a espacialização dos pontos de turismo e posteriormente os hotspots presentes no território da área de estudo, foram seguidos os passos da Figura 11, na qual, é possível identificar as fases de elaboração do mapa de Kernel.

Figura 11- Diagrama dos pontos de turismo e criação do mapa de kernel



Fonte: Elaborado pela autora, 2021

Inicialmente foi feita uma revisão bibliográfica buscando identificar os principais atrativos turísticos do município que foram espacializados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG). No levantamento dos atrativos turísticos do município de Brumadinho, foram consideradas as seguintes fontes: GOOGLE MAPS, 2022; GUEDES, 2017; IBGE, 2020; MTUR, 2022; SENA, 2015; VALE, 2021.

Para os pontos levantados foi criado um banco de dados e todas informações foram associadas as suas coordenadas geográficas. A segmentação foi baseada no Plano de Turismo da Prefeitura de Brumadinho (GUEDES, 2017) e na Proposta de segmentação do turismo (GIMENES MINASSE, 2020; JOHNER; CUNHA, 2016; KÖHLER, 2007; MINISTÉRIO DO TURISMO, 2008, 2018; SENA, 2015).

A construção das zonas de hotspots foi realizada por meio do algoritmo de densidade de Kernel que utiliza uma divisão regular da área de estudo (NUNES JUNIOR, 2020). Na construção de hotspots é considerada a seguinte hipótese: as regiões com maior número de atrativos turísticos são mais propensas a consolidação e desenvolvimento do Turismo Sustentável.

Para a criação dos hotspots foi utilizado o ArcMap 10.8 nele foi especificado na configuração de saída da ferramenta Kernel Density a configuração do Sistema de

Coordenadas Planas UTM 23 S *datum* SIRGAS2000. Desse modo, o resultado da escala de unidade será em metros, sendo definido cálculo para 1.000 metros.

4.2 Cenários de mudança de cobertura do uso da terra para 2030

O desenvolvimento de um modelo de simulação de mudanças da paisagem passa pela solução da Equação 1, a qual representa a função que descreve as mudanças nos padrões espaciais de um tempo t para um novo padrão espacial no tempo $t+v$:

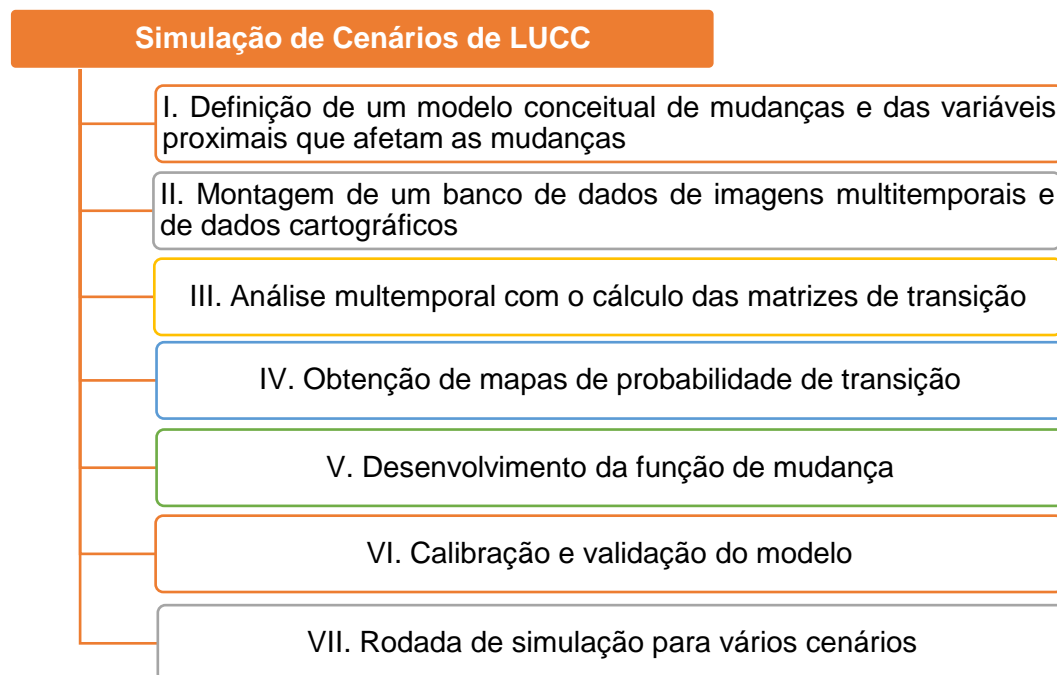
$$X_{t+v} = f(X_t, Y_t) \quad \text{Equação 1}$$

onde X_t é o padrão espacial no tempo t , e Y_t é o vetor ou conjunto escalar de variáveis que afetam a transição, no caso, variáveis com coordenadas espaciais. (BRITALDO-FILHO et al., 2007)

Desse modo, os componentes básicos do modelo de mudança da paisagem são: (1) configuração inicial; (2) função de mudança; e (3) configuração de saída.

Na Figura 12, observa-se o diagrama com os passos para a modelagem e simulação de cenários de LUCC.

Figura 12- Diagrama de desenvolvimento e aplicação de um modelo de simulação



Fonte: (BRITALDO-FILHO et al., 2007) Elaborado pela autora, 2021

Os *softwares* utilizados para processar os dados foram Arcgis 10.8 e o Dinamica EGO.

O Dinamica EGO foi utilizado para chegar aos resultados obtido da simulação e cenários futuros, ele tem sido aplicado a uma variedade de estudos, como modelagem de crescimento urbano (DE ALMEIDA et al., 2003; THAPA; MURAYAMA, 2011) desmatamento tropical de escalas locais para escalas de bacias (CUEVAS; MAS, 2008; KIMBERLY; LISA, 2009; MAS; FLAMENCO SANDOVAL, 2011; SOARES-FILHO; RODRIGUES; FOLLADOR, 2013; SOARES-FILHO et al., 2006), simulação e regimes de fogo (BRANDO et al., 2020; ILVESTRINI et al., 2011; SILVESTRINI et al., 2011; SOARES-FILHO et al., 2012) a avaliação dos custos e benefícios da redução das emissões de carbono por desmatamento e degradação florestal (NEPSTAD et al., 2009), a avaliação do papel das áreas protegidas na redução das emissões de carbono (NUNES et al., 2012; SOARES-FILHO et al., 2010; YANAI et al., 2012)

Pode ser observado na Figura 13, o fluxograma de desenvolvimento e aplicação de um modelo de simulação que foi utilizado como base teórica para elaboração do Lucc.

- l) Definição de um modelo conceitual de mudanças e das variáveis proximais que afetam as mudanças

O modelo selecionado para ser utilizado na presente pesquisa foi o de Modelagem de Mudanças do Uso e Ocupação da Terra (LUCC). Ver Quadro 3 O modelo de simulação de mudanças escolhido foi o da matriz de transição (Equação 2), que consiste na distribuição da quantidade de mudanças por toda a paisagem, ou seja, o primeiro componente da função de mudança. (BRITALDO-FILHO et al., 2007)

$$\begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ \cdot \\ j \end{bmatrix}_{t=v} = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{21} & P_{\cdot 1} & P_{j1} \\ P_{12} & P_{22} & P_{\cdot 2} & P_{j2} \\ P_{1\cdot} & P_{2\cdot} & P_{\cdot\cdot} & P_{j\cdot} \\ P_{1j} & P_{2j} & P_{\cdot j} & P_{jj} \end{bmatrix}^v * \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ \cdot \\ j \end{bmatrix}_{t=0} \quad \text{Equação 2}$$

A matriz P_{ij} é conhecida como matriz de transição, na qual as colunas representam as probabilidades de um determinado estado i permanecer no mesmo estado ou mudar para o estado j durante o intervalo de tempo de $t \rightarrow t + v$, de modo que:

$$\sum_{i=1}^n P_{ij} = 1, i = 1, 2, \dots, n. \quad \text{Equação 3}$$

sendo o estimador de P_{ij} dado pela Equação 4, onde n é o número de estados na paisagem.

$$\hat{P}_{ij} = \frac{n_{ij}}{\sum_{j=1}^n n_{ij}} \quad \text{Equação 4}$$

Foi realizado o mapeamento dos padrões mutáveis de uso e cobertura do solo da área de estudo, Brumadinho e área de 2 km através do cálculo de um *buffer*. Para isso, foram necessários métodos de levantamento que possibilitassem a identificação das mudanças na paisagem. Para este propósito, foram utilizadas como fonte de

dados, mapas previamente existentes, fotografias aéreas, dados publicados por censos e sensoriamento remoto orbital. (Quadro 3).

Quadro 3 – Estrutura do Modelo de Mudanças de Uso e Ocupação da Terra utilizado

Simulação e Validação das variáveis e modelo LUC	
1.	Seleção das imagens multitemporais
2.	Cálculo das matrizes de transição de 1990 para 2005
3.	Seleção de variáveis contínuas e categóricas
4.	Cálculo de intervalos para categorizar variáveis contínuas
5.	Cálculo de pesos de evidência
6.	Análise da correlação do mapa
7.	Configuração a execução de um modelo de simulação LUC de 2005 para 2020
8.	Validação e simulação usando a função de decadência constante de várias janelas
9.	Execução da simulação com formação de patches
10.	Configuração e execução um modelo de simulação LUC, sem as variáveis de pesos de evidência
11.	Validação a simulação usando a função de decadência constante de várias janelas
12.	Execução da simulação com formação de patches;
13.	Configuração e execução um modelo de simulação LUC, retirando os pesos de evidência (2005 para 2020)
14.	Comparação do valor das multijanelas do modelo com pesos de evidência e os sem peso de evidência para avaliar se as variáveis fizeram efeito no processo de transição;
15.	Comparação do valor das multijanelas do modelo com pesos de evidência, com o cálculo das patches e os sem peso de evidência com cálculo de patches para avaliar se as variáveis fizeram efeito no processo de transição;
16.	Elaboração dos mapas de comparação entre os mapas de 2020 simulados, com o de 2020 observado.
Após validação do modelo	
17.	Cálculo das matrizes de transição de 2005 para 2020;
18.	Calculo de pesos de evidência com as variáveis para o cenário futuro 1 e para o cenário futuro 2, relacionados ao turismo sustentável.
19.	Configuração e execução de um modelo de simulação LUC de 2020 para 2030 para o primeiro cenário.
20.	Configuração e execução de um modelo de simulação LUC de 2020 para 2030 para o segundo cenário.
21.	Análise dos dados.

Fonte: Adaptado de (BRITALDO-FILHO et al., 2007) Elaborado pela autora, 2021

II) Montagem de um banco de dados de imagens multitemporais e de dados cartográficos;

Na Quadro 4 são apresentadas as classes com suas respectivas descrições realizadas pelo MAPBiomias referente a Coleção 6.

Quadro 4 – Classes e descrições do MAPBIOMAS

ID	Classe	Descrição
3	Formação Florestal	Floresta Ombrófila Densa, Aberta e Mista e Floresta Estacional Semidecídua, Floresta Estacional Decidual e Formação Pioneira Arbórea. D, A, M, F, C, P
4	Formação Savânica	Savanas, Savanas-Estépicas Florestadas e Arborizadas
11	Campo Alagado e Área Pantanosa	Vegetação com influência fluvial e/ou lacustre
12	Formação Campestre	Savanas e Savanas-Estépicas Parque e Gramíneo-Lenhosa, Estepe e Pioneiras Arbustivas e Herbáceas.
29	Afloramento Rochoso	Rochas naturalmente expostas na superfície terrestre sem cobertura de solo, muitas vezes com presença parcial de vegetação rupícola e alta declividade
9	Silvicultura	Espécies arbóreas plantadas para fins comerciais (ex. pinus, eucalipto, araucária).
41	Outras Lavouras Temporárias	Áreas ocupadas com cultivos agrícolas de curta ou média duração, geralmente com ciclo vegetativo inferior a um ano, que após a colheita necessitam de novo plantio para produzir.
46	Café (beta)	Áreas cultivadas com a cultura do café.
15	Pastagem	Área de pastagem, predominantemente plantadas, vinculadas a atividade agropecuária. As áreas de pastagem natural são predominantemente classificadas como formação campestre que podem ou não ser pastejadas.
21	Mosaico de Agricultura e Pastagem	Áreas de uso agropecuário onde não foi possível distinguir entre pastagem e agricultura.
24	Área Urbanizada	Áreas urbanizadas com predomínio de superfícies não vegetadas, incluindo estradas, vias e edificações.
25	Outras Áreas não vegetadas	Áreas de superfícies não permeáveis (infraestrutura, expansão urbana ou mineração) não mapeadas em suas classes.
30	Mineração	Áreas referentes a extração mineral de porte industrial ou artesanal (garimpos), havendo clara exposição do solo por ação por ação antrópica. Somente são consideradas áreas próximas a referências espaciais de recursos minerais do CPRM (GeoSGB), da AhkBrasilien (AHK), do projeto DETER (INPE), do Instituto Socioambiental (ISA) e de FL Lobo et al. 2018
33	Rio, Lago e Oceano	Rios, lagos, represas, reservatórios e outros corpos d'água

Fonte: MAPBIOMAS, Coleção 6. Elaborado pela autora, 2022

No Quadro 5 podem ser identificadas as variáveis proximais selecionadas inicialmente para serem realizados os testes de calibração.

Quadro 5 – Variáveis categóricas e contínuas

Variáveis Categóricas	Arquivo	Fonte
Declividade (Classes: menor que 25, 43 e maior que 43%)	Arquivo Raster SRTM, processado no ArcMap para cálculo da declividade, reclassificado e transformado em arquivo raster com pixel tamanho 30 metros ²	INPE/2021
buffer Turismo 500 metros	Planilhas, endereços, mapas (arquivos tratados em Excel, software de Gis), após a organização dos dados foi realizada a criação de pontos e buffer de 500 metros. Os pontos foram categorizados de acordo com o tipo de turismo que cada um representa. Posteriormente, transformado em arquivo raster com pixel tamanho 30 metros ²	GOOGLE, 2022; GUEDES, 2017; IBGE, 2020; MTUR, 2022; SENA, 2015; VALE, 2021
Represa	Represa Rio Manso foi vetorizada imagem do Google Earth 2021, posteriormente, transformada em arquivo raster com pixel tamanho 30 metros ²	GOOGLE EARTH, 2022
Reserva Legal	Foram baixados os arquivos vetoriais no sistema SICAR, por município, realizado "merge", posteriormente, recorte do arquivo, seleção dos tipos "Aprovada e Averbada", "Aprovada e não averbada". Transformada em arquivo raster com pixel tamanho 30 metros ²	SICAR, 2022
Impacto Ambiental	Mancha do Impacto Ambiental, rompimento da barragem B1 – Córrego do Feijão. Transformada em arquivo raster com pixel tamanho 30 metros ²	IDE SISEMA, 2021
Unidades de Conservação	Reclassificado e transformada em arquivo raster com pixel tamanho 30 metros ²	IDE SISEMA, 2021
Litotipo	Reclassificado e transformada em arquivo raster com pixel tamanho 30 metros ²	IDE SISEMA, 2021
Variáveis Contínuas	Arquivo	Fonte
Kernel pontos de turismo	Planilhas, endereços, mapas (arquivos tratados em Excel, software de Gis), após a organização dos dados foi realizada a aplicação do cálculo de Kernel para os pontos	GOOGLE, 2022; GUEDES, 2017; IBGE, 2020; MTUR, 2022; SENA, 2015; VALE, 2021
Distância euclidiana as localidades	Catálogo dos pontos em arquivo vetorial, transformação em arquivo raster com pixel tamanho 30 metros ² , cálculo da distância euclidiana através do software Dinâmica Ego	Conhecimento de pesquisa e IBGE, 2010
Distância euclidiana aos logradouros	Transformação em arquivo raster com pixel tamanho 30 metros ² , cálculo da distância euclidiana através do software Dinâmica Ego	IBGE, 2022

Distância euclidiana aos Rios Principais	Seleção dos Rios Manso e Paraopeba, transformação em raster 30 m ² de resolução, posteriormente, cálculo da distância euclidiana através do software Dinâmica Ego	IDE SISEMA, 2021
Distância das vias principais	Seleção das Vias Principais, transformação em raster 30 m ² de resolução, posteriormente, cálculo da distância euclidiana através do software Dinâmica Ego	IDE SISEMA, 2021
Hipsometria	Arquivo Raster SRTM, reclassificado e transformado em arquivo raster com pixel tamanho 30 metros ²	INPE/2021
Modelo Gravitacional	Foi baixado o arquivo de grades estatísticas do IBGE com as informações referentes aos valores populacionais por quadrado de 100 m ² , posteriormente foi utilizado o functor " <i>Calc Interaction Potential Map</i> " do Dinamica Ego. Este <i>functor</i> gera um mapa de potencial de interação, que é um modelo gravitacional entre células nulas e células não nulas cujos valores representam as massas gravitacionais. O denominador é uma função da distância às células não nulas elevada a um expoente que denota um coeficiente de atrito.	IBGE, 2010
Distância Euclidiana às barragens	Seleção das barragens de rejeito, transformação em raster 30 m ² de resolução, posteriormente, cálculo da distância euclidiana através do software Dinâmica Ego	IDE SISEMA, 2021
Distância Euclidiana às ferrovias	Recorte da ferrovia para a área de estudo, transformação em raster 30 m ² de resolução, posteriormente, cálculo da distância euclidiana através do software Dinâmica Ego	IBGE, 2010
Distância Euclidiana dos centróide das áreas de processos minerários ativos - concessão de lavra	Transformação dos arquivos vetoriais de polígonos para centroide (pontos), posteriormente filtrado os casos que estavam ativos e em concessão de lavra	SIGMINE, 2022
Cálculo entre a distância euclidiana de vegetação natural à mineração	Utilização do <i>functor</i> do Dinamica ego " <i>Calc distance Map</i> " Este <i>functor</i> calcula um mapa representando a distância de fachada (em metros) entre uma célula e a célula mais próxima de uma determinada categoria especificada na entrada "Mapa Categórico". Para isso foi utilizado como base para o cálculo o mapa já reclassificado de uso e ocupação do solo de 1990 para Calibragem	MAPBIOMAS, Coleção 6, 2021
Cálculo entre a distância euclidiana de vegetação natural a áreas antrópicas agrícolas	Utilização do <i>functor</i> do Dinamica ego " <i>Calc distance Map</i> " Este <i>functor</i> calcula um mapa representando a distância de fachada (em metros) entre uma célula e a célula mais próxima de uma determinada categoria especificada na entrada "Mapa Categórico". Para isso foi utilizado	MAPBIOMAS, Coleção 6, 2021

	como base para o cálculo o mapa já reclassificado de uso e ocupação do solo de 1990 para Calibragem	
Cálculo entre a distância euclidiana de áreas antrópicas agrícolas a áreas de vegetação natural	Utilização do <i>functor</i> do Dinamica ego " <i>Calc distance Map</i> " Este <i>functor</i> calcula um mapa representando a distância de fachada (em metros) entre uma célula e a célula mais próxima de uma determinada categoria especificada na entrada "Mapa Categórico". Para isso foi utilizado como base para o cálculo o mapa já reclassificado de uso e ocupação do solo de 1990 para Calibragem	MAPBIOMAS, Coleção 6, 2021

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

III) Análise multitemporal com o cálculo das matrizes de transição

Análise multitemporal com cálculo das matrizes de transição: O functor utilizado para cálculos das matrizes de transição foi o "determine transition matrix" que calcula a quantidade de mudanças, multiplicando as taxas de transição pelo número de células de cada categoria a ser alterada. O cálculo da Matrix de Transição realizados foram o Single2 e multi3 no Dinâmica Ego 6, para cálculo das classes reclassificadas do período de 1990 para 2005.

