



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS  
GERAIS - *CAMPUS* BAMBUÍ  
MESTRADO PROFISSIONAL EM SUSTENTABILIDADE E TECNOLOGIA  
AMBIENTAL

Gabriel Soares da Silva

**UTILIZAÇÃO DE GEOPROCESSAMENTO NA GESTÃO TERRITORIAL PARA  
IDENTIFICAÇÃO DE LOCAIS ADEQUADOS À IMPLANTAÇÃO DE ATERRO  
SANITÁRIO: ESTUDO DE CASO DO CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL  
CICANASTRA**

Bambuí - MG

2025

Gabriel Soares da Silva

**UTILIZAÇÃO DE GEOPROCESSAMENTO NA GESTÃO TERRITORIAL PARA  
IDENTIFICAÇÃO DE LOCAIS ADEQUADOS À IMPLANTAÇÃO DE ATERRO  
SANITÁRIO: ESTUDO DE CASO CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL CICANASTRA**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – *Campus* Bambuí, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental.

Orientador: Professor Doutor Pedro Luiz Teixeira de Camargo

Coorientador: Professor Doutor Felipe da Silva Alves

Linha de pesquisa: Planejamento e Gestão Ambiental

Projeto Estruturante: Análise e Gestão da Paisagem

V – Economia Ecológica

Bambuí - MG

2025



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA**  
**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS**  
Campus Bambuí  
Diretoria de Pesquisa, Inovação e Pós-Graduação  
Seção de Pós-Graduação  
Av. Professor Mário Werneck, 2590 - Bairro Buritis - CEP 30575-180 - Belo Horizonte - MG  
37 3431 4900 - www.ifmg.edu.br

## PARECER Nº 6

### FICHA DE APROVAÇÃO

Dissertação intitulada “**Utilização de geoprocessamento na gestão territorial para identificação de locais adequados à implantação de aterro sanitário: estudo de caso do consórcio intermunicipal CICANASTRA**”, de autoria do mestrando em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, **Gabriel Soares da Silva**, sob a orientação dos professores Dr. **Pedro Luiz Teixeira de Camargo** e Dr. **Felipe da Silva Alves**, aprovado pela Banca Examinadora de Defesa, em 18/03/2025, com a média de 94,0 pontos.

Bambuí (MG), 18 de março de 2025.



Documento assinado eletronicamente por **Diego Vipa Amâncio, Usuário Externo**, em 19/03/2025, às 17:07, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Pedro Luiz Teixeira de Camargo, Professor EBTT**, em 19/03/2025, às 17:55, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Gabriel Soares da Silva, Usuário Externo**, em 19/03/2025, às 18:43, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Igor Rafael Torres Santos, Professor**, em 27/03/2025, às 14:18, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Felipe da Silva Alves, Professor**, em 28/03/2025, às 09:01, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Diego Alves de Oliveira, Professor**, em 02/04/2025, às 09:26, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **2237085** e o código CRC **113C2E05**.

---

Criado por [ronaldo.barbosa](#), versão 2 por [ronaldo.barbosa](#) em 19/03/2025 16:42:13.

Catálogo na Fonte Biblioteca IFMG - Campus Bambuí

S586u Silva, Gabriel Soares da.  
Utilização de geoprocessamento na gestão territorial para identificação de locais adequados à implantação de aterro sanitário: estudo de caso Consórcio Intermunicipal Cicanastra. / Gabriel Soares da Silva. – Bambuí, 2025.  
227 f.: il.; color.

Orientador: Doutor Pedro Luiz Teixeira de Camargo.

Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG, Curso Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, 2025.

1. Análise multicritério. 2. Desenvolvimento sustentável. 3. Gestão integrada. I. Camargo, Pedro Luiz Teixeira de. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG. III. Título.

CDD 628.44564

Dedico esta dissertação à minha família, cujo amor e apoio foram fundamentais para me tornar o primeiro membro da nossa família a obter um título de mestre.

## AGRADECIMENTOS

Guardo um profundo afeto pelo Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG) e assumo o compromisso de sempre honrar o orgulho de pertencer a esta instituição, que me acolheu em 2015, marcando o início da minha jornada na vida adulta. Ao longo dos 7 anos que passei entre o Bacharelado em Engenharia Civil e o Mestrado em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, o suporte fornecido pelo IFMG e por todos os seus servidores que tive a oportunidade de conhecer enriqueceu a minha trajetória.

Minha gratidão para com os professores é imensurável. Desde o primeiro convite para orientação na graduação até o presente momento, o Dr. Pedro Luiz Teixeira de Camargo e o Dr. Felipe da Silva Alves têm compartilhado conhecimento comigo, guiando-me em direção ao sucesso. Agradeço as inúmeras ligações, reuniões e orientações que recebi; toda essa dedicação contribuiu para me moldar como um bom profissional, reforçando meu compromisso em retribuir à sociedade da mesma maneira como fui guiado até aqui.

Por fim, e de importância inigualável, expresso meu profundo agradecimento à minha família. Desde sempre, me ensinaram que apenas por meio da educação e do estudo poderíamos alcançar o sucesso na vida. Assim, sigo valorizando cada momento.

Ademais, não poderia deixar de citar o Grupo de Pesquisa em Ciências Ambientais, Econômicas e Sustentabilidade, do qual faço parte. Todo projeto executado fortalece ainda mais nosso Núcleo de Ciência.

“É isso aí, você não pode parar  
Esperar o tempo ruim vir te abraçar  
Acreditar que sonhar sempre é preciso  
É o que nos mantém vivos.”

(Racionais MC's)

## RESUMO

A gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) é um dos maiores desafios ambientais e de saúde pública no Brasil, especialmente em municípios de pequeno porte. Este trabalho teve como objetivo identificar áreas aptas para a implantação de um aterro sanitário intermunicipal, com foco no consórcio CICANASTRA, que abrange oito municípios no estado de Minas Gerais. O estudo utilizou técnicas com base em dados secundários e uma análise booleana, para mapear áreas adequadas à instalação do aterro, considerando variáveis como declividade, proximidade de corpos hídricos e uso da terra. A pesquisa buscou atender à necessidade de uma destinação final ambientalmente correta dos resíduos sólidos, em conformidade com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que propõe a erradicação de lixões e o incentivo ao uso de aterros sanitários. A metodologia empregada fez uso da base de dados secundários do acervo cartográfico brasileiro disponibilizados gratuitamente em repositórios de infraestrutura espacial. O estudo utilizou critérios com escalas entre 1:5.000 e 1:250.000 e resolução de até 30 m. Posteriormente, as informações foram classificadas em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG) envolvendo aplicação de ferramentas de sensoriamento remoto, análise de dados geoespaciais e a utilização de uma combinação de critérios técnicos integrados a uma classificação de lógica booleana, diferenciando os ambientes para selecionar as melhores áreas para a implantação do aterro. Foram realizadas análises sociais (núcleos populacionais), econômicas (uso e ocupação da terra, infraestrutura de transportes) e ambientais (zoneamento ambiental, dados topográficos), com o objetivo de excluir áreas inadequadas, situadas em regiões de inundação ou com alta declividade, formação florestal, manchas urbanas e perturbações aéreas provocadas por pássaros. Os resultados indicaram que foi possível identificar áreas viáveis para a construção do aterro, com uma vida útil projetada de 30 anos. Dessa forma, realizaram-se o cálculo de projeção populacional e a produção de resíduos sólidos entre 2024 e 2054. O estudo também ressaltou a necessidade de estratégias de educação ambiental voltadas para a redução, reciclagem e reuso de resíduos, como forma de minimizar o impacto ambiental da destinação final. Ao final, concluiu-se que, embora as ferramentas de geoprocessamento tenham demonstrado grande eficácia na identificação de áreas adequadas, a implementação de soluções sustentáveis exige uma abordagem integrada dos municípios envolvidos no arranjo, por meio do planejamento urbano, da participação social e da formulação de políticas públicas. O legado desta dissertação consiste na apresentação de uma metodologia replicável, desenvolvida por meio de um modelador gráfico no QGIS. Dessa forma, espera-se que os resultados obtidos possam subsidiar gestores públicos e profissionais da área na tomada

de decisões relacionadas à gestão de resíduos sólidos, promovendo alternativas mais sustentáveis e eficientes.