IV) Desenvolvimento da função de mudanças

A matriz do período foi anualizada através da propriedade de matrizes ergódicas (Equação 5), as quais convergem para uma distribuição estacionária.

$$P^{\frac{1}{t}} = H V^{\frac{1}{t}} H^{-1} \quad \text{Equação 5}$$

² A matriz de etapa única corresponde a um período representado como uma etapa de tempo única, por sua vez a matriz de várias etapas corresponde a uma unidade de etapa de tempo (ano, mês, dia etc.) de graus. Para o Dinâmica EGO, o passo de tempo pode abranger qualquer intervalo de tempo, uma vez que a unidade de tempo é apenas uma referência externa.

³ Uma matriz de transição de múltiplos passos só pode ser derivada de uma matriz ergódica, ou seja, uma matriz que possui valores e vetores de número real Eigen.

onde P é a matriz de transição, H e V são seus autovetores e autovalores e 1/t é a fração desejada do intervalo de tempo.

V) Calibração e validação do modelo

Os períodos de 1990 a 2005 como calibração e de 2005 a 2020 para a validação, com cenário projetado para 2030, o processo de modelagem ocorre no programa DINAMICA EGO do CSR/UFMG e foram utilizadas as matrizes disponibilizadas pelo MapBiomass e foi realizada a classificação dos usos do solo.

Foi utilizado o método de pesos de evidência (*weights of evidence*) que consistem em um método bayesiano. O peso de evidência representa a influência de cada categoria (faixa de valores) de certa variável nas probabilidades espaciais de uma transição $i \Rightarrow j$, sendo calculado pelas Equações 6 e 7:

$$O\{D/B\} = O\{D\} \frac{P\{B/D\}}{P\{B/\bar{D}\}} \quad \text{Equação 6}$$

$$\log\{D/B\} = \log\{D\} + W^+ \quad \text{Equação 7}$$

onde $O\{D\}$ e $O\{D/B\}$ são as razões de chances, respectivamente, de ocorrer a priori o evento D e de ocorrer D dado um padrão espacial B, no exemplo de um determinado tipo de solo ou faixa de distância à estrada. W^+ é o peso de evidência de ocorrer o evento D, dado um padrão espacial B.

A probabilidade a posteriori de uma transição $i \Rightarrow j$, dado um conjunto de dados espaciais e considerando que $O\{D\}=1$, pois esta já é passada ao modelo via matriz de transição, é expressa pela seguinte equação:

$$P(i \Rightarrow j(x,y)/V) = \frac{e^{\sum_k W_k^{i \Rightarrow j(V),xy}}}{1 + \sum_y e^{\sum_k W_k^{i \Rightarrow j(V),xy}}} \quad \text{Equação 8}$$

onde V representa um vetor de k variáveis espaciais, medidas nas localidades x, y e representadas por seus pesos $W^+_{k1 \times y}$, $W^+_{k2 \times y}$, ..., $W^+_{kn \times y}$, sendo n o número de categorias de cada variável k.

VI) Rodada de simulação para vários cenários:

Foram gerados dois cenários para simulação do período de 2020 a 2030.

Para o cenário 1 foi realizada a simulação de 2020 para 2030, composta pelos pesos de evidência calibrados e validados de acordo com (BRITALDO-FILHO et al., 2007), esse cenário tem como objetivo apresentar a modelagem futura, sem as propostas de intervenções para o Turismo Sustentável em Brumadinho.

No cenário 2, considerou-se a implementação do Parque Jangada e de uma rota estratégica que liga pontos importantes para a dinâmica do turismo (Ver figura 13). O parque e a rota foram propostos com a participação da comunidade local interessada no desenvolvimento do turismo sustentável a partir de oficinas participativas orientadas pela Rede Terra em 2019. A área definida para criação da unidade de conservação contempla importantes cursos d'água, cachoeiras e nascentes e a ideia é que sejam fomentadas atividades de educação ambiental de forma integrada com importantes atrativos da região, como o Sítio Arqueológico do Forte Brumadinho.

Figura 13 - Localização do Parque Jangada e rota estratégica para o turismo



Fonte: (REDE TERRA, 2019)

Também foram utilizados na modelagem do cenário a implementação das rotas de turismo previstas no plano de turismo do município, elas foram calculadas por meio do Google Maps (GUEDES, 2017) (Ver quadro 06) e o mapeamento de regiões de hotspots dos segmentos turísticos GOOGLE MAPS, 2022; GUEDES, 2017; IBGE, 2020; MTUR, 2022; SENA, 2015; VALE, 2021.

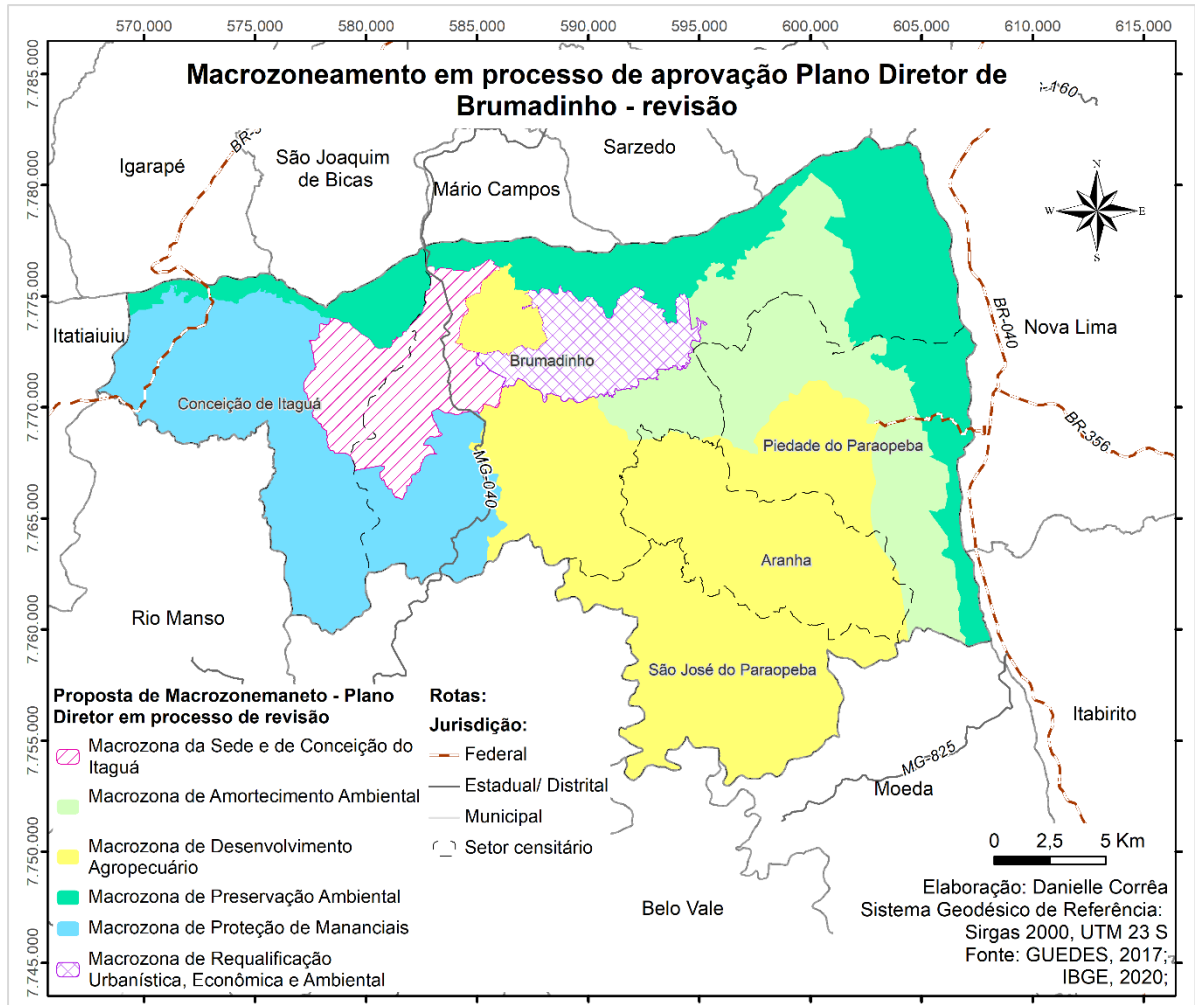
Quadro 6 – Roteiros turísticos

Âmbito Municipal	
Roteirização 01	Sede / Conceição de Itaguá / Inhotim - Sede / Córrego do Feijão / Casa Branca
Roteirização 02	Sede / Melo Franco / Aranha / Palhano / Piedade do Paraopeba
Roteirização 03	Casa Branca / Piedade do Paraopeba / Palhano / Marinheiros / Fazenda Boa Vitória. - Etc.
Âmbito regional	
Roteirização 04	Brumadinho (Piedade do Paraopeba / Restaurante Rancho do Peixe / Ateliê de Cerâmica Regina Rocha, etc.) + Moeda (Alambique Las Casas / Ruínas da Casa de Fundação de São Caetano da Moeda Velha, etc.).
Roteirização 05	Brumadinho (Piedade do Paraopeba / Casa Branca / Parque Estadual da Serra do Rola Moça) + Nova Lima (Centro Histórico)
Roteirização 06	Brumadinho (Piedade do Paraopeba / Casa Branca / Parque Estadual da Serra do Rola Moça) + Nova Lima (São Sebastião das Águas Claras).
Integração de Brumadinho a outros municípios turísticos	
Roteirização 07	Brumadinho (Alambiques) + Betim (Fazenda Vale Verde)
Roteirização 08	Brumadinho (Inhotim)+ Congonhas (Santuário de Bom Jesus do Matosinhos).
Roteirização 09	Brumadinho (Inhotim) + Belo Horizonte (Complexo Arquitetônico da Lagoa da Pampulha).
Roteirização 10	Brumadinho (Piedade do Paraopeba / Via das Sete Dores) + Caeté (Serra da Piedade / Santuário de Nossa Senhora da Piedade).

Fonte: (GUEDES, 2017)

Após a criação dos dois cenários foram destacadas e calculadas as áreas de potencial para o turismo sustentável, de acordo com o macrozoneamento que orienta a atividade turística: Macrozona de Amortecimento Ambiental, Proteção de Mananciais e Preservação Ambiental. (PREFEITURA MUNICIPAL DE BRUMADINHO, 2022). (Ver figura 14)

Figura 14 – Macrozoneamento: Revisão do Plano Diretor de Brumadinho



Fonte: PREFEITURA DE BRUMADINHO, 2021.

5. RESULTADOS

5.1 Os hotspots de turismo

Os pontos turísticos mapeados na presente pesquisa compõem um quantitativo de 112 localidades e 3 postos de atendimento ao turista. A espacialização dos pontos no município de Brumadinho e arredores foi feita com com *buffer* de 2 km. Levou-se em consideração os acessos, biomas, áreas minerárias e pontos turísticos.

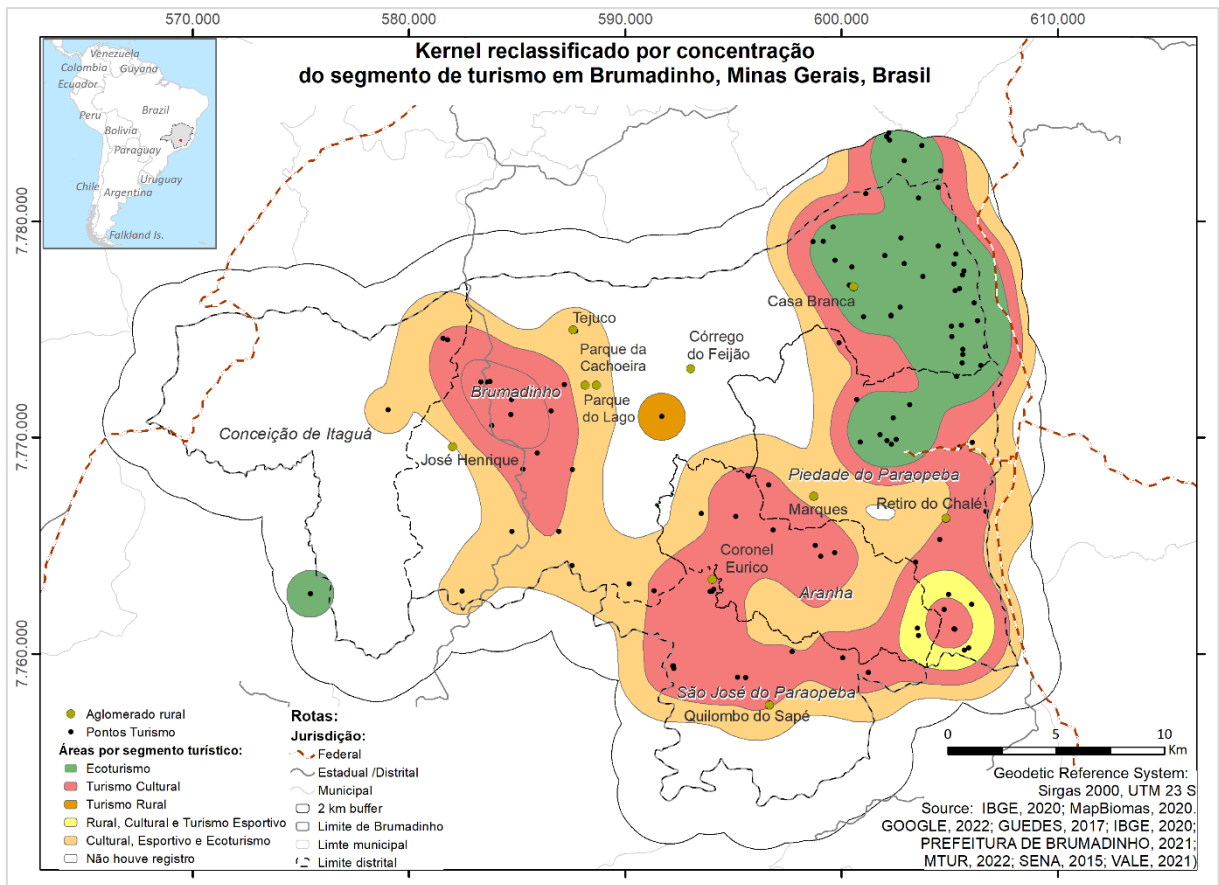
O mapa de Kernel resultante foi reclassificado em função dos diferentes segmentos. O segmento de ecoturismo e turismo esportivo predomina na região da Serra da Moeda, apresenta-se através de uma trilha para caminhada, rampa de voo ao ar livre, região do Topo do Mundo, entre outros.

O turismo cultural predomina nos centros urbanos do município, principalmente nas vilas, como o Instituto Inhotim, Santuário Nossa Senhora da Piedade, Estação Ferroviária de Brumadinho, entre outros.

O turismo rural prevalece nas regiões em que existem maior concentração de fazendas, chácaras, sítios e a utilização do uso do solo para a agricultura, exemplo, Rancho dos Caminhos das Tropas, Fazenda Sant' Anna Haras VMI, Região com Haras e Cavalgadas em Casa Branca.

As áreas classificadas como rural, cultural e turismo esportivo, representa a área em que os três tipos de segmento coexistem, o mesmo caso acontece para a área classificada como rural, cultural e turismo esportivo. (Ver figura 15)

Figura 15 - Mapeamento de pontos de turismo



Fonte: Elaborado pela autora, 2022

Os atrativos turísticos se manifestam de forma diversificada nos distritos. A maior concentração de atrativos (cerca de 50%) está na sede do município, como por exemplo, os atrativos: Mirante do Forte de Brumadinho, Mirante Emago, Monumento Natural Serra da Calçada, Cachoeira das Ostras, Trilha dos Escravos, entre outros. Esse quantitativo é reflexo, em parte, da infraestrutura disponível e do tamanho da área da sede que é maior do que a dos distritos. (GUEDES, 2017) (Ver figura 16).

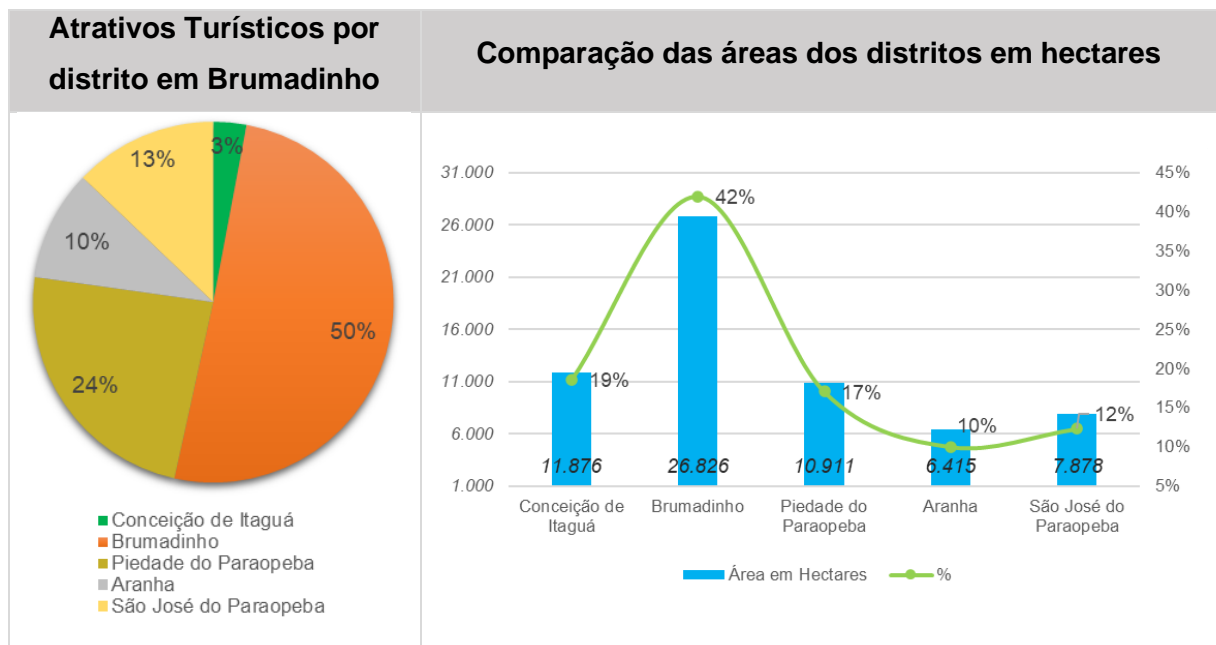
O distrito de Piedade do Paraopeba segue como o 2º colocado no quesito atrativos turísticos, com 24% dos atrativos e o 3º com a maior área (10.911 hectares – 17%). Esse distrito foi um dos mais antigos povoados mineiros com grande potencial para o turismo cultural, com os seguintes atrativos: Igreja Nossa Senhora da Piedade, Oratório da Santinha, Chafariz de Suzana; além áreas propícias à prática de esportes radicais, como regiões de mototurismo, cicloturismo, entre outros.

O terceiro colocado no quesito atrativos turísticos é o distrito de São José do Paraopeba e o 4º em relação a área (7.878 hectares – 12%). Com elevada

representação do turismo cultural, exemplo, Ponte Córrego do Engenho, Cruzeiro São José do Paraopeba, Pátio Ferroviário de Coronel Eurico, Capela Santana de Martins, entre outros.

O quarto colocado no quesito atrativos turísticos é o distrito de Aranha e o 5º em relação a área (6.415 hectares – 10%), o distrito caracteriza-se pela maior incidência do Turismo Cultural (Cristo de Aranha, Igreja São Judas Tadeu); Turismo Rural (Haras Red Zero, Haras Capitão Lucão).

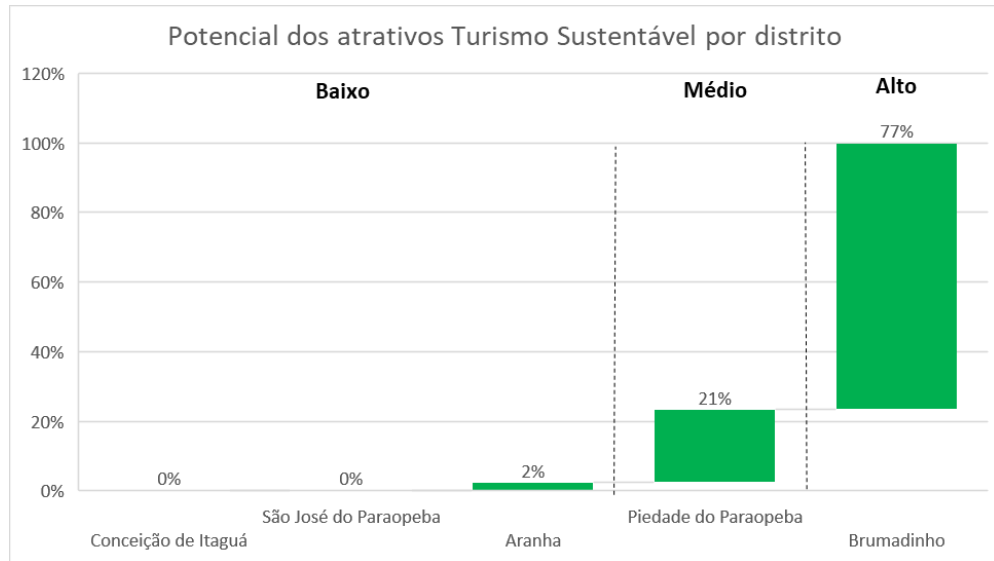
Figura 16 – Gráfico de Atrativos Turísticos x comparação das áreas (Ha) dos distritos em Brumadinho, 2022



Fonte: (GOOGLE, 2022; GUEDES, 2017; IBGE, 2020; MTUR, 2022; SENA, 2015; VALE, 2021).

A Figura 17 apresenta o detalhamento da distribuição dos tipos de atrativos turísticos com o potencial para o Turismo Sustentável. A sede se destaca com 77% dos atrativos destinados ao segmento de Ecoturismo, Turismo Esportivo classificado como potencial alto, seguido por: Piedade do Paraopeba (21%) e Aranha (2%).

Figura 17 – Potencial dos atrativos do turismo sustentável por distrito

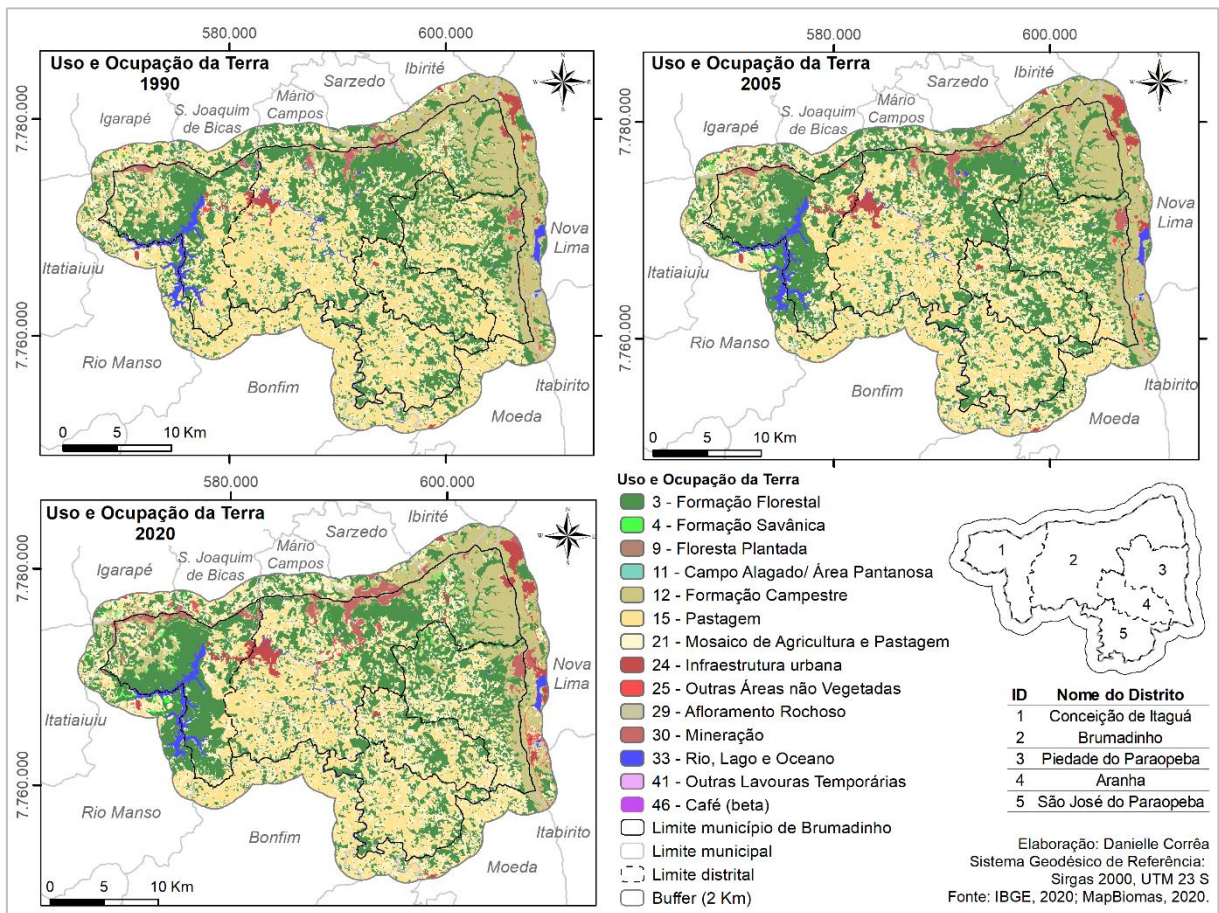


Fonte: (GOOGLE, 2022; GUEDES, 2017; IBGE, 2020; MTUR, 2022; SENA, 2015; VALE, 2021).

5.2 Modelo de Uso e Ocupação da Terra de Brumadinho

As imagens multitemporais foram extraídas do MAPBIOMAS, Coleção 6, que inicialmente possuíam as classes listadas na Figura 18.

Figura 18 – Mapa de Uso de Ocupação da Terra extraído do MAPBIOMAS para os anos de 1990, 2005 e 2020

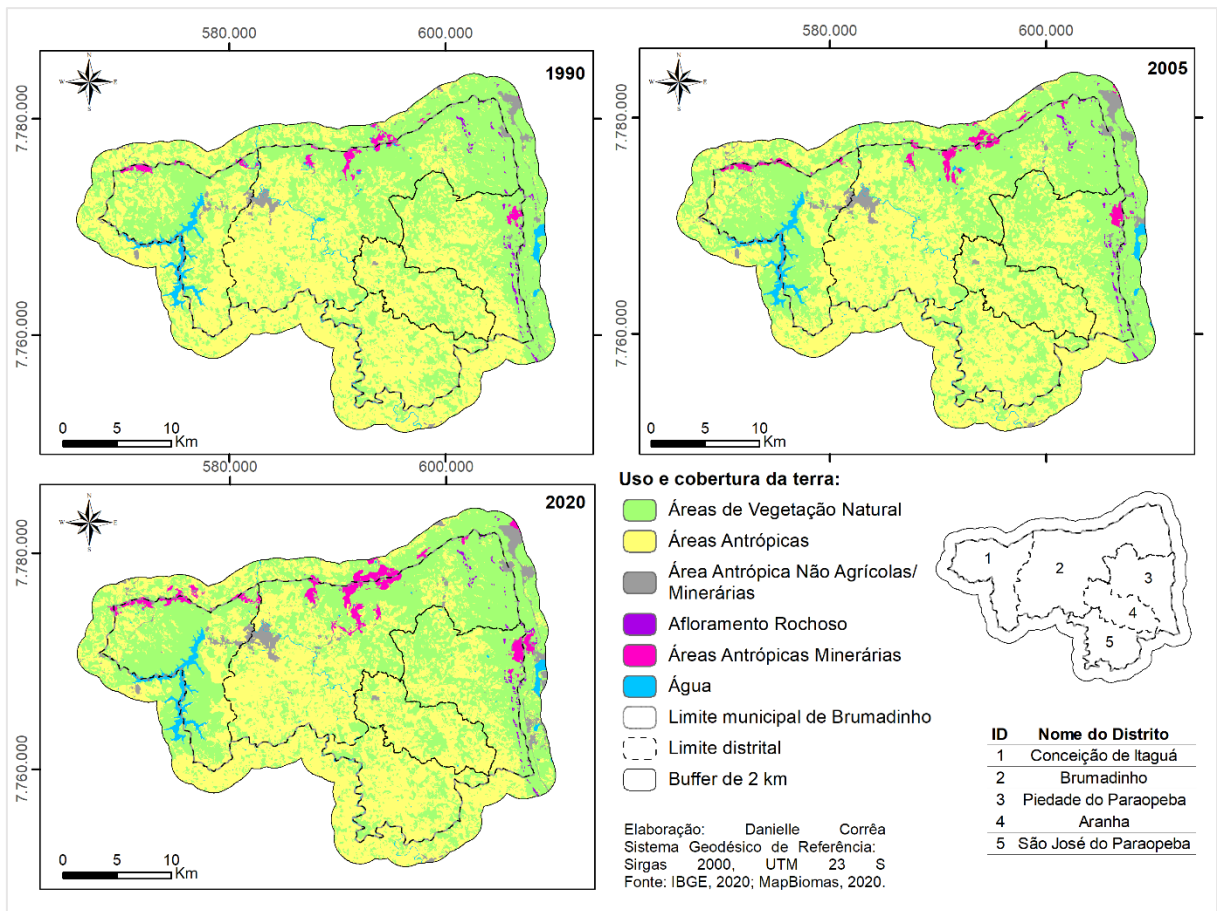


Fonte: Elaborado pela autora, 2022

Na Figura 19 pode ser observado os mapas de Uso e Ocupação do Solo que foram reclassificados de acordo com as seguintes classes: Áreas de vegetação natural, áreas antrópicas agrícolas, áreas antrópicas não agrícolas/ minerárias e afloramento rochoso.

Os anos definidos foram 1990, 2005 e 2020, os anos de 1990 e 2005 foram utilizados para validação e o de 2020 para simulação.

Figura 19 – Uso e Ocupação do Solo, 1990, 2015 e 2020



Fonte: IBGE/EMBRAPA, IDE SISEMA 12/04/2022

Pode ser observado no Quadro 7 a reclassificação das classes de uso e ocupação do solo por ano e suas respectivas áreas. As classes formação florestal (30.942) e formação campestre (12.363) são as que se destacam como as maiores áreas na reclassificação de vegetação natural, totalizando juntas aproximadamente 43.305 hectares.

Nas áreas antrópicas agrícolas as que mais se destacam são pastagem (21.899) e Mosaico de Agricultura e Pastagem (20.260), somando um total de 42.159 hectares.

Quadro 7 – Reclassificação das classes de uso e ocupação da terra

ID MapBiomas	Área em hectares por Uso e Ocupação do Solo em 1990	Área em hectares por Uso e Ocupação do Solo em 2005	Área em hectares por Uso e Ocupação do Solo em 2020	Padrão de mudanças	Reclassificação
3	Formação Florestal 28.217,6	Formação Florestal 31.385,5	Formação Florestal 30.941,6		Áreas de Vegetação Natural
4	Formação Savânica 48,6	Formação Savânica 270,8	Formação Savânica 557,5		
11	Campo Alagado e Área Pantanosa 1,3	Campo Alagado e Área Pantanosa 0,6	Campo Alagado e Área Pantanosa 0,6		
12	Formação Campestre 13.748,0	Formação Campestre 13.879,6	Formação Campestre 12.362,6		
29	Afloramento Rochoso 334,1	Afloramento Rochoso 335,8	Afloramento Rochoso 300,9		Afloramento Rochoso
9	Silvicultura 0,0	Silvicultura 11,0	Silvicultura 144,5		Áreas Antrópicas Agrícolas
41	Outras Lavouras Temporárias 0,0	Outras Lavouras Temporárias 0,0	Outras Lavouras Temporárias 4,8		
46	Café (beta) 50,9	Café (beta) 45,7	Café (beta) 31,4		
15	Pastagem 29.149,6	Pastagem 23.084,8	Pastagem 21.899,1		
21	Mosaico de Agricultura e Pastagem 17.060,1	Mosaico de Agricultura e Pastagem 18.930,8	Mosaico de Agricultura e Pastagem 20.260,3		Áreas Antrópicas
24	Área Urbanizada 997,7	Área Urbanizada 1.459,7	Área Urbanizada 1.805,3		
25	Outras Áreas não Vegetadas 227,4	Outras Áreas não Vegetadas 203,5	Outras Áreas não Vegetadas 505,8		Áreas Antrópicas Minerárias
30	Mineração 842,2	Mineração 1.148,2	Mineração 2.109,2		
33	Rio, Lago e Oceano 1.961,1	Rio, Lago e Oceano 1.852,1	Rio, Lago e Oceano 1.684,6		Água

Fonte: MAPBIOMAS, Coleção 6. Elaborado pela autora, 2022

No Quadro 8 é possível observar as áreas em que a vegetação natural é a maior área, após reclassificação, seguida por áreas antrópicas agrícolas.

Quadro 8 – Reclassificação das classes de uso e ocupação da terra

Reclassificação	Área em hectares por Uso e Ocupação do Solo em 1990	Área em hectares por Uso e Ocupação do Solo em 2005	Área em hectares por Uso e Ocupação do Solo em 2020	Padrão de mudanças
Áreas de Vegetação Natural	42.015,4	45.536,5	43.862,4	
Áreas Antrópicas Agrícolas	46.260,6	42.072,3	42.340,2	
Áreas Antrópicas Não Agrícolas/ Minerárias	1.225,1	1.663,3	2.311,0	
Afloramento Rochoso	334,1	335,8	300,9	
Áreas Antrópicas Minerárias	842,2	1.148,2	2.109,2	
Água	1.961,1	1.852,1	1.684,6	

Fonte: MAPBIOMAS, Coleção 6. Elaborado pela autora, 2022

5.2.1 Calibração do modelo de uso e ocupação do solo

Inicialmente, foram realizados os cálculos das matrizes de transição, *single* e *mult*. No Quadro 9 é apresentada a matriz de transição (1990 a 2005) são apresentados os valores de transição anual das classes selecionadas para que pudessem compor o modelo com as suas respectivas mudanças.

Quadro 9 – Matriz de Transição (1990 a 2005)

De	Para	Taxa de Transição Multi (anual)
Áreas de Vegetação Natural	Áreas Antrópicas Agrícolas	0,70%
Áreas de Vegetação Natural	Áreas Antrópicas Não Agrícolas/ Minerárias	0,05%
Áreas de Vegetação Natural	Áreas Antrópicas Minerárias	0,12%
Áreas Antrópicas Agrícolas	Áreas de Vegetação Natural	0,71%

Fonte: Elaborado pela autora, 2022

Inicialmente foram realizados testes de calibração e validação das variáveis escolhidas, como pode ser observado no Quadro 10, as variáveis representadas pela simbologia verde foram as escolhidas, após o processo de calibração. As variáveis categóricas que permaneceram no modelo, após o processo de validação foram:

Declividade, *buffer* Turismo 500 metros, represa, litotipo; e as variáveis contínuas foram: Modelo Gravitacional, cálculo entre a distância euclidiana de vegetação natural à mineração, cálculo entre a distância euclidiana de vegetação natural a áreas antrópicas agrícolas e cálculo entre a distância euclidiana de áreas antrópicas agrícolas a áreas de vegetação natural.