**Palavras-chave:** Análise multicritério. Desenvolvimento sustentável. Gestão integrada. Geoprocessamento.

## RESUMEN

La gestión de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) es uno de los mayores desafíos ambientales y de salud pública en Brasil, especialmente en municipios de pequeño porte. Este trabajo tuvo como objetivo identificar áreas aptas para la implementación de un relleno sanitario intermunicipal, centrándose en el consorcio CICANASTRA, que abarca ocho municipios en el estado de Minas Gerais. El estudio utilizó técnicas basadas en datos secundarios y un análisis booleano para mapear áreas adecuadas para la instalación del relleno, considerando variables como la pendiente, la proximidad a cuerpos de agua y el uso de la tierra. La investigación buscó atender la necesidad de una disposición final ambientalmente adecuada de los residuos sólidos, de conformidad con la Política Nacional de Residuos Sólidos (PNRS), que propone la erradicación de vertederos y el fomento del uso de rellenos sanitarios. La metodología empleada utilizó bases de datos secundarias del acervo cartográfico brasileño, disponibles de forma gratuita en repositorios de infraestructura espacial. Posteriormente, se clasificó la información en un entorno de Sistema de Información Geográfica (SIG), incorporando la aplicación de herramientas de teledetección, análisis de datos geospaciales y la utilización de una combinación de criterios técnicos integrados en una clasificación de lógica booleana, lo que permitió diferenciar los entornos para seleccionar las mejores áreas para la implantación del relleno. Se realizaron análisis sociales (núcleos de población), económicos (uso y ocupación de la tierra, infraestructura de transporte) y ambientales (zonificación ambiental, datos topográficos), con el objetivo de excluir áreas inadecuadas, situadas en zonas de inundación o con alta pendiente, formaciones forestales, manchas urbanas y perturbaciones aéreas provocadas por aves. Los resultados indicaron que fue posible identificar áreas viables para la construcción del relleno, con una vida útil proyectada de 30 años. De esta manera, se llevó a cabo el cálculo de la proyección poblacional y la producción de residuos sólidos entre 2024 y 2054. El estudio también destacó la necesidad de estrategias de educación ambiental dirigidas a la reducción, el reciclaje y la reutilización de residuos, como forma de minimizar el impacto ambiental de la disposición final. Al final, se concluye que, aunque las herramientas de geoprocésamiento han demostrado gran eficacia en la identificación de áreas adecuadas, la implementación de soluciones sostenibles exige un enfoque integrado de los municipios involucrados en el arreglo, por medio de la planificación urbana, la participación social y la formulación de políticas públicas. El legado de esta disertación consiste en la presentación de una metodología replicable, desarrollada a través de un modelador gráfico en QGIS. De esta forma, se espera que los resultados obtenidos puedan apoyar a los gestores públicos y

profesionales del área en la toma de decisiones relacionadas con la gestión de residuos sólidos, promoviendo alternativas más sostenibles y eficientes.

**Palabras Clave:** Análisis multicriterio. Desarrollo sostenible. Gestión integrada. Geoprocesamiento.

## ABSTRACT

The management of Urban Solid Waste (USW) is one of the greatest environmental and public health challenges in Brazil, particularly in small municipalities. This study aimed to identify suitable areas for the implementation of an intermunicipal sanitary landfill, focusing on the CICANASTRA consortium, which encompasses eight municipalities in the state of Minas Gerais. The research employed techniques based on secondary data and Boolean analysis to map areas appropriate for the landfill installation, considering variables such as slope, proximity to water bodies, and land use. The study sought to address the need for environmentally adequate final disposal of solid waste, in compliance with the National Solid Waste Policy (PNRS), which advocates for the eradication of dumps and the promotion of sanitary landfills. The methodology utilized secondary databases from the Brazilian cartographic collection, freely available in spatial infrastructure repositories. Subsequently, the information was classified within a Geographic Information System (GIS) environment, incorporating remote sensing tools, geospatial data analysis, and a combination of technical criteria integrated into a Boolean logic classification. This approach enabled the differentiation of environments to select the best areas for landfill implementation. Social (population centers), economic (land use and occupation, transportation infrastructure), and environmental analyses (environmental zoning, topographic data) were conducted to exclude unsuitable areas, such as flood zones, steep slopes, forested areas, urban clusters, and zones affected by bird-related disturbances. The results indicated that viable areas for landfill construction were identified, with a projected lifespan of 30 years. Population projections and solid waste production estimates were calculated for the period between 2024 and 2054. The study also emphasized the need for environmental education strategies targeting waste reduction, recycling, and reuse to minimize the environmental impact of final disposal. In conclusion, while geoprocessing tools proved highly effective in identifying suitable areas, the implementation of sustainable solutions requires an integrated approach among the involved municipalities, through urban planning, social participation, and public policy formulation. The legacy of this research lies in the presentation of a replicable methodology, developed via a graphical modeler in QGIS. Thus, the results are expected to support public managers and professionals in decision-making related to solid waste management, promoting more sustainable and efficient alternatives.

**Keywords:** Multicriteria analysis. Sustainable development. Integrated management. Geoprocessing. Sanitary landfill.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diretório Saneamento Básico: RSU.....	40
Figura 2 – Diretório Saneamento Básico: Consórcios Públicos Intermunicipais.....	40
Figura 3 – Diretório Limites: Cidades e Estado .....	41
Figura 4 – <i>Download</i> das camadas ativas.....	41
Figura 5 – Intermunicipalidade: Consórcio em Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos .....	45
Figura 6 - Dados dos Municípios não Consorciados e as Mesorregiões.....	47
Figura 7 - Dados de Resíduos Sólidos Urbanos do Estado de Minas Gerais .....	50
Figura 8 – Classificação dos tipos de resíduos .....	62
Figura 9- Estrutura: Aterro Sanitário.....	65
Figura 10 - Estrutura: Lixão X Aterro controlado.....	66
Figura 11 – Diretório IBGE: Geociências .....	69
Figura 12 – Diretório IBGE: Estatísticas.....	70
Figura 13 – Ordenamento para <i>Downloads</i> dos Dados: Estatísticas x Geociências .....	71
Figura 14 – Códigos para Unificação .....	72
Figura 15 – Junções para Outras Camadas.....	72
Figura 16 – Camadas Escolhidas para Exportação de Dados.....	74
Figura 17 - Disposição Final de RSU no Brasil 2021 e Regiões, por Tipo de Destinação .....	75
Figura 18 – Representação Cartográfica do Censo IBGE 2022 .....	77
Figura 19 – Representação Gráfica do Censo IBGE 2022 .....	78
Figura 20 – Representação Gráfica do Censo IBGE Minas Gerais 2022.....	79
Figura 21 – Censo IBGE Minas Gerais 2022 x 2010 .....	80
Figura 22 – Destinação dos RSU em Cidades de Pequeno Porte – Mapa I .....	81
Figura 23 – Destinação dos RSU em cidades de porte: médio, grande e metrópole – Mapa - II .....	82
Figura 24 – Destinação dos RSU em Minas Gerais .....	83
Figura 25 – Localização geográfica do consórcio CICANASTRA. ....	87
Figura 26 – Elementos para Criação dos Aterros Sanitários.....	95
Figura 27 – Limite Geográfico e Sistema Rodoviário.....	98
Figura 28 – Densidade populacional CICANASTRA (2022).....	100
Figura 29 - Sede, Vila e Aglomerado Rural .....	104
Figura 30 – Dados hidrográficos CICANASTRA.....	106
Figura 31 – Zoneamento da Unidade de Conservação – PNSC .....	108

Figura 32 – Pato-mergulhão observado em São Roque de Minas/MG .....	109
Figura 33 – Zona de amortecimento do PNSC .....	112
Figura 34 – APA Serras e Águas de Piumhi .....	114
Figura 35 – Dados de Uso e Cobertura da Terra .....	116
Figura 36 – Mapa Declividade SRTM 30 m – Consórcio CICANASTRA .....	118
Figura 37 - Urubu preto observado em Londrina/PR.....	119
Figura 38 – Área de isolamento dos aeródromos .....	120
Figura 39 – Dados rodoviários .....	122
Figura 40 – Tipografia dos modelos vetoriais e <i>raster</i> .....	123
Figura 41 – Classificação <i>raster</i> x vetor.....	124
Figura 42- Taxa de crescimento populacional aplicada no CICANASTRA (2022 – 2054) ..	130
Figura 43 – Área Mínima Necessária para Implementação do Aterro Sanitário.....	132
Figura 44 – Mapa dos Núcleos Populacionais, Sede e Aglomerados Rurais .....	134
Figura 45 – Mapa da Infraestrutura de Transportes .....	136
Figura 46 – Mapa do Zoneamento Ambiental.....	138
Figura 47 – Mapa dos Dados Topográficos.....	140
Figura 48 – Mapa de Uso e Ocupação da Terra .....	142
Figura 49 – Mapa com Áreas Aptas para Implementação de Aterro Sanitário.....	144
Figura 50 – Distribuição das Áreas Aptas e Inaptas para Implementação do AS com base no Mapa Gerado .....	145
Figura 51 - Distribuição de Área Ideal Disponível por Município.....	145
Figura 52 – Mapa de Localização das Áreas Ideais e Adequadas.....	147
Figura 53 – Classificação Gerada pela Interpolação .....	148
Figura 54 – Localização do Consórcio CICANASTRA .....	169
Figura 55 – Fluxograma do Modelo de Seleção Espacial de Áreas Potenciais para Aterros Sanitários .....	179
Figura 56 – Mapa de aptidão de áreas favoráveis para implementação do aterro.....	182
Figura 57 – GitHub.....	204