Quadro 10 – Calibragem das variáveis 1990 – 2005

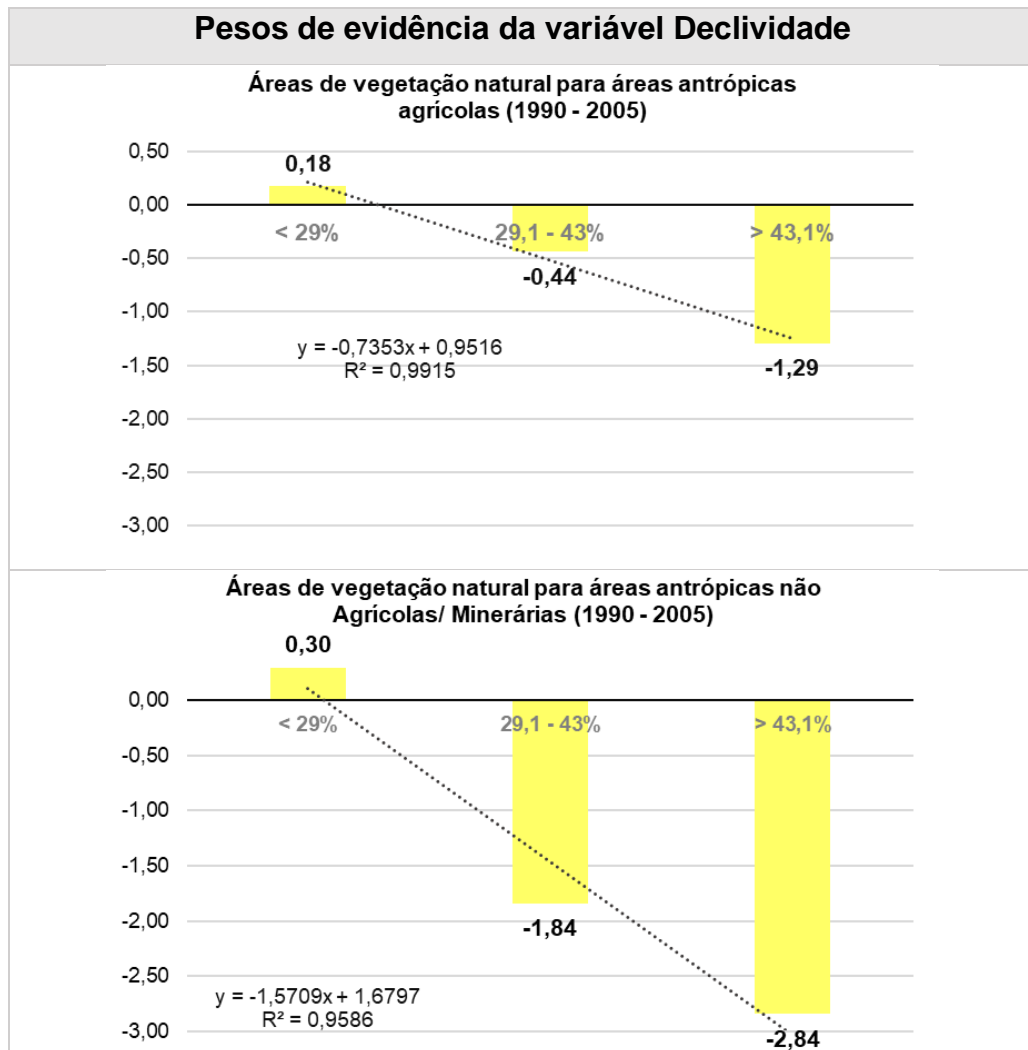
Calibragem 1990 - 2005 / Validação 2005 - 2020					
Variáveis Categóricas	Permaneceu no modelo?	Por que saiu?	Variáveis Contínuas	Permaneceu no modelo?	Por que saiu?
Declividade	Sim	-	Kernel pontos de turismo	Não	Correlação com o <i>buffer</i> turismo 500 metros em Crammer, além disso, nesse momento da calibragem optou-se por utilizar o <i>buffer</i> 500 metros, pois estava categorizado por tipo de turismo
<i>buffer</i> Turismo 500 metros	Sim	-	Distância euclidiana as localidades	Não	Correlação com o modelo gravitacional no Crammer, além disso, nesse momento da calibragem optou-se por utilizar o modelo gravitacional, tanto por aumentar o valor da similaridade, quanto por representar a quantidade populacional em 2010.
Represa	Sim	-	Distância euclidiana aos logradouros	Não	Abaixou o valor da similaridade do 2020 simulado/observado
Reserva Legal	Não	Abaixou o valor da similaridade do 2020 simulado/observado	Distância euclidiana aos Rios Principais	Não	Abaixou o valor da similaridade do 2020 simulado/observado
Impacto Ambiental	Sim	-	Distância das vias principais	Não	Abaixou o valor da similaridade do 2020 simulado/observado

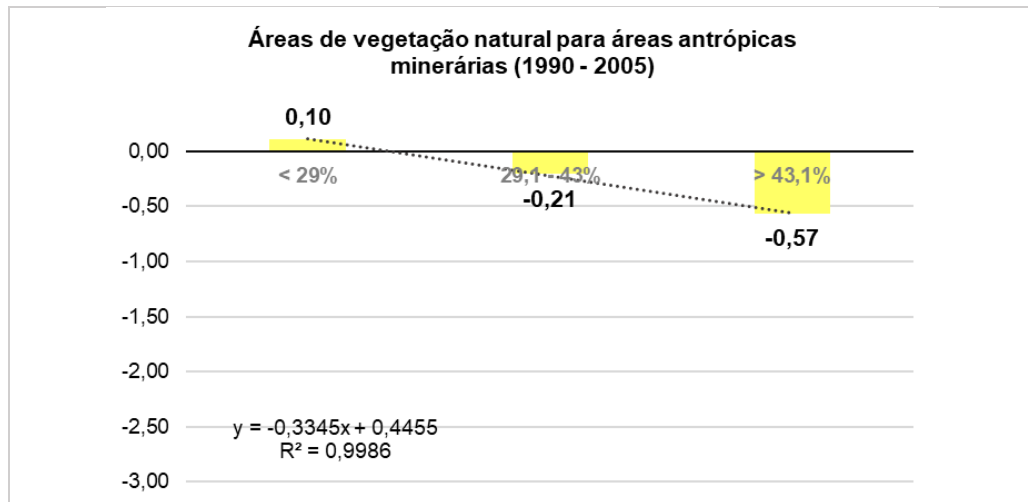
Unidades de Conservação	Não	Abaixou o valor da similaridade do 2020 simulado/observado	Hipsometria	Não	Correlação com Declividade em Crammer maior que 0,5
Litotipo	Sim	-	Modelo Gravitacional	Sim	-
-	-	-	Distância Euclidiana às barragens	Não	Abaixou o valor da similaridade do 2020 simulado/observado
-	-	-	Distância Euclidiana às ferrovias	Não	Abaixou o valor da similaridade do 2020 simulado/observado
-	-	-	Distância Euclidiana centroide das áreas de processos minerários ativos - concessão de lavra	Não	Correlação com Litologia em Crammer maior que 0,5
-	-	-	Calculo entre a distância euclidiana de vegetação natural à mineração	Sim	-
-	-	-	Cálculo entre a distância euclidiana de vegetação natural a áreas antrópicas agrícolas	Sim	-
-	-	-	Cálculo entre a distância euclidiana de áreas antrópicas agrícolas a áreas de vegetação natural	Sim	-

Fonte: Elaborado pela autora, 2022

Após a definição das variáveis através da calibração do modelo, foram calculados os pesos de evidência de acordo com as classes de uso do solo da matriz de transição, na Figura 20, que compõem os gráficos com os pesos de evidência da variável declividade na qual influencia positivamente no processo de conversão na declividade < 29%, de ambos as classes: vegetação natural para as áreas agrícolas, vegetação natural para áreas não agrícolas/ mineração e vegetação natural para áreas minerárias, a que possui maior grau de transição para a variável é a vegetação natural para áreas não agrícolas/ mineração, que é composta pelas áreas urbanizadas e outras áreas não vegetadas.

Figura 20 – Gráficos com os Pesos de Evidência da Variável Declividade





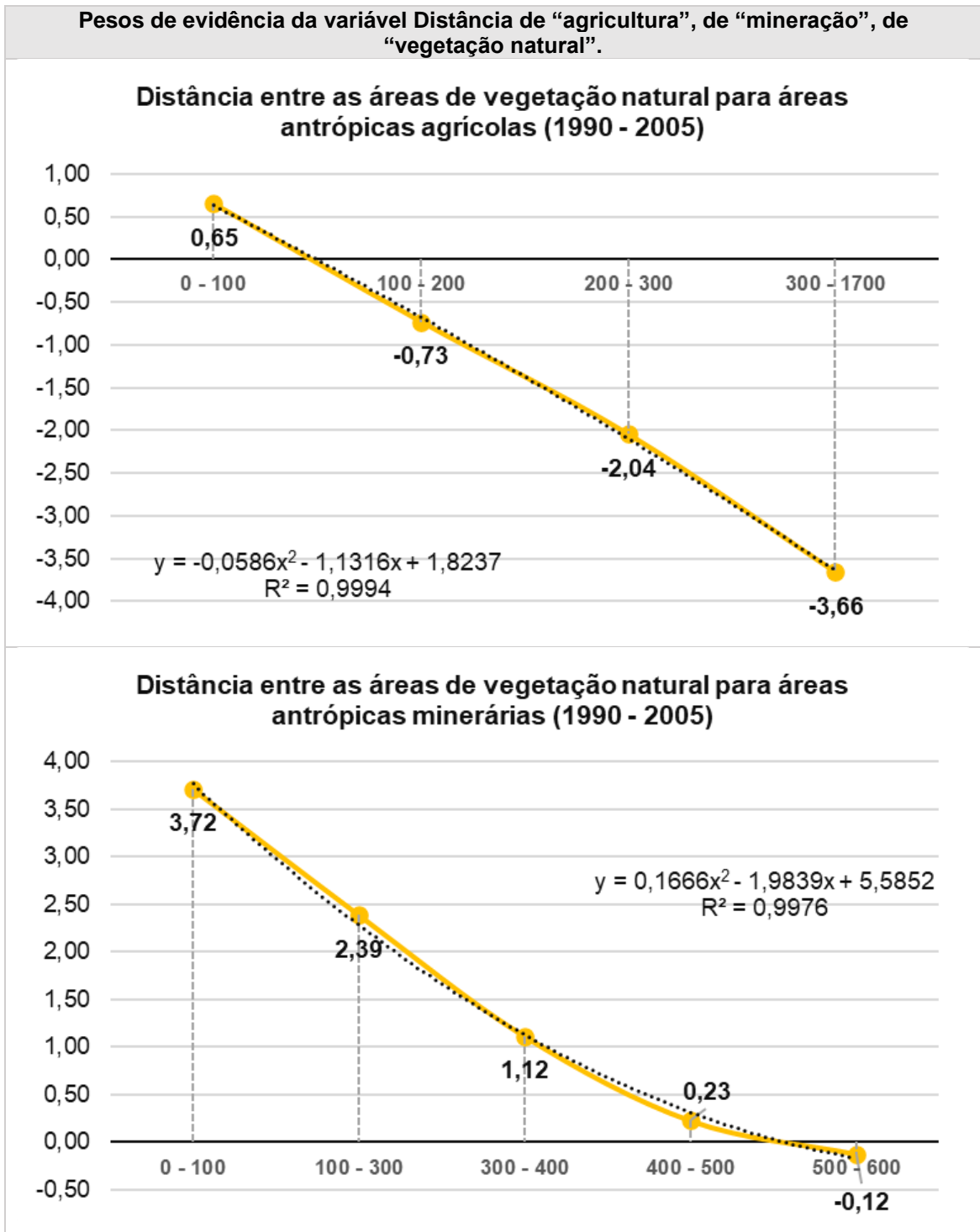
Fonte: Elaborado pela autora, 2022

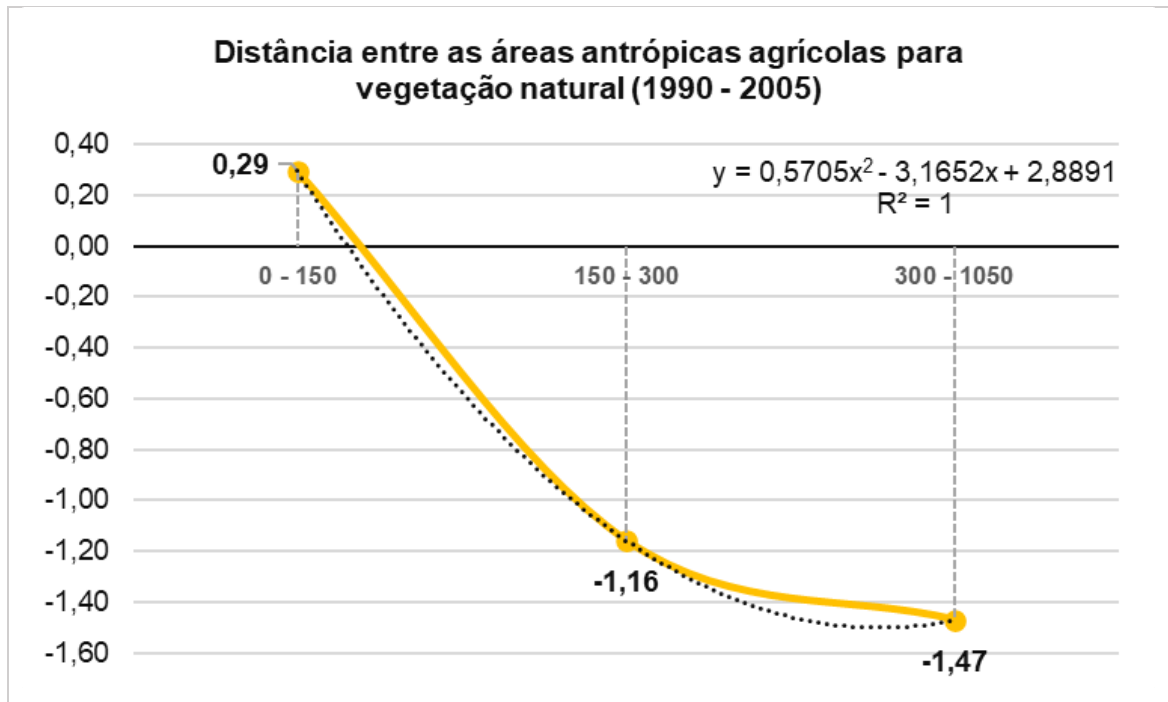
Na Figura 21, os gráficos são representados a partir dos pesos de evidência da variável “cálculo da distância euclidiana”, pode ser observado que a influência positiva na transição da vegetação natural para agrícola se dá quando a área de vegetação natural está a 0 – 100 metros das áreas de vegetação natural.

A distância euclidiana da mineração em relação as áreas de floresta natural, no gráfico, apresentam relação de forte transição 0 a 100 metros de proximidade as áreas de mineração, de 100 a 300 médio e de 300 a 500 possui influência positiva de conversão, mas em menor escala se comparado aos intervalos de 0 a 300.

A conversão da taxa de transição da categoria de áreas agrícolas para áreas naturais, representa uma maior ocorrência entre 0 – 100 metros de distância euclidiana.

Figura 21 – Gráficos com os Pesos de Evidência da Variável Cálculo da Distância Euclidiana

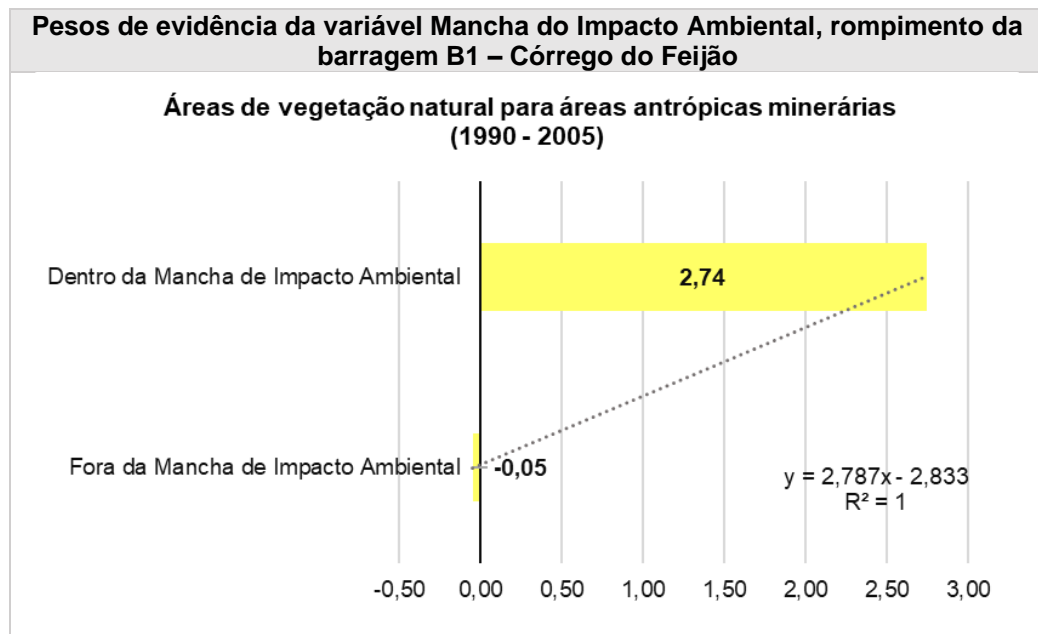




Fonte: Elaborado pela autora, 2022

A Figura 22 apresenta o gráfico de pesos de evidência da variável “Mancha do Impacto Ambiental”, como pode ser observado o processo de transição entre áreas de vegetação natural para áreas antrópicas minerárias, ocorre de forma mais significativa dentro da mancha de rejeito ocasionada pelo rompimento da barragem B1, em Córrego do Feijão, Brumadinho. A mancha foi utilizada, pois o impacto mudou de forma drástica o uso e ocupação do solo da região em que houve o rompimento.

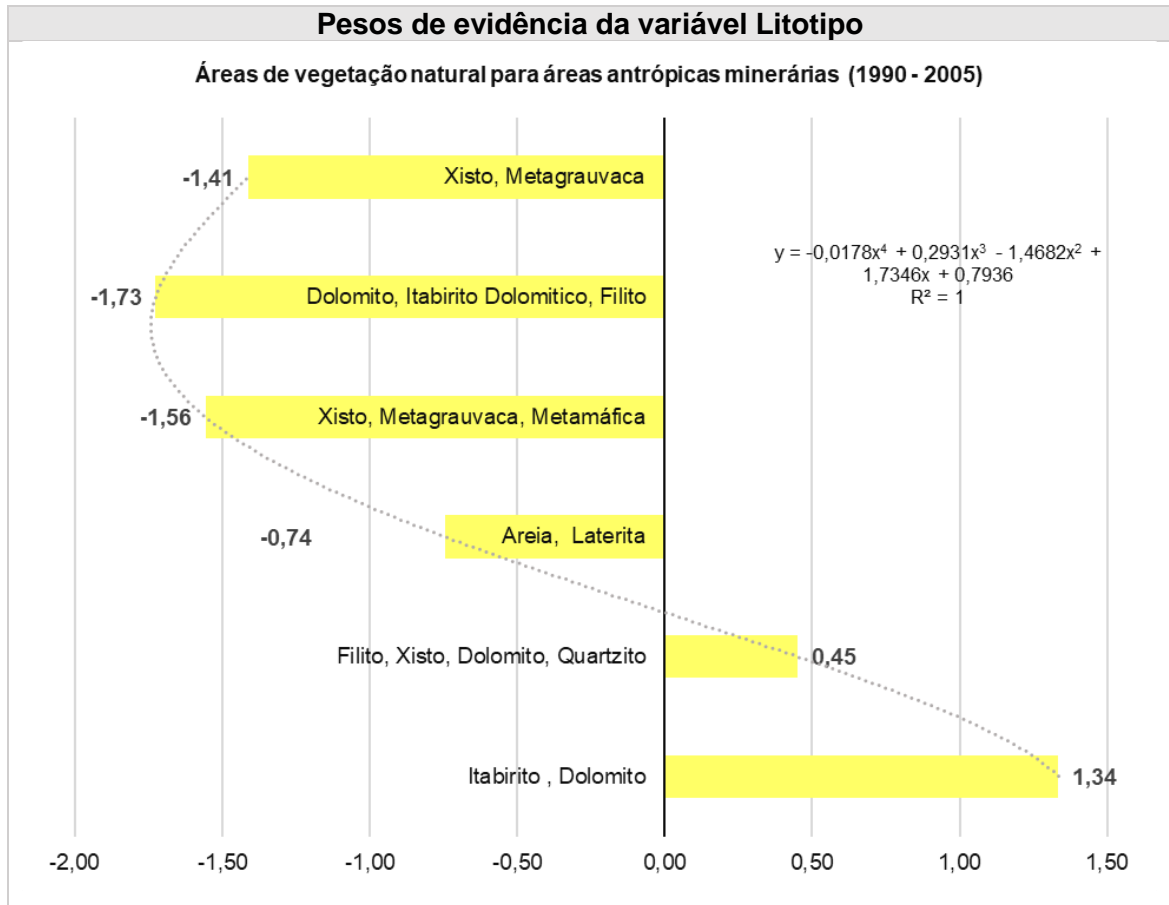
Figura 22 – Gráfico com os Pesos de Evidência da Variável Mancha do Impacto Ambiental



Fonte: Elaborado pela autora, 2022

A Figura 23 possui os valores dos pesos de evidência da variável litotipo, ela foi utilizada na transição de vegetação natural para área minerária em que ocorre as maiores transições através do filito, xisto, dolomito, quartizito e itabirito e dolomito.

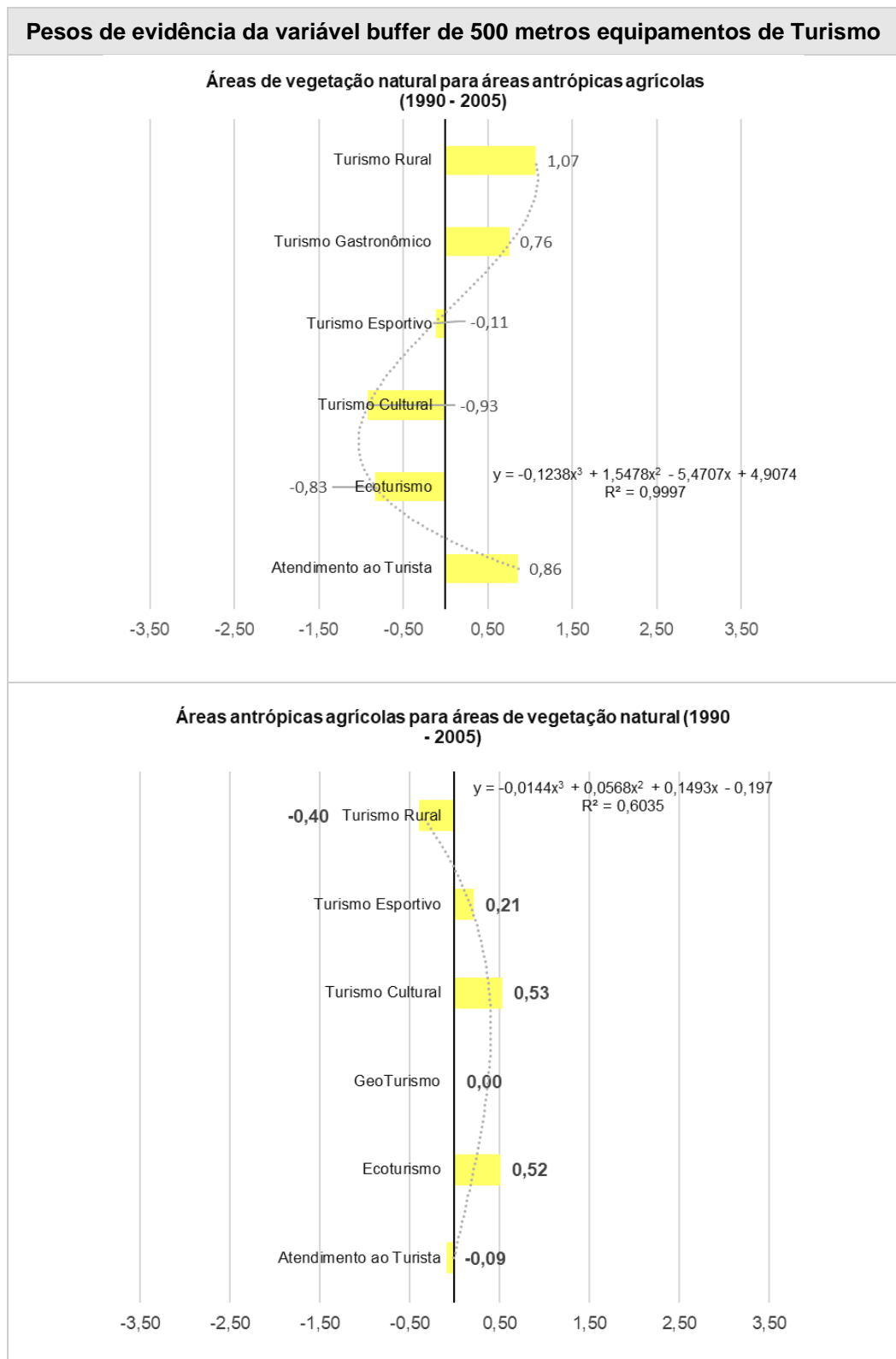
Figura 23 – Gráfico com os Pesos de Evidência da Variável Litotipo



Fonte: Elaborado pela autora, 2022

Os gráficos com os pesos de evidência do *buffer* de 500 metros em relação aos pontos de Turismo por tipo, no caso da transição de áreas de vegetação natural para áreas agrícolas, os tipos de turismo que mais impactam positivamente para a transição da classe são: Turismo Rural e turismo de Lazer/férias. (Ver Figura 24) Em relação a transição da classe agricultura para área natural observa-se que os tipos de turismo: Ecoturismo, Turismo Esportivo e Cultural são os com maiores valores de conversão em relação a influência na transição de uma classe para a outra.

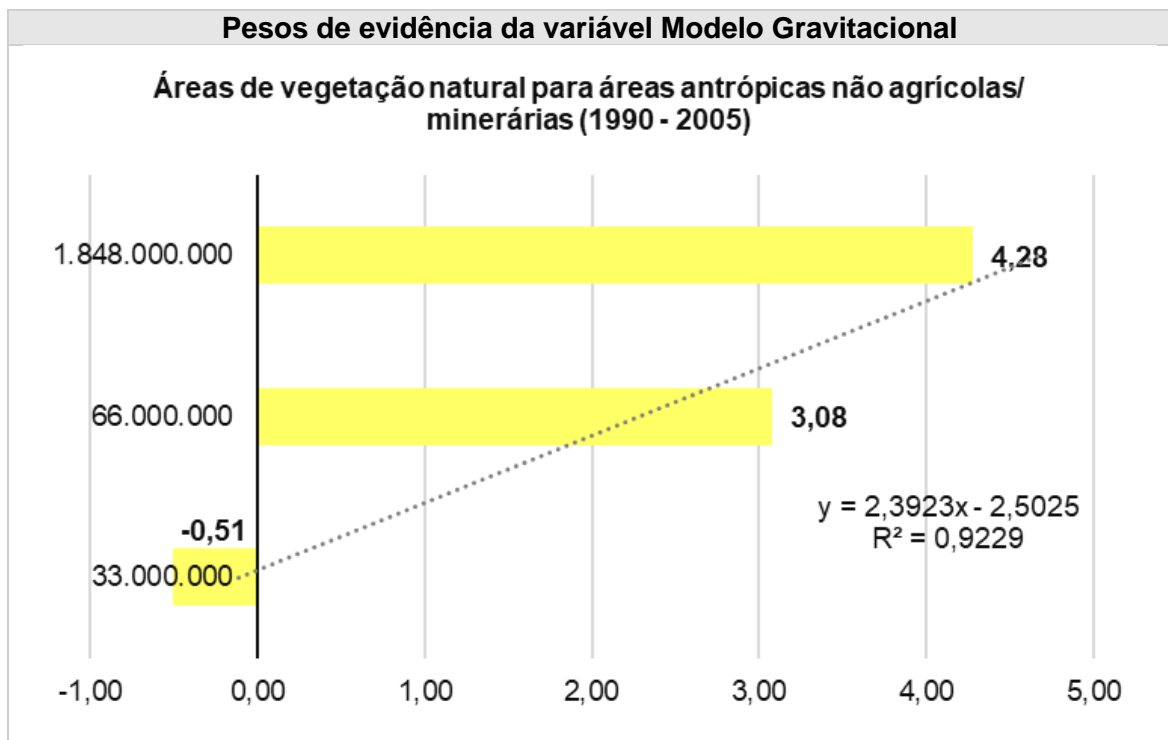
Figura 24 – Gráficos com os Pesos de Evidência 500 metros dos equipamentos de Turismo



Fonte: Elaborado pela autora, 2022

Na Figura 25 pode ser observado o gráfico do modelo gravitacional, utilizado para o cálculo de pesos de evidência na transição de vegetação natural para áreas antrópicas não agrícolas/minerárias (1990 – 2005), na qual, apresenta uma influência positiva no processo de conversão nos valores mais elevados em que ocorrem a maior quantidade de concentração populacional, o que faz sentido, visto que a classe áreas antrópicas não agrícolas/minerárias é composta de áreas urbanizadas e áreas não vegetadas.

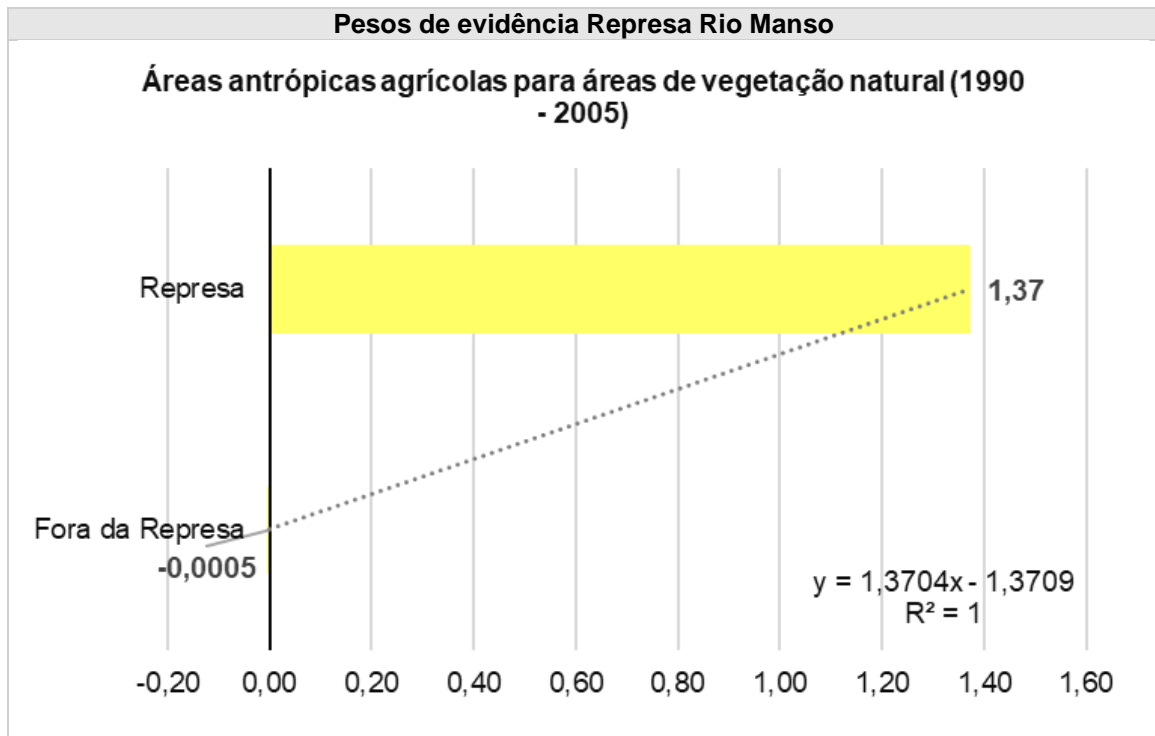
Figura 25 – Gráficos com os Pesos de Evidência da variável modelo gravitacional



Fonte: Elaborado pela autora, 2022

A Figura 26, representa o gráfico com os pesos de evidência da represa Rio Manso, a represa foi inaugurada em 1992, a partir desse momento, houve uma conversão significativa nas áreas de uso do solo de agricultura para áreas de vegetação.

Figura 26 – Gráfico com os Pesos de Evidência da Variável Represa



Fonte: Elaborado pela autora, 2022

O Quadro 11, apresenta a correlação das variáveis, após a aplicação dos pesos de evidência. Como pode ser observado, após o processo de calibração das variáveis não houve valores elevados de correlação. Todos os índices de Crammer foram abaixo de 0,5.

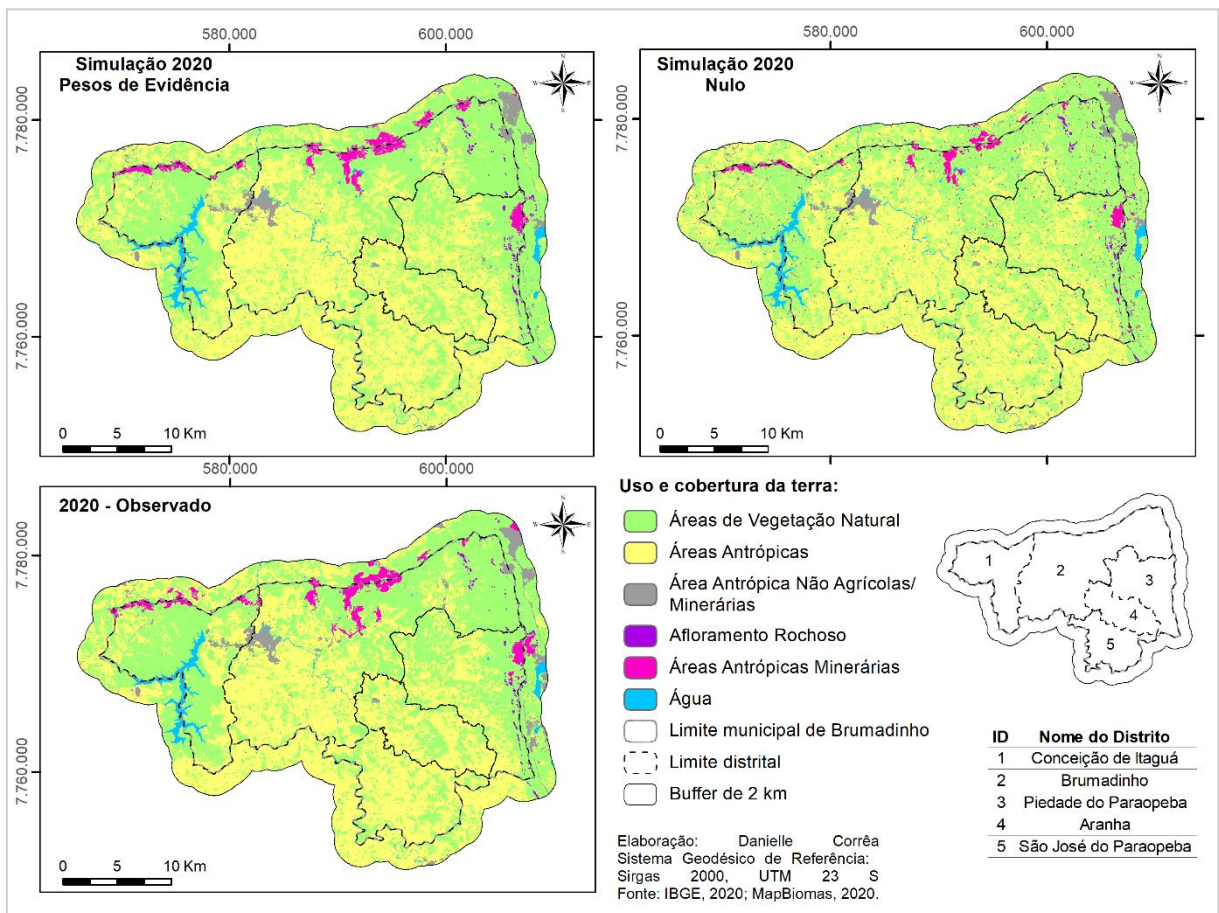
Quadro 11 – Correlação das variáveis

Transition_From*	Transition_To*	First_Variable*	Second_Variable*	Chi_2	Cramer	Contingency	Joint_Entropy	Joint_Uncertainty
Áreas de Vegetação Natural	Áreas Antrópicas Agrícolas	Declividade	Distância em relação as Áreas Antrópicas Agrícolas	63494,1595	0,1696	0,2333	1,3983	0,0350
Áreas de Vegetação Natural	Áreas Antrópicas Agrícolas	declividade	Pontos Turísticos	11481,6509	0,2649	0,3508	2,2704	0,0589
Áreas de Vegetação Natural	Áreas Antrópicas Agrícolas	Distância em relação as Áreas Antrópicas Agrícolas	Pontos Turísticos	28223,2879	0,3386	0,5058	2,4897	0,1407
Áreas de Vegetação Natural	Áreas Antrópicas Não Agrícolas/ Minerárias	Declividade	População Modelo Gravitacional	5914,4598	0,0518	0,0730	0,7219	0,0116
Áreas de Vegetação Natural	Áreas Antrópicas Minerárias	Declividade	Distância em relação as Áreas Antrópicas Minerárias	39176,3010	0,1333	0,1852	2,1078	0,0146
Áreas de Vegetação Natural	Áreas Antrópicas Minerárias	Declividade	Mancha do Impacto Ambiental, rompimento da barragem B1	700,1330	0,0252	0,0252	0,5964	0,0018
Áreas de Vegetação Natural	Áreas Antrópicas Minerárias	Declividade	Litotipo	154240,0562	0,2661	0,3522	2,3673	0,0482
Áreas de Vegetação Natural	Áreas Antrópicas Minerárias	Distância em relação as Áreas Antrópicas Minerárias	Mancha do Impacto Ambiental, rompimento da barragem B1	21500,4608	0,1393	0,1379	1,5654	0,0061
Áreas de Vegetação Natural	Áreas Antrópicas Minerárias	Distância em relação as Áreas Antrópicas Minerárias	Litotipo	661237,8219	0,2156	0,6137	3,1028	0,1781
Áreas de Vegetação Natural	Áreas Antrópicas Minerárias	Mancha do Impacto Ambiental, rompimento da barragem B1	Litotipo	5682,0100	0,0721	0,0719	1,8701	0,0027
Áreas Antrópicas Agrícolas	Áreas de Vegetação Natural	Distância em relação as Áreas de Vegetação Natural	Pontos Turísticos	6582,2863	0,2002	0,2725	2,1875	0,0418
Áreas Antrópicas Agrícolas	Áreas de Vegetação Natural	Distância em relação as Áreas de Vegetação Natural	Represa	7165,8602	0,0804	0,0802	0,5828	0,0080
Áreas Antrópicas Agrícolas	Áreas de Vegetação Natural	Pontos Turísticos	Represa	1334,7267	0,1277	0,1266	1,7405	0,0087

Fonte: Elaborado pela autora, 2022

Após o processo de calibração chegou-se as variáveis, como descrito acima, na Figura 27, pode ser observado os mapas de simulação com os pesos de evidência, simulação sem pesos de evidência e os valores da matriz de transição multi, apenas com a influência das taxas da matriz de transição e o mapa observado ou real, o que condiz com a classificação das classes de uso e ocupação do solo de 2020. Nota-se que a espacialização das classes da simulação com pesos de evidência, dialogam de forma visual com o “observado”.