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados dos municípios consorciados .....	43
Tabela 2- Dados dos municípios consorciados: Área de atuação.....	44
Tabela 3 - Dados dos Municípios Consorciados: Mesorregiões .....	48
Tabela 4 – Pessoas escravizadas no Brasil, 1875 .....	58
Tabela 5 – Parâmetros Técnicos para Modelagem de Aptidão Territorial.....	125
Tabela 6 – Produção dos RSU ao Ano com Base no Crescimento Populacional do CICANASTRA (2022- 2054).....	131
Tabela 7 – Característica Demográfica do Consórcio CICANASTRA .....	132
Tabela 8 – Projeção populacional.....	170
Tabela 9 - Tabela de Geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU).....	172
Tabela 10 – Parâmetros Técnicos para Modelagem de Aptidão Territorial.....	175

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Arquivos geoespaciais utilizados na análise cartográfica .....	42
Quadro 2 – Porte das cidades do Brasil.....	55
Quadro 3 – Padronização de Cor.....	73
Quadro 4 – Setores de Aplicação do Geoprocessamento .....	90
Quadro 5 – Critérios Técnicos para Seleção de Área Adequada para Aterro Sanitário .....	93
Quadro 6 - Representação das Operações Lógicas AND, OR e NOT .....	96
Quadro 7 – Locais de Destinação dos RSU.....	99
Quadro 8 – Métodos de Cálculo para Projeção de Crescimento Populacional .....	102
Quadro 9 – Fluxo da Técnica Aplicada .....	126
Quadro 10 – Critérios de Análise .....	128
Quadro 11 – Escala dos Cenários de Viabilidades .....	183

## **LISTA DE SIGLAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

API – Application Programming Interface

CI – Consórcio Intermunicipal

CICANASTRA – Consórcio Intermunicipal da Serra da Canastra, Alto São Francisco e Médio Rio Grande

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente

GRSU – Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IFMG – Instituto Federal de Minas Gerais

IG – Indicação Geográfica

INPI – Instituto Nacional da Propriedade Industrial

LCP – Lei de Consórcios Públicos

NBR – Norma Brasileira

ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

ONU – Organização das Nações Unidas

PARNA – Parque Nacional

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

PNSC – Parque Nacional da Serra da Canastra

PyQGIS – Python QGIS Framework

QGIS – Sistema de Informações Geográficas Open Source

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

SIG – Sistemas de Informação Geográfica

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\leq$  - Menor ou igual

$\wedge$  - E lógico (AND)

$\vee$  - Ou lógico (OR)

$\neg$  - Não lógico (NOT)

$\Delta$  - Diferença simétrica

$A, B$  - Conjuntos genéricos para operações lógicas

$PS, P, kd$  - Parâmetros para cálculos populacionais e logísticos

$t$  - Tempo (em expressões temporais)

$m^2, km^2$  - Unidades de área

1, 0 - Verdadeiro e falso em lógica booleana

$A$  - Área ( $m^2$  ou hectares)

$V_{total}$  - Volume total

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	<b>22</b>
<b>OBJETIVO</b> .....	<b>24</b>
OBJETIVO GERAL .....	24
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	24
<b>ESTRUTURA BREVE DOS CAPÍTULOS</b> .....	<b>25</b>
<b>CAPÍTULO I – COOPERAÇÃO INTERMUNICIPAL: PANORAMA DOS CONSÓRCIOS PÚBLICOS EM MINAS GERAIS</b> .....	<b>27</b>
1.1 INTRODUÇÃO .....	27
1.2 OBJETIVO DO CAPÍTULO .....	29
1.3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	31
1.3.1 COOPERAÇÃO DAS MUNICIPALIDADES .....	31
1.3.2 LEI FEDERAL N.º 11.107/2005 - CONSÓRCIOS PÚBLICOS.....	33
1.4 METODOLOGIA.....	38
1.5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	43
<b>CAPÍTULO II – DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: DESAFIOS DA POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS (PNRS) EM MUNICÍPIOS COM MENOS DE 50 MIL HABITANTES EM MINAS GERAIS</b> .....	<b>53</b>
2.1 INTRODUÇÃO.....	53
2.2 OBJETIVO DO CAPÍTULO .....	56
2.3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	57
2.3.1 MUNICIPALISMO BRASILEIRO .....	57
2.3.3 NORMA BRASILEIRA (NBR) 10004 – RESÍDUOS SÓLIDOS .....	60
2.3.4 LEI FEDERAL N.º 12.305/2010, POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS .....	64
2.4 METODOLOGIA.....	68
2.5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	75
<b>CAPÍTULO III – GEOPROCESSAMENTO APLICADO PARA DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: TÉCNICA E APLICAÇÃO</b> .....	<b>85</b>
3.1 INTRODUÇÃO.....	85
3.2 OBJETIVO DO CAPÍTULO .....	88
3.3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	89

3.3.1 GEOPROCESSAMENTO: FERRAMENTA PARA IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS ADEQUADAS.....	89
3.3.2 ATERROS SANITÁRIOS: CRITÉRIOS TÉCNICOS PARA CLASSIFICAÇÃO.....	91
3.3.3 LÓGICA BOOLEANA.....	95
3.4 METODOLOGIA.....	97
3.4.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO.....	97
3.4.2 ORDENAMENTO TERRITORIAL E CONSERVAÇÃO AMBIENTAL: ASPECTOS FUNDAMENTAIS.....	103
3.4.3 AQUISIÇÃO DOS DADOS.....	123
3.4.4 CLASSIFICAÇÃO DOS TEMAS.....	126
3.5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	130
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>150</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>152</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>167</b>
<b>PRODUTO TÉCNICO 1 - RELATÓRIO TÉCNICO CONCLUSIVO.....</b>	<b>168</b>
1 APRESENTAÇÃO.....	168
2 METODOLOGIA.....	170
3 RESULTADOS.....	181
REFERÊNCIAS.....	185
<b>PRODUTO TÉCNICO 2 – MISCELÂNEA CARTOGRÁFICA.....</b>	<b>186</b>
<b>PRODUTO TÉCNICO 3 – <i>SCRIPT</i> AUTOMATIZADO PARA IDENTIFICAÇÃO PRELIMINAR DE ATERROS SANITÁRIOS.....</b>	<b>204</b>
<i>SCRIPT</i>	205

## INTRODUÇÃO GERAL

A gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) é uma questão ambiental, social e econômica de grande relevância, especialmente nos países em desenvolvimento, onde a ausência de planejamento urbano tem desafiado a capacidade dos municípios de lidar com a destinação final adequada desses resíduos (SILVA *et al.*, 2018). Quando mal conduzida, essa gestão pode resultar em impactos negativos, como a contaminação de recursos hídricos, degradação do solo e riscos à saúde pública, tornando necessária a adoção de soluções integradas que combinem planejamento territorial, geotecnologias e políticas públicas (KARIMI *et al.*, 2022; MACALAM *et al.*, 2023).

De acordo com Souza (2023), municípios de pequeno porte enfrentam desafios adicionais devido à escassez de recursos financeiros e à infraestrutura limitada. No entanto, cidades que recebem *royalties* conseguem mitigar algumas dessas dificuldades. Por outro lado, aqueles que não dispõem desses recursos dependem de arranjos cooperativos, como os consórcios intermunicipais, para viabilizar soluções mais eficientes.

Nesse contexto, o sensoriamento remoto e o geoprocessamento têm se destacado como estratégias modernas e eficazes para o apoio na gestão territorial, possibilitando análises espaciais detalhadas e subsidiando decisões técnicas fundamentadas, em conformidade com as diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (BLASIUS, 2023).

Este estudo tem como foco o Consórcio Intermunicipal da Serra da Canastra, Alto São Francisco e Médio Rio Grande (CICANASTRA), que abrange oito municípios em Minas Gerais<sup>1</sup>, uma região caracterizada por desafios ambientais e geográficos. O objetivo da pesquisa foi empregar técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto para identificar áreas adequadas à implantação de um aterro sanitário intermunicipal, considerando aspectos como uso do solo, declividade, proximidade de recursos hídricos e acesso rodoviário, com base em dados secundários. Dessa forma, buscou-se subsidiar a gestão territorial com informações relevantes para a destinação ambientalmente adequada dos resíduos sólidos urbanos.

Além de fornecer base técnica para a tomada de decisão, este estudo reforça a importância da cooperação intermunicipal na busca por soluções sustentáveis e economicamente viáveis. Com a utilização de dados geográficos secundários, que possibilita uma avaliação prévia mais consistente, viabilizando a implantação de um aterro sanitário

---

<sup>1</sup> Capitólio, Córrego Fundo, Doresópolis, Medeiros, São Roque de Minas, Pimenta, Piumhi e Vargem Bonita.

compartilhado que eleva a eficiência operacional, reduz custos e reforça a governança regional. Ademais, a incorporação de geotecnologias na gestão pública contribui para a formulação de estratégias inovadoras e eficazes.

Por fim, destaca-se que, embora as ferramentas de geoprocessamento tenham demonstrado grande eficácia na identificação preliminar de áreas viáveis, é fundamental complementar os dados secundários obtidos remotamente com dados primários, coletados por meio de análises *in loco*, incluindo investigações geológicas e hidrológicas. Dessa forma, além de atender às necessidades do CICANASTRA, este estudo fornece um referencial técnico aplicável a outras regiões brasileiras, contribuindo para o aprimoramento da gestão de resíduos sólidos urbanos no país.

## **OBJETIVO**

### **Objetivo Geral**

Analisar a viabilidade da gestão intermunicipal dos resíduos sólidos urbanos no território do CICANASTRA, em Minas Gerais, por meio da caracterização territorial e da identificação de áreas adequadas à implantação de aterro sanitário, considerando dados secundários, lógica booleana, métodos estatísticos e análise espacial.

### **Objetivos Específicos**

- Analisar o papel da gestão intermunicipal na destinação de resíduos sólidos urbanos no território do CICANASTRA, considerando os desafios enfrentados pelos municípios consorciados e sua relação com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS);
- Caracterizar os aspectos geográficos, socioeconômicos e ambientais dos municípios do consórcio, com ênfase na gestão dos resíduos sólidos urbanos;
- Identificar, com base em critérios territoriais e técnicas de geoprocessamento, as áreas potencialmente adequadas à implantação de aterro sanitário no território do CICANASTRA.

## ESTRUTURA BREVE DOS CAPÍTULOS

A dissertação está estruturada em capítulos, cada um destinado à elaboração de artigos distintos que exploram a gestão territorial e o uso do geoprocessamento como ferramenta para a análise preliminar na tomada de decisão sobre a implantação de aterros sanitários. No entanto, para garantir maior coesão entre os conteúdos, temas correlatos são destacados ao longo dos capítulos, proporcionando uma contextualização mais abrangente de suas motivações.

O primeiro capítulo aborda a relação entre o desenvolvimento regional e a cooperação intermunicipal, destacando o papel dos consórcios públicos como alternativa para municípios de pequeno porte. Foram analisados dados do Observatório de Consórcios Públicos (2023), referentes ao estado de Minas Gerais, evidenciando os esforços para implementar políticas públicas voltadas ao desenvolvimento sustentável e à destinação adequada dos resíduos sólidos urbanos (RSU). O capítulo também compara municípios consorciados e não consorciados, identificando os avanços e desafios na destinação final dos resíduos sólidos urbanos.

O segundo capítulo examina os impactos do processo emancipatório dos municípios brasileiros no século XX e como a ausência de planejamento urbano contribuiu para o esvaziamento do campo (êxodo rural), resultando no crescimento acelerado das capitais, no aumento excessivo da geração de resíduos sólidos nos centros urbanos e na dificuldade de gestão nos municípios do interior.

Nesse contexto, são analisados os índices de destinação de resíduos em Minas Gerais, evidenciando a predominância de lixões ativos nas cidades de pequeno porte. Em seguida, abordam-se as normas e os dispositivos legais relacionados à destinação adequada dos resíduos sólidos urbanos, com ênfase na Lei Federal n.º 12.305/2010, que determinava a extinção dos lixões até 2014, mas, em 2025, ainda enfrenta desafios de implementação.

A gestão eficiente dos resíduos sólidos urbanos nos municípios de pequeno porte requer, além de políticas públicas eficazes, ferramentas técnicas que auxiliem na identificação de áreas apropriadas para a destinação final dos resíduos.

Nesse sentido, o capítulo três apresenta a metodologia adotada neste estudo, que utiliza o ambiente de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para aplicar a lógica booleana na análise da aptidão territorial de áreas destinadas à implantação de aterros sanitários. Este capítulo descreve os procedimentos de coleta e processamento de dados secundários, além das etapas de análise espacial, que culminam na elaboração de mapas cartográficos, indicando as

áreas mais adequadas para a implantação de aterros sanitários. Para isso, utilizou-se a interpolação por mapas de calor, permitindo a identificação de padrões de viabilidade e auxiliando na seleção de locais estratégicos para futuras investigações de campo.

O apêndice sintetiza os principais resultados obtidos, apresentando um relatório técnico com recomendações voltadas aos municípios consorciados, contendo a miscelânea cartográfica elaborada e um *script* em *Python* com uma automatização da metodologia desenvolvida.

## CAPÍTULO I – COOPERAÇÃO INTERMUNICIPAL: PANORAMA DOS CONSÓRCIOS PÚBLICOS EM MINAS GERAIS

### 1.1 INTRODUÇÃO

A organização territorial de uma sociedade influencia diretamente a sua governança e administração pública. Na Antiguidade, as Cidades-Estado gregas, a República Romana e o Império Romano consolidaram seu poder por meio do domínio e do controle do território, permitindo uma gestão política mais eficiente (RIBEIRO, 2015).

Aristóteles (384 a.C. – 322 a.C.), filósofo da Grécia Antiga, teve suas obras amplamente traduzidas e exerceu grande influência sobre o pensamento ocidental, especialmente por meio de *Política*, uma de suas obras mais difundidas. Nela, ele apresenta sua visão sobre a cidade, afirmando que "a identidade da cidade é o critério de regime", com base nos princípios culturais ali estabelecidos. Para os cidadãos, ele destaca ainda que cabe “o dever de cumprir as obrigações contraídas, quando a cidade muda de regime” (ARISTÓTELES, 1998, p.195).

A evolução das concepções políticas ao longo da história culminou na consolidação do modelo federalista no século XVIII, impulsionado pela criação dos Estados Unidos da América (EUA). Sob uma Constituição Federal, esse sistema adotou os princípios defendidos por Montesquieu em *O Espírito das Leis* (1748), no qual o autor discute como a separação dos poderes e a estrutura das leis influenciam a liberdade política e a organização do Estado. Essas ideias tiveram grande impacto na estruturação dos governos descentralizados, como o dos Estados Unidos e, posteriormente, o do Brasil.

Montesquieu (2000, p. 167) afirma:

Existem em cada Estado três tipos de poder: o poder legislativo, o poder executivo e o judiciário. O poder Executivo, por sua vez, pode ser dividido entre as funções relacionadas ao direito das gentes e aquelas voltadas ao direito civil.

O modelo político adotado nos Estados Unidos exerceu influência sobre diversos países, incluindo o Brasil, cuja reorganização política foi diretamente inspirada pela experiência norte-americana, e, ao se tornar república em 1889, foi inicialmente chamado de "Estados Unidos do Brasil", refletindo a adoção de um sistema federalista similar.

Apesar das semelhanças nos processos de ocupação e escravização, havia uma dissonância significativa na gestão territorial entre os Estados Unidos e o Brasil. Darcy Ribeiro,

em sua obra *O povo brasileiro* (1995), destaca uma diferença fundamental: enquanto nos EUA a *Homestead Act* (Lei de Terras de 1862) beneficiou pequenos agricultores, no Brasil, ocorreu um processo de "proletarização e urbanização forçada de milhões de trabalhadores" (RIBEIRO, 2015, p. 258). Essa distinção evidencia como as políticas fundiárias adotadas em cada país moldaram de maneira distinta suas estruturas sociais e econômicas.

A desigualdade no Brasil persiste, evidenciando a falta de integração entre os três pilares: social, econômico e ambiental, essenciais para um desenvolvimento sustentável, agravada pela ausência de uma gestão fundiária eficaz.

Descentralizar as políticas públicas exige um conhecimento territorial do país. Silveira (2016, p.70) menciona a importância de compreender o fator cultural, pois, devido à extensão do país, as características específicas de cada região tornam cada espaço geográfico do Brasil único. O autor cita que se deve "articular lideranças no âmbito regional para pensar o território conjuntamente" e que "requer uma identidade comum, aspecto cultural que propicie a efetiva participação de cada ente federado para além da vontade política dos gestores".

Nesse contexto, o engajamento da população torna-se um elemento indispensável. Evidências demonstram que modelos baseados na valorização cultural podem ser eficazes como prática de política pública. Alvarenga *et al.* (2018) destacam, por exemplo, o reconhecimento da região da Serra da Canastra como Indicação Geográfica (IG), concedida pelo Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), que certificou o queijo, em 2012, e o café, em 2023, como referências de produção e qualidade. Essa conquista valoriza o patrimônio cultural e contribui para a preservação das tradições locais.