Figura 27 – Simulação e validação do modelo de Uso e Ocupação do solo para 2020 de Brumadinho e arredores

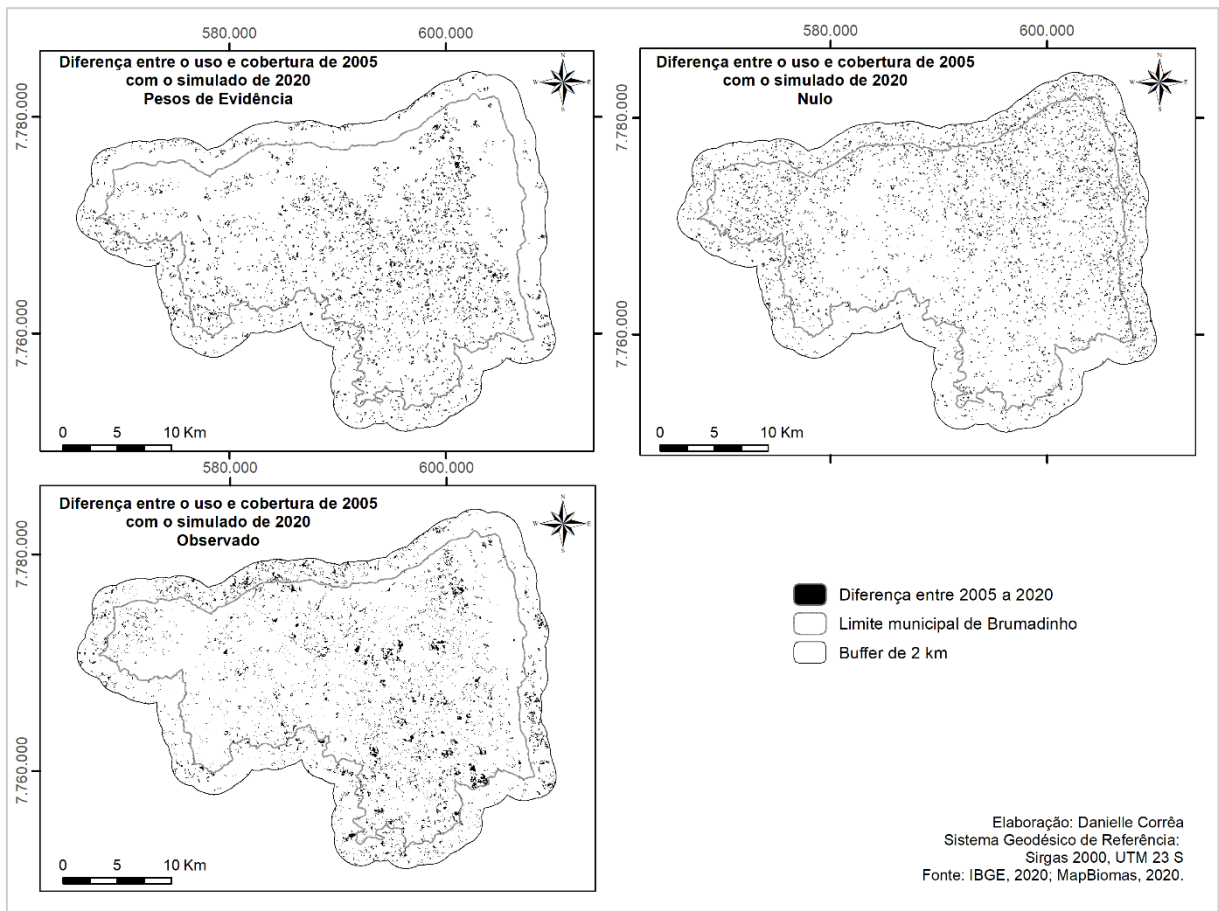


Fonte: Elaborado pela autora, 2022

Na Figura 28 são reproduzidos os mapas contendo a diferença entre o uso e cobertura do solo de 2005 em relação ao simulado constando os pesos de evidência e valores da matriz de transição multi, a discrepância entre o uso e cobertura do solo de 2005 em relação ao simulado que utiliza apenas os valores da matriz de transição, e a diferença entre os valores de 2005 e o “observado” de 2020.

O que apresenta maior diferença em termos visuais e quantitativos é o mapa simulado em que foi utilizado apenas os valores da matriz de transição.

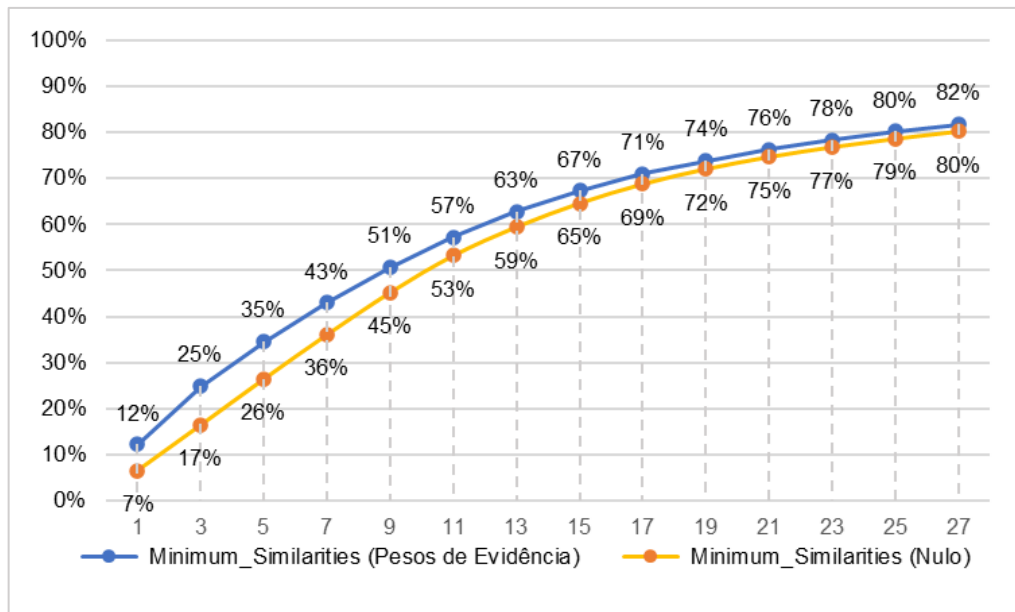
Figura 28 – Diferença entre o uso e cobertura de 2005 para 2020



Fonte: Elaborado pela autora, 2022

Depois de realizada a simulação e o cálculo de diferenças foi calculada a similaridade em relação ao “Observado” de 2020 e os modelos “Nulo – apenas com a matriz de transição” e o modelo simulado com os pesos de evidência e valores da matriz de transição. No gráfico da Figura 29, pode ser observado que na casa 9 de multijanelas o valor de pesos de evidência tem maior similaridade 51% em relação ao “Observado”, visto que a similaridade do modelo nulo é de 45%, representando uma diferença de 6%.

Figura 29 – Multijanelas



Fonte: Elaborado pela autora, 2022

No Quadro 12 são apresentados os valores das métricas para o mapa de uso e ocupação “Observado” de 2020, por patcher. Os valores cálculos foram: área média, desvio padrão e PAFRAC⁴. Pois em seguida a simulação apresentada acima, foi realizada a simulação com os valores do patcher para avaliar um possível aumento da similaridade.

Quadro 12 – Cálculo de métricas - Patcher

Class metrics - Patcher			
Classe	Área média	Desvio Padrão	PAFRAC
Áreas de Vegetação Natural	29,9155	624,6861	1,4344
Áreas Antrópicas Agrícolas	41,079	1013,6606	1,4772
Áreas Antrópicas Infraestrutura Urbana	8,3444	44,9895	1,393
Áreas Antrópicas Minerárias	29,9467	94,5972	1,361

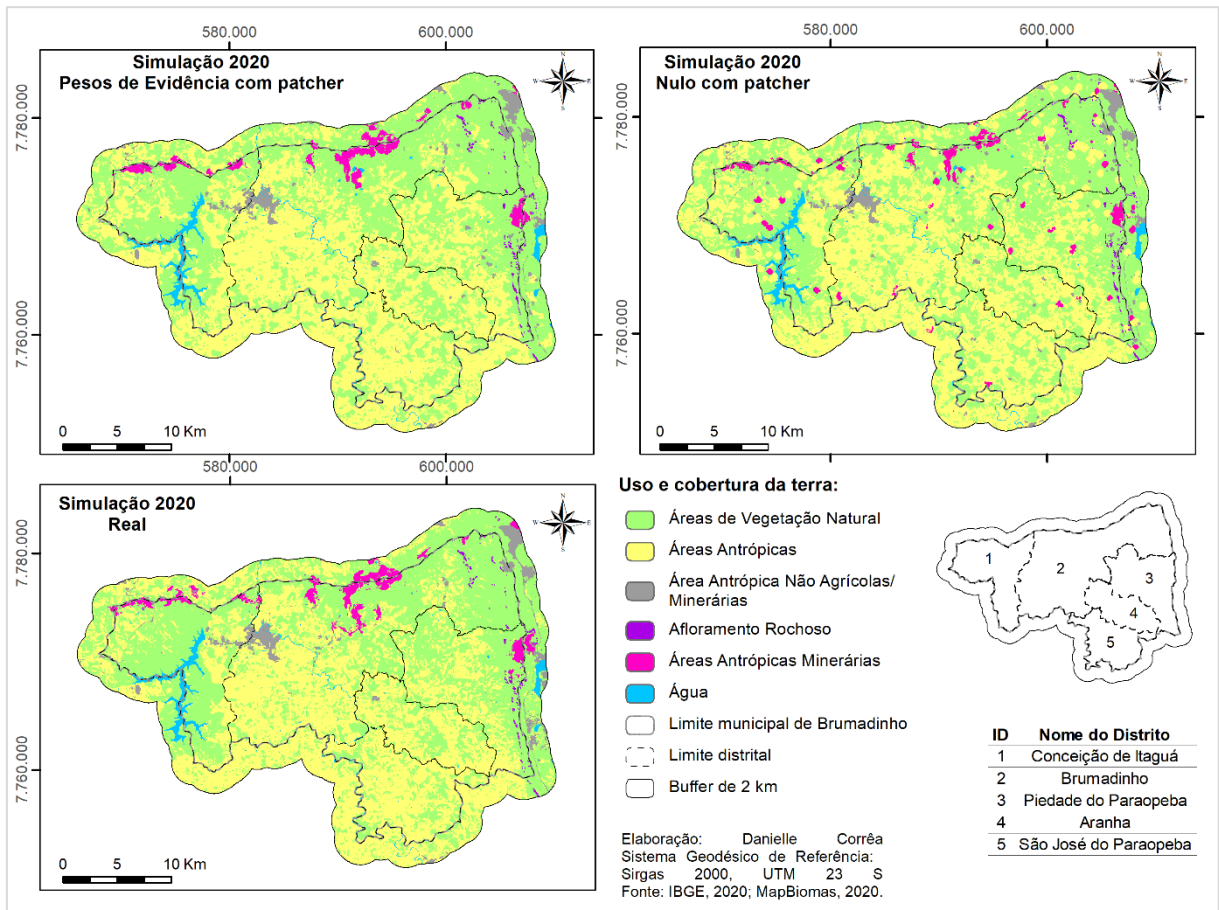
Fonte: Elaborado pela autora, 2022

A Figura 30, retrata os mapas de simulação com os cálculos do quadro 12, seguindo em primeiro o mapa com a simulação com pesos de evidência, matriz de

⁴ Aproxima-se de PAFRAC = 1 para manchas com formas simples e aproxima-se de PAFRAC = 2 para formas irregulares

transição e cálculo de *patcher*, o segundo apenas com os valores da matriz de transição e *patcher* e o terceiro “Observado de 2020”. Nessa simulação constatou-se que o mapa simulação com pesos de evidência e *patcher* se assemelha ao “Observado” de 2020, se comparado ao que foi apenas utilizada a matriz de transição.

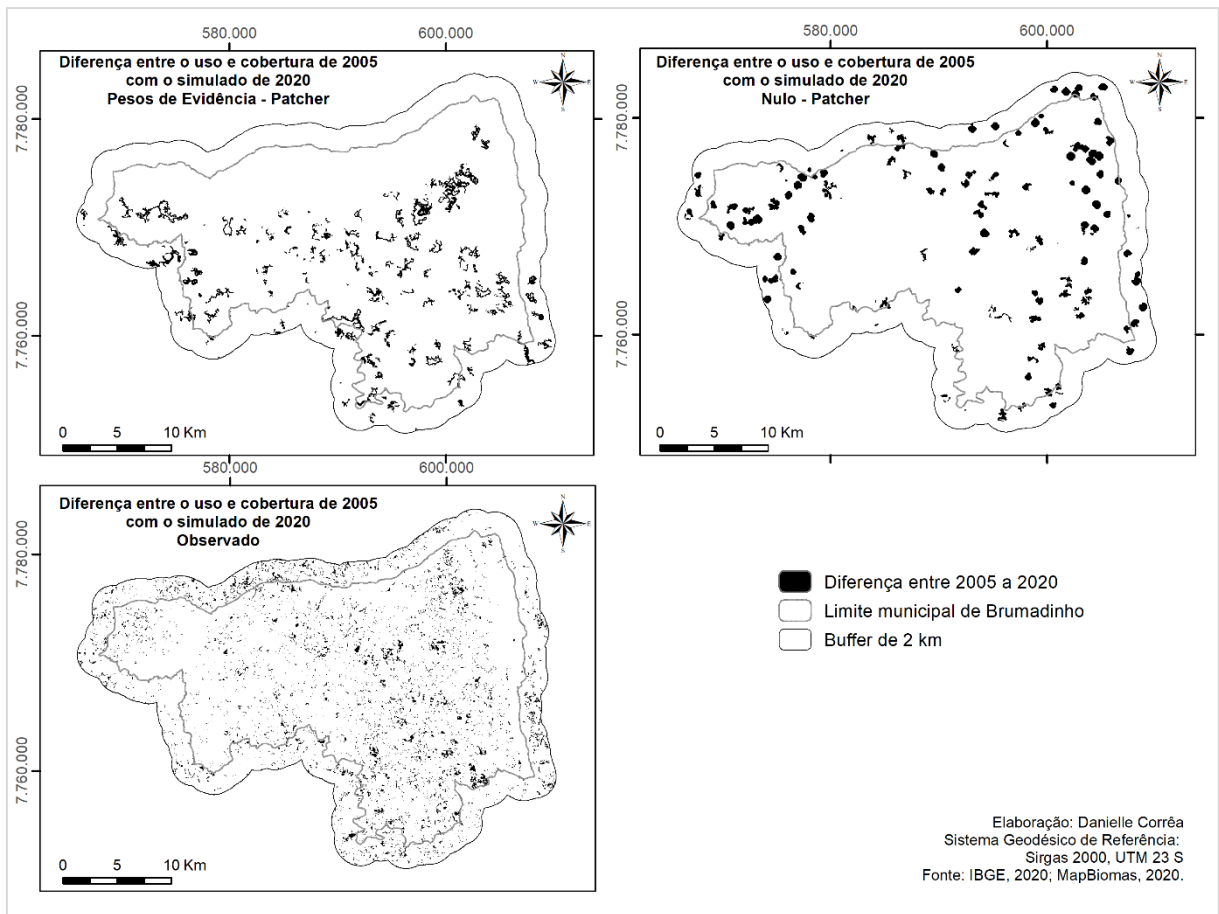
Figura 30 – Mapa Simulação com *patcher*



Fonte: Elaborado pela autora, 2022

Em seguida, na Figura 31, visto que os mapas simulados com *patcher* apresentaram áreas de diferença mais elevadas e manchas compactadas em relação ao Observado de 2020.

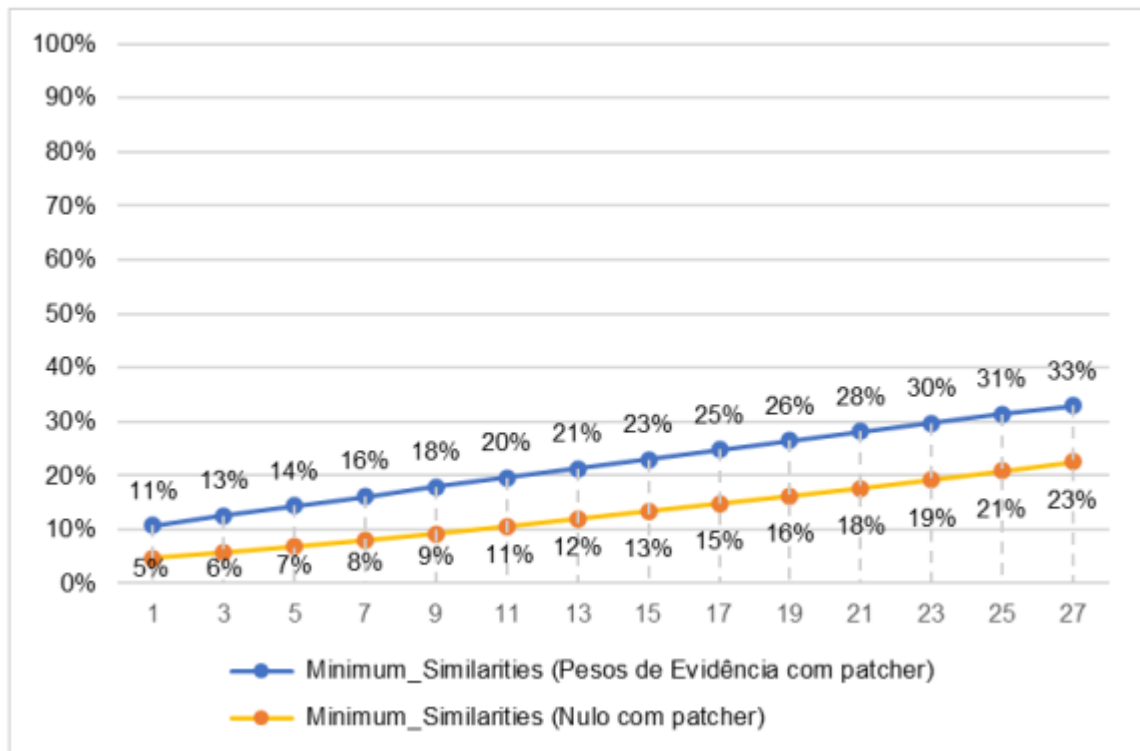
Figura 31 – Mapa de Diferença de 2005 para 2020



Fonte: Elaborado pela autora, 2022

Embora os valores calculados para o *pachter* tenham uma tendência a aproximar a configuração e composição do uso e ocupação do solo, no modelo explícito, não foi o caso da simulação para Brumadinho e arredores, pois como pode ser visualizado na Figura 32, os valores de similaridades em todas as janelas, foram menores que os da Figura 29.