Minas Gerais apresenta um forte potencial nesse sentido, pois suas mesorregiões possuem características distintas. Entre elas, regiões Sul e Sudoeste de Minas, Jequitinhonha, Vale do Rio Doce, Zona da Mata e Campo das Vertentes (IBGE, 2023; CARDOSO, 2021).

Essa prática produz o senso de comunidade, envolvendo a população em prol de um projeto de crescimento, promovendo desenvolvimento econômico e garantindo a preservação dos recursos naturais. Dessa forma, o desenvolvimento regionalizado passa a estar alinhado aos princípios do Desenvolvimento Sustentável (DS)<sup>2</sup> (OLIVEIRA; LIMA, 2003).

---

<sup>2</sup> O conceito de DS foi cunhado em 1987 no relatório *Our Common Future*, também chamado por Relatório Brundtland, onde se lê: "O desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades" (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1987, p.46).

Embora o DS seja amplamente debatido, ainda enfrenta desafios para sua implementação efetiva, especialmente no Brasil, caracterizado por diversidade geográfica, o que dificulta a coordenação de ações em âmbito federal e estadual. Santos (2019, p.61) destaca:

Assim, as políticas públicas precisam ser elaboradas de acordo com as necessidades e características de cada região brasileira. Por isso, os Conselhos seguem nessa perspectiva de compreensão da realidade local para promover suas ações.

Dessa forma, o fortalecimento dos consórcios regionais permite que os municípios superem barreiras operacionais, promovendo maior eficiência na oferta de serviços e na implementação de projetos de desenvolvimento sustentável.

A regulamentação da prática de arranjos administrativos intermunicipais ocorreu com a Lei Federal n.º 11.107/2005, que dispõe sobre os arcabouços jurídicos para a criação de Consórcios Públicos. Seu objetivo é incentivar a cooperação entre os entes federados, fortalecendo a gestão pública em áreas estratégicas, como saúde, meio ambiente, saneamento, transporte e segurança pública. Segundo Mendes *et al.* (2018), a formalização desses consórcios segue regras claras de criação, uma estrutura organizacional definida e um compromisso com a governança eficiente, garantindo maior transparência e efetividade.

Este capítulo analisa o panorama nacional da cooperação intermunicipal e os esforços legislativos para a consolidação dessa prática, com ênfase na realidade de Minas Gerais. A pesquisa inclui uma análise espacial sobre a adesão dos municípios mineiros aos Consórcios Intermunicipais (CI) voltados à gestão de resíduos sólidos, destacando sua abrangência e efetividade na destinação final dos RSU. Os resultados são apresentados por meio de mapas temáticos que ilustram os níveis de participação dos municípios nos consórcios, evidenciando a relevância desses arranjos para a governança ambiental e o desenvolvimento sustentável.

## **1.2 OBJETIVO DO CAPÍTULO**

Este capítulo tem como objetivo analisar a cooperação intermunicipal como estratégia para o desenvolvimento regional e a gestão compartilhada de serviços públicos. Por meio de uma revisão bibliográfica sobre a realidade brasileira, com foco em Minas Gerais, investiga-se o papel dos consórcios intermunicipais na gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos

(RSU). Além disso, busca-se representar cartograficamente a distribuição desses consórcios no Estado, evidenciando sua abrangência e impacto na gestão territorial e ambiental.

## 1.3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 1.3.1 Cooperação das Municipalidades

A gestão municipal compartilhada é um mecanismo essencial para otimizar a prestação de serviços públicos, abrangendo áreas como transporte, segurança, saúde, educação e meio ambiente. Segundo Struk e Bakoš (2021), a oferta desses serviços é frequentemente impactada por desafios de custo e eficiência, tornando a cooperação intermunicipal uma alternativa viável para a administração pública.

A importância dessa cooperação tem sido amplamente discutida em diferentes contextos históricos. O artigo *Era of cooperation for cities*<sup>3</sup> (1945), escrito pelo Dr. Carlos M. Moran, aborda o estreitamento das relações entre nações, estados e municípios, mostrando que só há “progresso substancial em direção à solução dos problemas do governo local previstos a partir do aumento da troca de informações e experiências por municípios em todo o mundo” (MORAN, 1945. p. 499, *tradução nossa*).

A aplicação dessa cooperação é perceptível em conjuntos políticos como o MERCOSUL, Organização de Cooperação de Xangai (SCO)<sup>4</sup>, entre outros. Destaca-se a União Europeia, que estabelece diretrizes comuns para os países do bloco, como a *EU Directive 2008/98/EC Waste Framework Directive*<sup>5</sup>, voltada para a gestão de resíduos. Essa legislação padroniza a abordagem ambiental em toda a União Europeia, garantindo maior integração e sustentabilidade (STRUK; BAKOŠ, 2021; PÖLDNURK, 2015; FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ *et al.*, 2017). Essas iniciativas demonstram como a colaboração pode aprimorar a eficiência administrativa e garantir maior sustentabilidade ambiental.

No Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) incentiva a formação de consórcios públicos intermunicipais como estratégia para otimizar a gestão de resíduos sólidos urbanos. Mendes *et al.* (2013, p. 722) afirmam que "os consórcios públicos podem ser compreendidos como uma estratégia que viabiliza a atuação conjunta e coordenada dos entes federativos". Esse modelo também é adotado na gestão da saúde, em que a cooperação intermunicipal viabilizou a criação dos Consórcios Intermunicipais de Saúde (CIS).

---

<sup>3</sup> *Era of cooperation for cities*: Era de Cooperação para cidades (tradução).

<sup>4</sup> Fundada em 2001, a organização tem como objetivo promover a cooperação em diversas áreas, incluindo política, economia, ciência, tecnologia, energia e meio ambiente. Os estados-membros incluem: República Popular da China, Federação Russa, Quirguistão, Tajiquistão, Cazaquistão, Uzbequistão, Índia, Paquistão e Irã (REPÚBLICA POPULAR DA CHINA, 2024).

<sup>5</sup> *EU Directive 2008/98/EC* é uma diretiva adotada pela União Europeia, estabelecendo uma gestão de resíduos sólidos compartilhada (UNIÃO EUROPEIA, 2008).

A cooperação na área da saúde tem sido amplamente adotada no Brasil, especialmente em regiões com municípios de pequeno porte. O Sistema Único de Saúde (SUS) é o maior exemplo de um modelo baseado na responsabilidade compartilhada entre os entes federativos (SILVEIRA, 2016). O CIS fortalece a oferta de serviços públicos ao viabilizar atendimentos móveis, Unidades de Pronto Atendimento (UPA) e hospitais (NICOLETTO *et al.*, 2005; MENDES *et al.*, 2018).

No Paraná, 394 municípios aderiram ao CIS, adotando padrões unificados de atendimento e compartilhando custos na compra e distribuição de medicamentos. Estudos de Nicoletto *et al.* (2005) indicam que esse modelo melhorou a qualidade do atendimento e reduziu custos operacionais, tornando-se um exemplo de sucesso na gestão intermunicipal da saúde pública.

Além do setor supracitado, a cooperação intermunicipal também se destaca na gestão de resíduos sólidos urbanos. Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2023, p.1), são:

Instrumentos de incentivo à adoção de consórcios ou de outras formas de cooperação entre os entes federados. Para a PNRS, a gestão de resíduos sólidos realizada de forma consorciada entre municípios é apresentada como uma possível solução destinada a aperfeiçoar o planejamento e sua respectiva operacionalização, garantindo maior eficiência, eficácia e efetividade frente aos grandes desafios que causam o entrave do setor.

A aplicação prática da cooperação intermunicipal, no entanto, enfrenta desafios, especialmente em municípios de pequeno porte, devido à falta de infraestrutura e recursos financeiros. Nesse contexto, modelos adotados em outros países podem servir de inspiração.

Struk; Bakoš (2021) analisaram a gestão de resíduos na República Tcheca e constataram que, ao longo de dez anos, 600 municípios que adotaram um modelo de gestão consorciada registraram um crescimento econômico local de 13,5%. Esse resultado reforça a importância desse tipo de abordagem.

No Brasil, os desafios históricos da urbanização e da ocupação territorial ainda dificultam a adoção de soluções eficazes pelas municipalidades. Santos (2016) ressalta que legislações e políticas públicas têm buscado gerenciar de forma eficiente o uso do solo, promovendo avanços na governança ambiental e social.

Por fim, a gestão integrada é um instrumento essencial para garantir maior eficiência na prestação dos serviços públicos. Seja na saúde, no meio ambiente ou em outros setores, as experiências internacional e nacional demonstram que a colaboração entre

municípios pode superar desafios estruturais e proporcionar maior qualidade de vida à população.

### 1.3.2 Lei Federal N.º 11.107/2005 - Consórcios Públicos

O cenário brasileiro descrito por Longobucco (2021) evidencia a falta de homogeneidade no processo de urbanização. O autor menciona que, antes do intenso deslocamento rural-urbano ocorrido na década de 1970, houve uma fragmentação das cidades brasileiras na década de 1950, com as emancipações municipais, que buscavam autonomia administrativa “e no peculiar interesse local” (SCHMITZ 2021, p.1).

A autora (2021, p.3) menciona, ainda, que a Constituição Federal de 1946 instituiu aspectos sobre a autonomia municipal:

Os municípios adquiriram proeminência no sistema federativo, alcançando sua autonomia administrativa e contando com uma incorporação da renda com o Fundo de Participação dos Municípios – uma forma de transferência constitucional de receitas da União para os municípios.

Durante a ditadura militar (1964-1985), manteve-se o projeto de emancipação, ao mesmo tempo em que se intensificou o êxodo rural no Brasil. Esse processo resultou no esvaziamento das cidades recém-criadas. Na época, 88% dos municípios brasileiros tinham menos de 50 mil habitantes, evidenciando o impacto desse movimento na distribuição populacional e no desenvolvimento das localidades recém-emancipadas (LONGOBUCCO, 2021).

A promulgação da Constituição Federal de 1988 manteve a tendência de “expansão e crescimento do número de municípios, criando estímulos à descentralização” (LONGOBUCCO, 2021, p.15).

Assim, os municípios passaram a ter maior autonomia na execução de políticas públicas. No entanto, a limitação de recursos e instrumentos para arrecadação gerou certos desafios, especialmente em dois aspectos: nas proporções geográficas e nas dificuldades tributárias.

- **Desafio geográfico**

Pereira *et al.* (2024) analisam Minas Gerais como referência, destacando a baixa densidade demográfica no interior em contraste com sua grande extensão territorial. Os autores complementam que as grandes distâncias dificultam as interconexões entre o urbano e o rural.

Mitigar esse afastamento permeia o debate sobre gestão territorial, compreendendo os desafios dos espaços rurais (PEREIRA *et al.*, 2024). Assim, de acordo com França (2021, p.105), “um eficaz planejamento urbano é capaz de ordenar as cidades [...] assegurando qualidade de vida aos cidadãos”.

A "autonomia local na gestão pública" consagrou competências aos municípios dentro do pacto federativo, atribuindo:

As mesmas competências e responsabilidades, desconsiderando [...] suas especificidades socioterritoriais e econômicas, além do tamanho populacional (FRANÇA, 2021, p. 106).

O reconhecimento dos limites geográficos, assentamentos e comunidades é essencial para enfrentar esse desafio e promover o desenvolvimento sustentável. No entanto, as dificuldades de arrecadação permanecem um obstáculo, especialmente no contexto da tributação municipal.

- **Tributação**

O *lobby* político da década de 1990 resultou na promulgação da Lei Kandir, que, ao reduzir a autonomia financeira dos Estados, colocou, por exemplo, Minas Gerais em uma situação fiscal delicada (RIANI; ALBUQUERQUE, 2000). Davis e Biondini (2018) destacam que o desequilíbrio nas contas públicas do Estado, agravado por essa lei, carece de critérios transparentes, o que dificulta a avaliação dos ganhos e perdas econômicos de cada ente federado (RIANI; ALBUQUERQUE, 2000; DAVIS; BIONDINI, 2018).

Apesar da autonomia tributária dos municípios, a regulamentação do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), estabelecida pela Lei Complementar n.º 87, de 13 de setembro de 1996, desempenhou um papel central na política econômica nacional.

Novamente, em Minas Gerais, a situação é mais crítica. O Estado possui a maior alíquota de ICMS do país e uma forte dependência da arrecadação de tributos provenientes de exploração dos recursos naturais (*royalties*), um de seus principais motores econômicos. No entanto, essa arrecadação é distribuída de forma desigual entre o Governo Federal, o Estado e os Municípios, o que aprofunda a crise financeira local (DAVIS; BIONDINI, 2018). Essa dinâmica evidencia os desafios enfrentados pelo Estado na busca por um equilíbrio fiscal e na promoção do desenvolvimento regional.

Assim, enquanto o Estado acumula uma dívida com a União, a Lei Kandir também gerou perdas significativas para Minas Gerais, já que o repasse de ICMS sobre as suas

exportações foi desonerado, o que resultou em valores que jamais foram pagos pela União. Essa desigualdade ficou ainda mais evidente com o acordo firmado pelo governador Romeu Zema (Novo). De acordo com a Assembleia Legislativa de Minas Gerais (2023), o estado e seus municípios tinham R\$135 bilhões a receber da União, referente às perdas tributárias causadas pelo não repasse do ICMS sobre as exportações de Minas.

No entanto, no acordo firmado pelo governo mineiro em 2020, o repasse será de apenas R\$8,7 bilhões, ou seja, 6,4% do que o estado e os municípios deveriam receber. Além disso, o prazo para quitação desse montante se estende até 2037, conforme a Advocacia-Geral do Estado de Minas Gerais (2020, p.1), sendo dividido da seguinte forma:

Repasse corrente do montante de R\$7,7 bilhões, iniciando-se com o valor de R\$529 milhões até 2030, e reduzindo, progressivamente, a partir de 2031 até 2037;  
Repasse de Lei Kandir 2019 no valor de R\$476 milhões, divididos em três parcelas anuais de R\$158 milhões (2020 a 2022);  
Leilão de petróleo dos blocos de Atapu e Sépia, no valor de R\$529 milhões, quando ambos forem vendidos.

Do total a receber, o Governo Estadual ficará com 75% do valor. Já os 25% restantes (cerca de R\$2,175 bilhões) serão distribuídos entre os 853 municípios mineiros.

Santana *et al.* (2019) complementam que, dessa forma, o repasse aos municípios é impactado, agravando-se nos de pequeno porte, uma vez que sua arrecadação própria proveniente do Imposto sobre a Transmissão de Bens Imóveis (ITBI), do Imposto sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana (IPTU), do Imposto sobre Serviços de Qualquer Natureza (ISSQN) e de outras taxas nem sempre é suficiente para equilibrar as contas públicas. Sendo assim, “o endividamento público é decorrente de despesas superiores às receitas do ente público” (SANTANA *et al.*, 2019, p.29).

Essas limitações reforçam a necessidade de mecanismos de fiscalização e controle dos recursos e do endividamento público, como a Lei de Responsabilidade Fiscal (LRF), instituída pela Lei Complementar n.º 101, de 4 de maio de 2000<sup>6</sup> (FERNANDES; CARÍSSIMO, 2022).

As questões tributárias supracitadas evidenciam a necessidade de políticas públicas eficazes, incluindo a cooperação entre os entes federados para amparar as municipalidades. Essa cooperação torna-se ainda mais essencial para cidades de pequeno porte, uma vez que, quanto menor a população, menor tende a ser a arrecadação municipal, salvo nos casos em que há exploração de recursos naturais e recebimento de *royalties*.

---

<sup>6</sup> Estabelece normas de finanças públicas voltadas para a responsabilidade na gestão fiscal. É válida para a União, Estados, o Distrito Federal e Municípios (BRASIL, 2000, p.1).

- **Consórcio Público na legislação brasileira**

Hupsel (2018) e Longobucco (2021) destacam que os arranjos intermunicipais são fundamentais para garantir a prestação de serviços públicos à população, especialmente em municípios de pequeno porte. Esses municípios, que possuem receitas limitadas e não recebem compensações financeiras pela exploração de recursos naturais, dependem, muitas vezes, de transferências estaduais ou federais, que, no entanto, são insuficientes.

A Constituição Federal de 1988, por meio da Emenda Constitucional n.º 19/1998, fortaleceu os mecanismos de cooperação entre os entes federados, consolidando a legitimidade dos consórcios públicos. Essa regulamentação foi reforçada pela Lei Federal n.º 11.107/2005<sup>7</sup>, que estabeleceu diretrizes específicas para o funcionamento dos consórcios intermunicipais no Brasil (LONGOBUCCO, 2021; HUPSEL, 2018).

Os autores ressaltam que, para cumprir suas obrigações constitucionais e estatais, os municípios que aderem aos consórcios intermunicipais conseguem reduzir custos e, por meio de convênios e outras formas de repasse de verbas, como o pagamento do rateio mensal, atendem a grande parte das suas necessidades fundamentais para o bom desenvolvimento humano (MATOS; SANT'ANNA, 2022).

A Lei de Consórcio Público (LCP) estabelece em seus artigos:

Art. 1º: Esta Lei dispõe sobre normas gerais para a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios contratarem consórcios públicos para a realização de objetivos de interesse comum e dá outras providências (BRASIL, 2005, p.1).

Os artigos 2º e 3º da LCP atribuem às municipalidades a responsabilidade de cumprir os limites constitucionais, além de estabelecer os arranjos necessários para alcançar os objetivos do consórcio. O artigo 4º define critérios importantes, destacando, no inciso III, a “indicação da área de atuação do consórcio” (BRASIL, 2005, p.1).