Figura 32 – Gráfico multijanela



Fonte: Dinamica EGO. Elaborado pela autora, 2022

5.3 Proposta de Cenário para a mudança de cobertura do solo para 2030

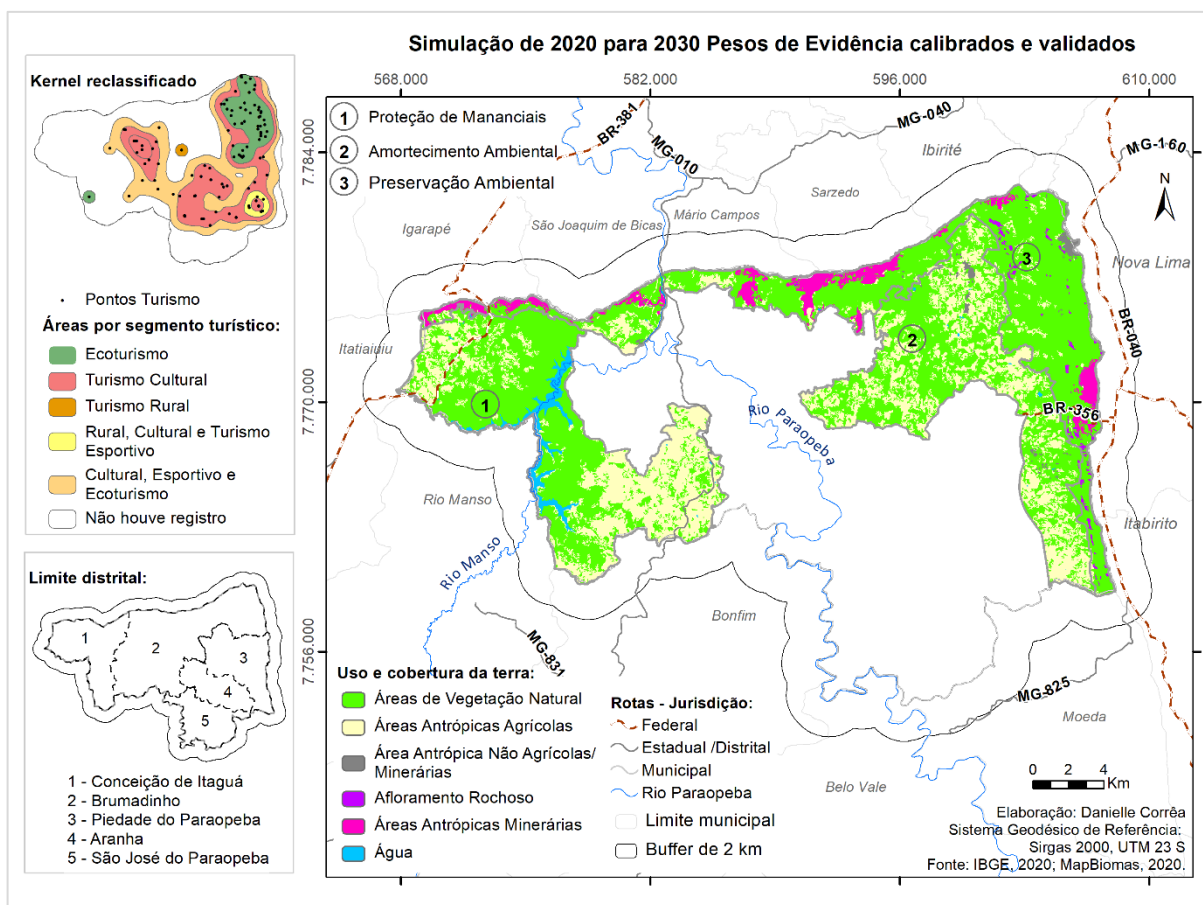
De acordo com os processos de calibração e validação do modelo, o propósito de criar o modelo que represente a influência dos pontos turísticos na mudança e ou preservação da cobertura do solo de forma espacialmente explícita é um desafio, visto que as variáveis que envolvem as influências do turismo são também sociais e não pragmáticas.

A modelagem para o cenário 1 para 2030 é composta pelos pesos de evidência calibrados e validados de acordo com Britaldo-Filho et al., 2007. Na extensão territorial da área de estudo modelada para 2030, houve a diminuição de aproximadamente 3,24% de formação florestal, de 9,05% das áreas compostas por lagos e rios, e redução de 10,41% de afloramento rochoso, houve o aumento de área agrícola (0,63%), mineração (39,14%) e área urbana (30,52%).

Posteriormente, foi realizado o recorte com destaque para as áreas do macrozoneamento destinadas às atividades turísticas sustentáveis: Macrozona de Amortecimento Ambiental, Proteção de Mananciais e Preservação Ambiental (PREFEITURA MUNICIPAL DE BRUMADINHO, 2022), dessa forma, o cenário 1 tem

como objetivo apresentar a modelagem futura, sem as propostas de intervenções do Turismo Sustentável em Brumadinho. (Ver figura 33). Observa-se que houve uma expansão das áreas antrópicas agrícolas para a macrozona de amortecimento ambiental e para a de manutenção de mananciais, as áreas antrópicas de mineração expandiram-se para as áreas de preservação ambiental na maior parte da extensão Norte e uma pequena parcela da área extremo leste.

Figura 33 – Simulação de 2020 para 2030 pesos de evidência calibrados e validados.



Fonte: Elaborado pela autora, 2022

A proposta para o cenário 2 foi elaborada de acordo com a gestão baseada no desenvolvimento do turismo sustentável, pois parte do princípio de que a preservação ambiental é um dos fatores primordiais para o município, visto as questões em voga.

Para a simulação desse cenário considerou-se a participação popular no processo de decisão, nos quais, foram utilizadas as variáveis de mudança, com o mapeamento do polígono da proposta do Parque Jangada e da via de ligação entre

pontos estratégicos, com base no Turismo Sustentável. A área composta pela proposta do Parque Jangada possui, aproximadamente, 2.179 hectares e a via de ligação entre o Parque Rola Moça, Casa Branca, Memorial Feijão e o Inhotim, aproximadamente, 30 km.

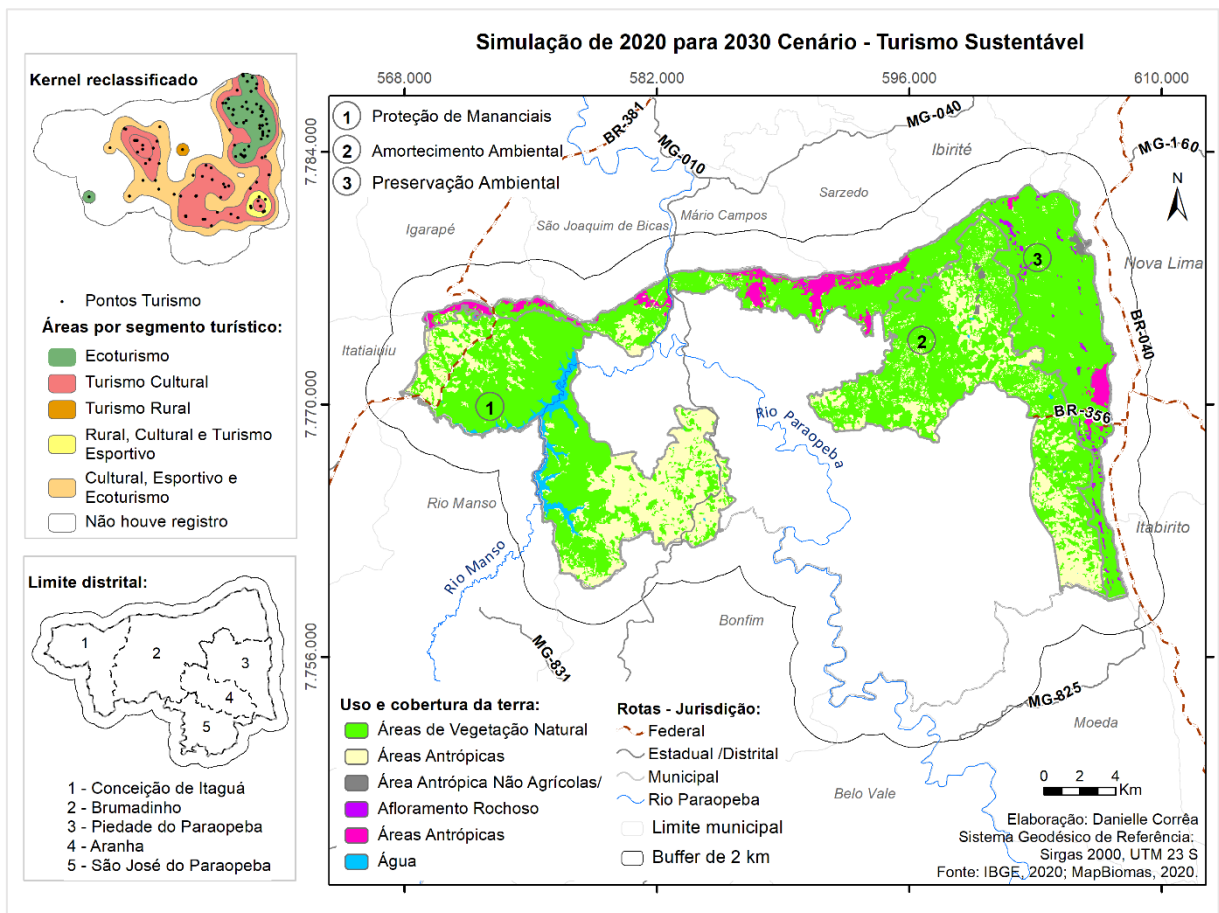
Além disso, foram implementados os Roteiros Turísticos (GUEDES, 2017), que ligam os atrativos e empreendimento presentes nos percursos identificados como prioritários, que estejam aptos à participação no processo de roteirização, que também integram os roteiros dos municípios incluídos no Circuito Veredas do Paraopeba e aos demais municípios limítrofes.

Por fim, foi inserido na modelagem o Mapa de Kernel elaborado com uso pontos coletados e classificadas as áreas de acordo com o tipo de turismo mais presentes na região GOOGLE MAPS, 2022; GUEDES, 2017; IBGE, 2020; MTUR, 2022; SENA, 2015; VALE, 2021.

No cenário 2, figura 34, observa-se que a área que conteve a expansão da mineração e das áreas agrícolas é a macrozona de preservação ambiental (Prefeitura Municipal de Brumadinho, 2022), que em termos espaciais está diretamente ligada à atividade de proposta do Ecoturismo.

A área que compõe o local que foi indicado para ser o Parque Jangada pelos moradores do bairro Casa Branca em Brumadinho, conteve o avanço da mineração e de áreas agrícolas, se comparado com o modelo de simulação sem as variáveis. Embora seja uma comunidade residencial e região minerária, também é espaço de importantes mananciais. As rotas propostas pelo plano de Turismo, por serem rotas que já existiam em 2020, não impactaram de forma significativa o cenário para 2030.

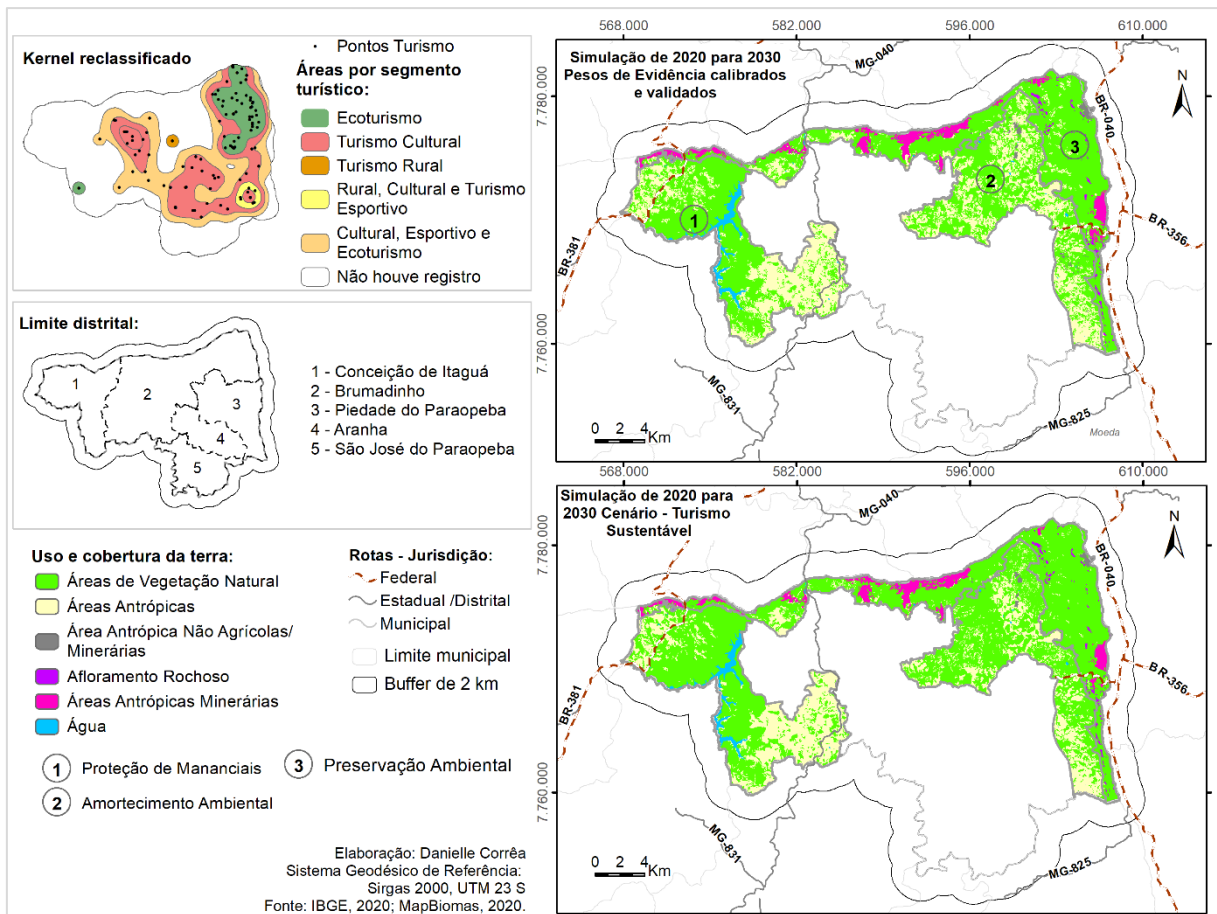
Figura 34 – Proposta 2 - Mapa simulado para 2030



Fonte: Elaborado pela autora, 2022

O quadro 13 apresenta a diferença entre as áreas das classes de uso e cobertura do solo entre os cenários 1 e 2, referentes as áreas de macrozoneamento destinadas as atividades turísticas sustentáveis: Macrozona de Amortecimento Ambiental, Proteção de Mananciais e Preservação Ambiental (PREFEITURA MUNICIPAL DE BRUMADINHO, 2022). (Ver mapa 35)

Figura 35 – Representação dos Cenários 1 e 2 - Mapa simulado para 2030



Fonte: Elaborado pela autora, 2022

Constatou-se que as áreas de vegetação natural aumentaram para 9,09% do cenário 1 para o cenário 2, levando em consideração a implementação do Parque da Jangada e demais componentes destinados ao turismo sustentável. Destaca-se a diminuição das áreas antrópicas agrícolas em 18,08%, antrópicas não agrícolas/minerárias em 27,53% e antrópicas minerárias em 5,49%.

Quadro 13 – Cálculo de métricas - Classes

Classe	Cenário 1 - Área	Cenário 2 - Área	Diferença	%
Áreas de Vegetação Natural	21.066,96	22.982,89	1.915,93	9,09%
Áreas Antrópicas Agrícolas	9.728,93	7.969,76	-1.759,17	-18,08%
Área Antrópica Não Agrícolas/Minerárias	277,20	200,89	-76,30	-27,53%
Afloramento Rochoso	234,84	233,74	-1,10	-0,47%
Áreas Antrópicas Minerárias	1.492,24	1.410,34	-81,90	-5,49%
Água	711,49	714,97	3,48	0,49%

Fonte: Elaborado pelos autores

6. CONCLUSÃO

Os resultados apresentam a localização de pontos turísticos classificados por tipo, utilizados para criação de mapa de kernel, o que possibilitou entender a dinâmica espacial das áreas e os principais *hotspots*, exemplo disso, é a concentração do Ecoturismo, turismo esportivo nas áreas da Serra da Moeda e arredores, também foi possível identificar as áreas de turismo rural no distrito de Piedade do Paraopeba e o Turismo Cultural na região do distrito Sede e Piedade do Paraopeba.

A simulação de cenários de Uso do Solo para 2030, podem contribuir para a identificação de áreas com potencialidade de implementação do Turismo Sustentável, sendo possível obter o resultado da simulação para a proposta de cenário 2, na qual, foca no desenvolvimento sustentável para o município de Brumadinho.

O cenário proposto é capaz de potencializar o desenvolvimento do Turismo Sustentável, o que pode ser importante componente para gestão e governança territorial, visto que proporciona a visão de futuro.

A construção dos cenários não ocorreu por meio de trabalhos de campo e discussões com atores locais, mas sim usando fonte secundárias, que envolvem relatos de oficinas, documentos públicos estratégicos, entre outros. Por esse motivo, é importante, em termos de gestão participativa, a apresentação dos resultados para os stakeholders de Brumadinho e região, como componentes do poder público na Prefeitura Municipal, cidadãos, comerciantes da área do turismo, entre outros.

Também podem ser desenvolvidos novos trabalhos que envolvam a simulação de LUCS aplicado ao Turismo e criação de Cenários que dialoguem com a participação dos stakeholders. Pois, são poucas as abordagens de modelagem de mudança de cobertura do uso do solo destinadas a explorar os diferentes futuros potenciais do desenvolvimento turístico. (BOAVIDA-PORTUGAL; ROCHA; FERREIRA, 2016)

No entanto, os cenários estratégicos do estudo para municípios brasileiros, como Brumadinho são úteis para que planejadores/stakeholders localizem futuras áreas de crescimento econômico e desenvolvimento social, para que avaliem o impacto das mudanças de mudança de cobertura do uso do solo e planejem e forneçam infraestrutura para apoiar o desenvolvimento. Eles dão uma visão desse processo e podem constituir um ponto de partida muito importante para discussão sobre o futuro uso da terra nas áreas turísticas.

REFERÊNCIAS

- ACHEAMPONG, M. et al. Land use/cover change in Ghana's oil city: Assessing the impact of neoliberal economic policies and implications for sustainable development goal number one – A remote sensing and GIS approach. **Land Use Policy**, v. 73, 2018.
- AGARWAL, C. et al. A Review and Assessment of Land-Use Change Models: Dynamics of Space, Time, and Human Choice. **Apollo The International Magazine Of Art And Antiques**, 2002.
- AGRAWAL, A. et al. **Editorial overview: Forest governance interventions for sustainability through information, incentives, and institutions**. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, 2018.
- AL-KHEDER, S.; KHRISAT, B. Assessment of the Urban Planning System in Historic Jerash with GIS: Achievements and Challenges for Sustainable Tourism. **Tourism and Hospitality Planning & Development**, v. 4, n. 3, p. 245–266, dez. 2007.
- ALVES, T. M. **Brumadinho-MG e Inhotim: Entre a Memória, o Museu e o Turismo**. Programa de Pós-Graduação Interdisciplinar em Estudos Latino-Americanos—Foz do Iguaçu: Universidade Federal da Integração Latino-Americana, 2019.
- ATIK, M.; ALTAN, T.; ARTAR, M. Land use changes in relation to coastal tourism developments in Turkish Mediterranean. **Polish Journal of Environmental Studies**, v. 19, n. 1, 2010.
- BIANCHI, R. The political economy of tourism development: A critical review. **Annals of Tourism Research**, v. 70, 2018.
- BOAVIDA-PORTUGAL, I.; FERREIRA, C. C.; ROCHA, J. Where to vacation? An agent-based approach to modelling tourist decision-making process. **Current Issues in Tourism**, v. 20, n. 15, 2017.
- BOAVIDA-PORTUGAL, I.; ROCHA, J.; FERREIRA, C. C. Exploring the impacts of future tourism development on land use/cover changes. **Applied Geography**, v. 77, p. 82–91, 1 dez. 2016.
- BOORI, M. S.; VOZENILEK, V. **Land cover disturbance due to tourism in Jeseniky mountain region: a remote sensing and GIS based approach**. Earth Resources and Environmental Remote Sensing/GIS Applications V. **Anais...2014**.
- BRANDO, P. M. et al. The gathering firestorm in southern Amazonia. **Science Advances**, v. 6, n. 2, 2020.
- BRIASSOULIS, H. Analysis of Land Use Change : Theoretical and Modeling Approaches. **Web Book of Regional Science**, 2019.
- BRITALDO-FILHO, S. S. et al. Modelagem de dinâmica de paisagem: concepção e potencial de aplicação de modelos de simulação baseados em autômato celular. **Megadiversidade**, v. 3, n. 1–2, p. 74–86, 2007.