Os artigos 5º, 6º e 7º tratam da formalização do contrato de consórcio público, que ocorre quando os entes federativos aprovam um plano inicial e o transformam em lei. Caso nem todos os entes participem no início, a adesão posterior é permitida. Após dois anos, a manutenção do consórcio exige aprovação em assembleia. Juridicamente, o consórcio adquire personalidade legal, podendo ser constituído como associação pública ou entidade privada, seguindo as normas para licitações, contratos e prestação de contas.

---

<sup>7</sup> Lei federal n.º 11.107, regulamentada pelo Decreto n.º 6.017, de janeiro de 2007.

Destaca-se, no artigo 8º, que os entes que fazem parte do consórcio só podem repassar recursos mediante um contrato de rateio, sendo que, tanto os entes quanto o consórcio podem cobrar o cumprimento das obrigações. O consórcio deve fornecer informações que garantam a transparência na utilização dos recursos. O artigo 9º determina que os consórcios públicos “estão sujeitos à fiscalização contábil, operacional e patrimonial pelo Tribunal de Contas”, podendo ser excluídos caso descumpram os dispositivos legais (BRASIL, 2012, p. 10).

Matos; Sant’Anna (2022, p. 197) pontuam sobre a vitalidade:

Os consórcios públicos intermunicipais devem buscar, junto a seus agentes administrativos, a eficiência de seus atos, para que possam conseguir um melhor desempenho para seus entes consorciados.

- **Consórcios para Gestão de Resíduos em Minas Gerais**

Leão *et al.* (2021) falam sobre o efeito de pensar na coletividade para execução de planos locais, atendendo às necessidades particulares do consórcio. Ferreira e Jucá (2017) destacam, como exemplo, o Plano Preliminar de Regionalização para Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos de Minas Gerais (PRE-RSU), baseado em critérios seletivos para sugerir aos municípios os consórcios ideais, ou seja, Arranjos Territoriais Ótimos (ATOs). Diante disso, a Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM, 2014, p.21) menciona que:

Cada ATO deveria ter, preferencialmente, o mínimo de 100.000 habitantes, e os municípios cujas sedes estivessem a uma distância referencial de 30 km formariam possíveis agrupamentos (FEAM, 2014, p.21).

Segundo a FEAM (2014), esse critério se baseia em dois fatores: a facilidade de agrupamento dos municípios e a viabilidade logística, permitindo ganhos de escala na destinação dos RSU. Entretanto, há situações em que os consórcios “não são planejados para a realidade local, e sim baseados nos territórios geográficos dos municípios” (FEAM, 2014, p.33).

A cartilha de orientações da FEAM aborda a gestão de resíduos sólidos, fundamentada no Plano Preliminar de Regionalização para Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos (PRE-RSU) e na legislação vigente. O documento detalha as etapas para a formação de consórcios públicos, destacando sua importância para a otimização de recursos e a redução de custos.

Os consórcios públicos fortalecem a cooperação entre municípios e podem assumir natureza jurídica pública ou privada. Sua constituição envolve diversas etapas, como a

elaboração e assinatura do protocolo de intenções, aprovação de leis autorizativas, criação do estatuto, obtenção do CNPJ e abertura de contas bancárias. A gestão integrada de resíduos sólidos (PGIRS) é destacada como essencial para o acesso a recursos federais e para a garantia da sustentabilidade na gestão de resíduos. A participação social também é enfatizada como um elemento crucial para educar e engajar a população na separação e reciclagem, ampliando a eficácia das iniciativas (FEAM, 2014).

O documento ainda apresenta soluções técnicas, como a compostagem, triagem e uso de aterros sanitários, além de mecanismos para regularização ambiental. Com a participação social e a educação ambiental como pilares centrais, a cartilha reforça a importância de iniciativas bem estruturadas para alcançar uma gestão mais eficiente e sustentável dos resíduos sólidos.

#### 1.4 METODOLOGIA

Esta pesquisa é classificada como aplicada, pois busca compreender os arranjos territoriais dos consórcios públicos na gestão da destinação de resíduos sólidos urbanos, com o objetivo de aprimorar as práticas de gestão nesse setor.

Quanto à abordagem, adotou-se uma perspectiva qualitativa, uma vez que o foco está na análise de contextos, percepções e dinâmicas territoriais, sem a utilização predominante de dados quantitativos ou análises estatísticas. Quanto aos objetivos, trata-se de uma pesquisa descritiva, cujo propósito é mapear e caracterizar os arranjos intermunicipais e suas implicações na gestão de resíduos sólidos urbanos.

Quanto aos procedimentos metodológicos, a pesquisa baseia-se em revisão bibliográfica e documental, associada à análise de dados geoespaciais. O processo de seleção das referências bibliográficas foi realizado por meio das bases de dados Plataforma Comunidade Acadêmica Federada (CAFe), fornecida pela Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP), e Google Acadêmico. Para a busca, foram aplicados filtros que permitiram a indexação dos trabalhos selecionados com base em palavras-chave específicas.

As palavras-chave utilizadas foram: "consórcio intermunicipal", "gestão territorial", "resíduos sólidos urbanos", "Lei Federal 11.107/2005", "*city management*", "*solid waste*". O período da pesquisa foi delimitado entre os anos de 2015 e 2023, sendo que algumas referências anteriores foram incluídas devido à sua relevância histórica e conceitual.

A partir da leitura e sistematização do conhecimento adquirido, elaborou-se uma abordagem específica sobre os consórcios públicos, com foco no estado de Minas Gerais. A

análise foi enriquecida por dados do Observatório dos Consórcios Públicos (2023). Além disso, foram utilizados dados geoespaciais disponibilizados pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais (SEMAD, 2021) no formato *shapefile*, os quais foram processados em um Sistema de Informação Geográfica (SIG).

O *software* QGIS 3.30.1 foi utilizado para manipulação e análise dos dados geoespaciais, permitindo a criação de mapas temáticos. O fluxo metodológico (Figura 1) seguiu as seguintes etapas:

1. Acesso ao portal Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE-Sisema) (<https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>), onde foram baixados dados sobre saneamento básico, hidrografia e geoestatística.

2. Obtenção de dados sobre resíduos sólidos urbanos (RSU) no diretório Saneamento Básico do IDE-Sisema.

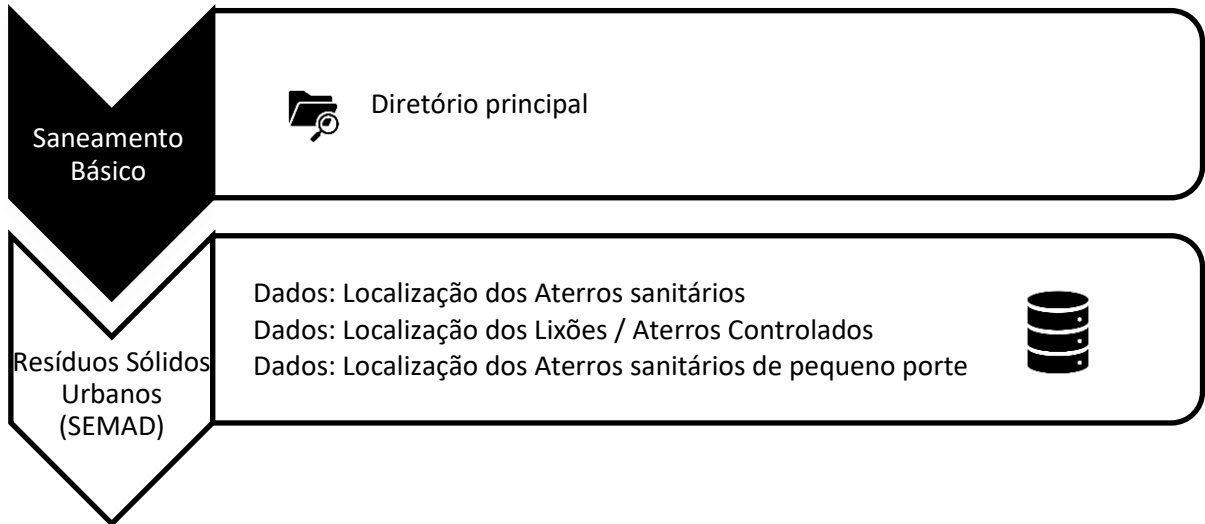
3. *Download* de informações sobre consórcios públicos intermunicipais de gestão de resíduos sólidos.

4. Coleta de dados referentes aos limites geográficos dos municípios no diretório Limites do IDE-Sisema.

5. Reprojeção dos dados geoespaciais para o sistema de coordenadas UTM (*Datum* SIRGAS 2000, Zona 23, Sul), garantindo compatibilidade com as análises cartográficas.