CÂMARA, J. B. D. Governança ambiental no Brasil: ecos do passado. **Revista de Sociologia e Política**, v. 21, n. 46, p. 125–146, jun. 2013.

CASTRO, L. S. DE; A. E. S. DE; AVALIAÇÃO DO DESASTRE DE BRUMADINHO NO DESEMPENHO ECONÔMICO EM MINAS GERAIS. **Área ANPEC: Área 10 - Economia Regional e Urbana**, 2021.

CHAPLIN, J.; BRABYN, L. Using remote sensing and GIS to investigate the impacts of tourism on forest cover in the Annapurna Conservation Area, Nepal. **Applied Geography**, v. 43, 2013.

CHEN, M. W.; TU, H. M.; TUNG, C. H. From Chinese tourists to Taiwanese campers: Impacts of tourism policies on campsite land use/cover change. **Journal of Environmental Management**, v. 310, p. 114749, 15 maio 2022.

CHHOTRAY, V.; STOKER, G. **Governance Theory and Practice**. London: Palgrave Macmillan UK, 2009.

COELHO, T. P. Dilemas e obstáculos na economia de Brumadinho frente à minério-dependência. **Ciência e Cultura**, v. 72, n. 2, p. 29–33, abr. 2020.

CONCEIÇÃO, C. C. Modelo analítico de governança regional de turismo - MAGRET. **Revista Brasileira de Pesquisa em Turismo**, v. 14, n. 2, p. 123–138, 29 abr. 2020.

COSTA, M. A. A. L. F. G. DE; G. M. DE F. L. G. J. P. G. S. R. M. DOS. Uma Investigação sobre a Minero-Dependência em Brumadinho-MG: As Metáforas do Processo de Formação e da Dinâmica Econômica Local. 2020.

CUEVAS, G.; MAS, J. F. Land use scenarios: a communication tool with local communities. Em: **Environmental Science and Engineering**. [s.l: s.n.].

DADASHPOOR, H.; NATEGHI, M. Simulating spatial pattern of urban growth using GIS-based SLEUTH model: a case study of eastern corridor of Tehran metropolitan region, Iran. **Environment, Development and Sustainability**, v. 19, n. 2, 2017.

DE ALMEIDA, C. M. et al. Stochastic cellular automata modeling of urban land use dynamics: Empirical development and estimation. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 27, n. 5, 2003.

DE, S.; RODRIGUES, L.; DE SOUZA, M. O papel da Governança na regionalização do turismo. **Revista Brasileira de Ecoturismo**, v. 8, n. 2, p. 234–250, 2015.

DINIZ, E. Governabilidade, Democracia e Reforma do Estado: Os Desafios da Construção de uma Nova Ordem no Brasil dos Anos 90. **DADOS – Revista de Ciências Sociais**, v. 38, n. 3, p. 385–415, 1995.

DONALD, P. F.; EVANS, A. D. **Habitat connectivity and matrix restoration: The wider implications of agri-environment schemes**. **Journal of Applied Ecology**, 2006.

DONG, R.; YU, L.; LIU, G. Impact of tourism development on land-cover change in a matriarchal community in the Lugu Lake area. **International Journal of Sustainable Development and World Ecology**, v. 15, n. 1, 2008.

FARIA, L. A. **A PRODUÇÃO DO ESPAÇO NO EIXO SUL DA METRÓPOLE DE BELO HORIZONTE: o Instituto Inhotim (Brumadinho-MG) e o fetichismo da natureza**. Mestrado—Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências, 2016.

FENG, Y. et al. Evaluating land ecological security and examining its relationships with driving factors using GIS and generalized additive model. **Science of the Total Environment**, v. 633, 2018.

FREITAS, E. DE S. MARTINS. **A reprodução social da metrópole em Belo Horizonte: APA Sul RMBH, mapeando novas raridades**. Belo Horizonte: Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 2004.

GIMENES MINASSE, M. H. S. G. Turismo Gastronômico como objeto de pesquisa: análise das publicações em periódicos brasileiros (2005-2017). **Revista Brasileira de Pesquisa em Turismo**, v. 14, n. 1, p. 92–111, 14 jan. 2020.

GIMENNES, J. **Orientação para Gestão Municipal do Turismo Guia Prático para Dirigentes Públicos Municipais de Turismo**. , 2017.

GLINSKIS, E. A.; GUTIÉRREZ-VÉLEZ, V. H. Quantifying and understanding land cover changes by large and small oil palm expansion regimes in the Peruvian Amazon. **Land Use Policy**, v. 80, 2019.

GOOGLE. **Google Maps Web Site**.

GUEDES, M. L. V. S. P. H. DA; **PLANOMUNICIPALDETURISMO DE BRUMADINHO 2017 - 2021**. Brumadinho: [s.n.].

GUIMARÃES, C. M. M. C. F. DE; Mineração, degradação ambiental e arqueologia: Minas Gerais, Brasil século XVIII. **Memória Americana. Caderno de Etnohistoria**, v. 26, n. 2, p. 82–101, 2018.

IBGE. **INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA**.

IBGE. **História & Fotos**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/brumadinho/historico>>. Acesso em: 21 maio. 2022.

IEPHA. **Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais**. Disponível em: <<http://www.iepha.mg.gov.br/>>. Acesso em: 1 jul. 2022.

ILVESTRINI, R. A. A. L. S. et al. Simulating fire regimes in the Amazon in response to climate change and deforestation. **Ecological applications**, v. 21, n. 5, 2011.

IVERSON NASSAUER, J. Culture and changing landscape structure. **Landscape Ecology**, v. 10, n. 4, 1995.

JOHNER, M. P. ;; CUNHA, A. M. O Turismo Esportivo, como Novo Atrativo e Inovação de Serviços da Cidade de Porto Alegre: A Experiência do Grêmio Arena Tour. **Fólio - Revista Científica Digital - Jornalismo, Publicidade e Turismo**, v. 17, n. 1, p. 95–110, 13 set. 2016.

KIMBERLY, M. C.; LISA, M. C. REDD pilot project scenarios: are costs and benefits altered by spatial scale? **Environmental Research Letters**, v. 4, n. 3, 2009.

KÖHLER, A. F. D. J. C. G. Turismo cultural: conceituação, fontes de crescimento e tendências. **Turismo - Visão e Ação**, v. 9, n. 2, p. 185–198, 2007.

KOK, K.; VAN DELDEN, H. Combining two approaches of integrated scenario development to combat desertification in the Guadalentín watershed, Spain. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 36, n. 1, 2009.

KONKOLY-GYURÓ, É. et al. Overview of the 18th-20th century military surveys in the light of the land cover change assessment in Eastern Central Europe. **E-PERIMETRON**, v. 12, n. 4, 2017.

LANDIS, J. D. Review: Engaging the Future: Forecasts, Scenarios, Plans, and Projects, edited and with chapters by Lewis Hopkins and Marisa Zapata. Cambridge, MA: The Lincoln Institute of Land Policy. 2007. 392 pages. \$35.00 (hardback). **Journal of Planning Education and Research**, v. 27, n. 3, 2008.

LAUSCH, A. et al. Understanding and quantifying landscape structure - A review on relevant process characteristics, data models and landscape metrics. **Ecological Modelling**, v. 295, 2015.

LITTLE, P. E. **Políticas ambientais no Brasil: análises, instrumentos e experiências**. 1. ed. São Paulo; Brasília, IEB: Peirópolis, IEB, 2003. v. 1

MACEDO, S. **Democracy at risk: how political choices undermine citizen participation and what we can do about it**. Washington: Brookings: [s.n.].

MAS, J. F. et al. Inductive pattern-based land use/cover change models: A comparison of four software packages. **Environmental Modelling & Software**, v. 51, p. 94–111, 1 jan. 2014.

MAS, J.-F.; FLAMENCO SANDOVAL, A. Modelación de los cambios de coberturas/uso del suelo en una región tropical de México. **Geotropico**, v. 5, n. 1, 2011.

MELO, M. C. DE; J. R. M. F. A. J. P. S. DE; N. N. DE O. A. F. M. R. DE S. M. F. L. V. R. B. B. D. DE S. M. **Avaliação da Segurança Hídrica Associada aos Mananciais de Abastecimento: Sistema Paraopeba – MG**. XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. **Anais...** Florianópolis: 2017. Disponível em: <<http://abrh.s3.amazonaws.com/Eventos/Trabalhos/60/PAP022304.pdf>>. Acesso em: 21 maio. 2022

MENDONÇA, J. G. DE; P. I. H. OLIVA. A metrópole belo-horizontina em expansão: periferação da riqueza ou polarização social? Em: COSTA, H. S. DE MOURA. (Ed.). **Novas periferias metropolitanas. A expansão metropolitana em Belo Horizonte: dinâmica e especificidades no Eixo Sul**. Editora C/ Arte ed. Belo Horizonte: [s.n.]. v. 1p. 21–34.

MINISTÉRIO DO TURISMO. **ECOTURISMO: Orientações Básicas**. 1. ed. Brasília: [s.n.].

MINISTÉRIO DO TURISMO. **GLOSSÁRIO DO TURISMO: compilação de termos publicados por Ministério do Turismo e Embratur nos últimos 15 anos**. 1. ed. Brasília: [s.n.]. v. 1

MINISTÉRIO DO TURISMO. **Mapa - Programa de regionalismo do turismo**. Disponível em: <<https://www.mapa.turismo.gov.br/mapa/init.html#/home>>. Acesso em: 13 set. 2022.

MOURA, A. S. DE; B. M. DO C. O Papel da Governança na Promoção da Sustentabilidade das Políticas Públicas no Brasil. **Revista dos Mestrados Profissionais**, v. 3, n. 2, p. 40–68, 2014.

MTUR, M. DO T. **Regiões turísticas do mapa do turismo brasileiro, Sudeste. Secretaria de Estado de Cultura e Turismo de Minas Gerais**, 2022.

NEPSTAD, D. et al. Supporting Online Material for - The end of deforestation in the Brazilian Amazon. **Science (New York, N.Y.)**, v. 326, n. 5958, 2009.

NUNES, A. S. É. J. E. L. R. M. R. P. M. C. M. K. C. M. M. N. S. ISABELA. **Planejamento Estratégico do Circuito Veredas do Paraopebas - 2020 A 2024**. [s.l: s.n.].

NUNES, F. et al. Economic benefits of forest conservation: Assessing the potential rents from Brazil nut concessions in Madre de Dios, Peru, to channel REDD+ investments. **Environmental Conservation**, v. 39, n. 2, 2012.

NUNES JUNIOR, F. C. F. **Geração de mapas de hotspots em redes de ruas para predição de crimes**. Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação—Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2020.

OLIVEIRA, A. S. DE et al. Modelação da Paisagem e Avaliação Prospectiva. Em: RIBEIRO. SÓNIA MARIA CARVALHO; et al. (Eds.). **Ecologia da Paisagem no Contexto Luso-Brasileiro**. 1. ed. Curitiba: Appris, 2021. v. 1p. 283–309.

PALHA, F. P. **CAMPO E RURAL IDÍLICOS COMO FALÁCIA: minério-dependência, incompletude urbana e injustiça ambiental-hídrica em Brumadinho (MG)**. Instituto de Geociências—Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2019.

PETERSON, G. D.; CUMMING, G. S.; CARPENTER, S. R. Scenario Planning: a Tool for Conservation in an Uncertain World. **Conservation Biology**, v. 17, n. 2, p. 358–366, abr. 2003.

PETROV, L. O.; LAVALLE, C.; KASANKO, M. Urban land use scenarios for a tourist region in Europe: Applying the MOLAND model to Algarve, Portugal. **Landscape and Urban Planning**, v. 92, n. 1, p. 10–23, 15 ago. 2009.

PNUD. **Sixth Edition of the Global Environment Outlook report**. [s.l: s.n.]. v. 6

PREFEITURA MUNICIPAL DE BRUMADINHO. **REVISÃO DO PLANO DIRETOR PARTICIPATIVO DE BRUMADINHO**. Disponível em: <<https://www.pdpbrumadinho.com/produtos>>. Acesso em: 1 out. 2022.

REDE TERRA. **Oficina de diálogos sobre o turismo Relato e resultados.** Brumadinho: [s.n.].

RENFORS, S.-M. Stakeholders' Perceptions of Sustainable Tourism Development in a Cold-Water Destination: the Case of the Finnish Archipelago. **Tourism Planning & Development**, v. 18, n. 5, p. 510–528, 3 set. 2021.

RODRIGUES, H. O.; SOARES-FILHO, B. S.; COSTA, W. L. DE S. **Dinamica EGO, uma plataforma para modelagem de sistemas ambientais.** Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais...** Florianópolis: INPE, 26 abr. 2007. Disponível em:

<<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.06.17.59/doc/3089-3096.pdf>>. Acesso em: 15 maio. 2022

RODRIGUES, L. **Prefeitura de Brumadinho vive boa situação econômica, mas teme futuro.**

ROSEN, C. M. Environmental Strategy and Competitive Advantage: An Introduction. **California Management Review**, v. 43, n. 3, p. 8–15, abr. 2001.

RUCHKYS, Ú. DE A. et al. Applying geoethics to the context of mining ferruginous geosystems: case studies from the tailing dam breaks in Fundão and Córrego do Feijão, Minas Gerais - Brazil. **Episodes**, v. 43, n. 4, p. 981–990, 1 dez. 2020.

SAHA, J.; PAUL, S. An insight on land use and land cover change due to tourism growth in coastal area and its environmental consequences from West Bengal, India. **Spatial Information Research**, v. 29, n. 4, 2021.

SECULT-MG. **Observatório do Turismo de Minas Gerais. Economia do Turismo, Painel RAIS.**

SEIXAS, C. S. et al. Governança ambiental no Brasil: rumo aos objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS)? **Cadernos Gestão Pública e Cidadania**, v. 25, n. 81, 1 maio 2020.

SENA, Í. S. DE; L. C. F. F. R. Ú. **POTENCIAL GEOTURÍSTICO DO PATRIMÔNIO GEOCULTURAL DA SERRA DA CALÇADA, QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MINAS GERAIS, BRASIL.** XV Encuentro de Geógrafos de América Latina. **Anais...**Habana: Observatório Geográfico da América Latina, 2015.

SHEARER, A. W. Approaching scenario-based studies: Three perceptions about the future and considerations for landscape planning. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 32, n. 1, 2005.

SIKWAH, P.; MUSAVENGANE, R.; LEONARD, L. Tourism Governance and Attainment of the Sustainable Development Goals in Africa. **Tourism Planning & Development**, v. 17, n. 4, p. 355–383, 3 jul. 2020.

SILVESTRINI, R. A. et al. Simulating fire regimes in the Amazon in response to climate change and deforestation. **Ecological Applications**, v. 21, n. 5, 2011.

SOARES-FILHO, B. et al. Role of Brazilian Amazon protected areas in climate change mitigation. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 107, n. 24, 2010.

- SOARES-FILHO, B. et al. Forest fragmentation, climate change and understory fire regimes on the Amazonian landscapes of the Xingu headwaters. **Landscape Ecology**, v. 27, n. 4, 2012.
- SOARES-FILHO, B.; RODRIGUES, H.; FOLLADOR, M. A hybrid analytical-heuristic method for calibrating land-use change models. **Environmental Modelling and Software**, v. 43, 2013.
- SOARES-FILHO, B. S. et al. Modelling conservation in the Amazon basin. **Nature**, v. 440, n. 7083, 2006.
- SOLECKI, W. D.; OLIVERI, C. Downscaling climate change scenarios in an urban land use change model. **Journal of Environmental Management**, v. 72, n. 1–2, 2004.
- SOUZA, R. S. DE. Evolução E Condicionantes Da Gestão Ambiental Nas Empresas. **REAd - Revista Eletrônica de Administração**, v. 8, n. 6, 2002.
- STOKER, G. Urban Political Science and the Challenge of Urban Governance. Em: PIERRE, J. (Ed.). **Debating Governance**. New York: Oxford: Oxford University Press, 2000. p. 91–109.
- THAPA, R. B.; MURAYAMA, Y. Urban growth modeling of Kathmandu metropolitan region, Nepal. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 35, n. 1, 2011.
- THE WORLD BANK. **Governance and Development**. [s.l.] The World Bank, 1992. v. 1
- TONI, F. S. A. P. & P. N. M. **Governança Ambiental e Desenvolvimento Territorial Rural na Fronteira Agrícola: o Papel das Redes de Movimentos Sociais na Região da Transamazônica. Programa Colaborativo de Investigación, Movimientos Sociales, Gobernanza Ambiental y Desarrollo Territorial Rural**. Anais I Seminário sobre Governança Ambiental no Brasil: Contexto, Realidades, Rumos. **Anais...**Recife: Fundação Joaquim Nabuco., 2006.
- UNESCO. **Historic Town of Ouro Preto**. Disponível em: <<https://whc.unesco.org/en/list/124>>. Acesso em: 30 set. 2022.
- UNESCO. **Sanctuary of Bom Jesus do Congonhas**. Disponível em: <<https://whc.unesco.org/en/list/334>>. Acesso em: 30 set. 2022.
- UNESCO. **Espinhaço Range Biosphere Reserve, Brazil**. Disponível em: <<https://en.unesco.org/biosphere/lac/espinhaco>>. Acesso em: 30 set. 2022.
- UNESCO. **Pampulha Modern Ensemble**. Disponível em: <<https://whc.unesco.org/en/list/1493>>. Acesso em: 30 set. 2022.
- VALE. **Mapa Turístico de Brumadinho**.
- VERBURG, P. H. et al. Land use change modelling: current practice and research priorities. **GeoJournal**, v. 61, n. 4, p. 309–324, dez. 2004.

VERBURG, P. H. et al. **Downscaling of land use change scenarios to assess the dynamics of European landscapes**. Agriculture, Ecosystems and Environment. **Anais...**2006.

WANG, J.; LIU, Y. Tourism-led land-use changes and their environmental effects in the southern coastal region of Hainan Island, China. **Journal of Coastal Research**, v. 29, n. 5, 2013.

XIANG, W. N.; CLARKE, K. C. The use of scenarios in land-use planning. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 30, n. 6, 2003.

YANAI, A. M. et al. Avoided deforestation in Brazilian Amazonia: Simulating the effect of the Juma Sustainable Development Reserve. **Forest Ecology and Management**, v. 282, 2012.