6. Aplicação da ferramenta "*Select By Location*" no QGIS para selecionar dados georreferenciados e gerar mapas temáticos, possibilitando a identificação da destinação dos RSU em cada município mineiro.

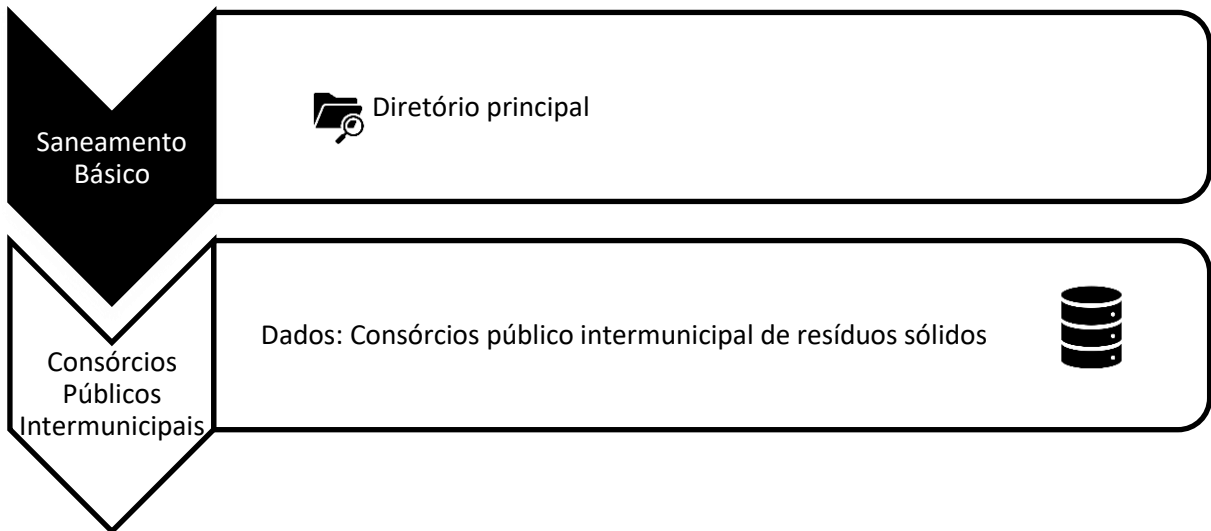
Figura 1 – Diretório Saneamento Básico: RSU



Fonte: Elaborada pelos autores, 2024.

A obtenção de informações sobre os consórcios públicos intermunicipais de resíduos sólidos (Figura 2) segue o mesmo procedimento de *download* descrito anteriormente.

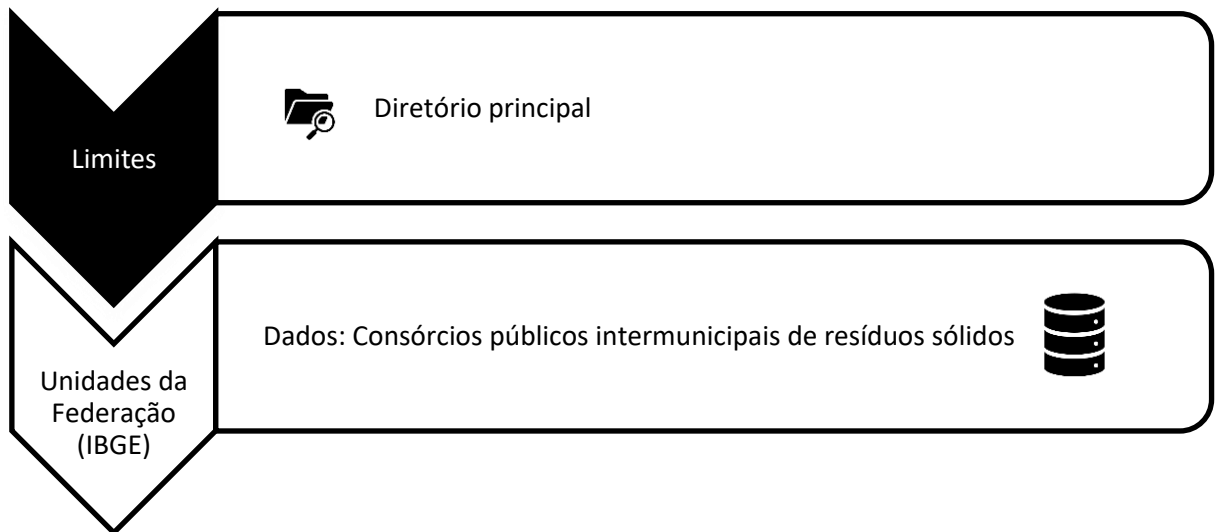
Figura 2 – Diretório Saneamento Básico: Consórcios Públicos Intermunicipais



Fonte: Elaborada pelos autores, 2024.

Para complementar a localização dos agrupamentos municipais, as informações sobre os limites geográficos estão disponíveis no diretório principal "Limites", conforme exemplificado na Figura 3.

Figura 3 – Diretório Limites: Cidades e Estado



Fonte: Elaborada pelos autores, 2024.

Para efetuar o *download*, é necessário selecionar o formato de exportação desejado, sendo o *shapefile* o padrão adotado nesta pesquisa. A Figura 4 exibe o *pop-up* da tela do IDE-SISEMA, como demonstrado a seguir.

Figura 4 – *Download* das camadas ativas

Fonte: Adaptado: IDE-SISEMA, 2024.

Por meio dos dados vetoriais importados, é possível identificar a destinação dos RSU de cada município de Minas Gerais, assim como os arquivos dos Consórcios Públicos Intermunicipais.

Adotou-se o sistema de coordenadas UTM (Datum SIRGAS 2000, Zona 23 Sul), sendo necessária a reprojeção dos insumos baixados (Quadro 1) no QGIS, utilizando a opção "Reprojetar Camadas" no menu Vetor → Gerenciar Dados.

Quadro 1 – Arquivos geoespaciais utilizados na análise cartográfica

<b>Arquivo</b>	<b>Apresentação dos dados</b>
Consórcio público intermunicipal de resíduos sólidos	Municípios agrupados pelo mesmo Consórcio público
Destinação dos Resíduos Sólidos Urbanos	Tipos de destinação dos RSU no estado de MG
Limite geográfico	Limites geográficos das mesorregiões, cidades e Estado

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

No ambiente do QGIS, aplicou-se a ferramenta "*Select By Location*" (Selecionar por Localização) para selecionar feições de um arquivo com base na relação espacial com outro arquivo especificado. Esse processo permitiu a exportação dos dados filtrados e a geração de mapas temáticos.

## 1.5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo demonstra a estreita relação entre o desenvolvimento regional e o conceito de desenvolvimento sustentável (DS). Para que haja uma efetiva redução das desigualdades sociais, econômicas e ambientais, torna-se fundamental a integração dessas questões às políticas de governança, abrangendo os níveis federal, estadual e municipal. No entanto, a implementação dessas iniciativas enfrenta desafios significativos, sobretudo, em razão da vasta extensão territorial.

Minas Gerais, de acordo com o IBGE (2023), possui o maior número de municípios do país (853), distribuídos em 12 mesorregiões: Campo das Vertentes, Central Mineira, Jequitinhonha, Metropolitana de Belo Horizonte, Noroeste de Minas, Norte de Minas, Oeste de Minas, Sul e Sudoeste de Minas, Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, Vale do Mucuri, Vale do Rio Doce e Zona da Mata.

A dificuldade de gestão municipal não é demérito do poder público, mas sim da insuficiência do arcabouço fiscal para atender à sua população. Dados do IBGE (2022) indicam que 736 municípios mineiros possuem menos de 30 mil habitantes, o que representa 86,28% do total de cidades do Estado, classificadas como de pequeno porte. Esse dado realça a dificuldade de arrecadação, mostrando a importância dos Consórcios Públicos (CP) para a realidade do Estado, podendo melhorar a oferta dos serviços públicos. A Tabela 1 apresenta o número de municípios consorciados e não consorciados, independentemente da finalidade do consórcio.

Tabela 1 - Dados dos municípios consorciados

<b>Estado de Minas Gerais</b>	
Municípios Não Consorciados	7
Municípios Consorciados	846

Fonte: Adaptado: Observatório de Consórcios Públicos, 2023.

Os dados da Tabela 2 revelam uma ampla adesão à cooperação intermunicipal, considerando o elevado número de municípios consorciados. No entanto, a distribuição da oferta de serviços não ocorre de maneira uniforme. Como evidenciado na Tabela 2, cerca de 98% dos municípios mineiros participam de algum consórcio intermunicipal de saúde, enquanto, para os demais serviços, essa participação não atinge 60%.

Tabela 2- Dados dos municípios consorciados: Área de atuação

Minas Gerais		
Área de atuação dos consórcios	Municípios	% do Estado
Saúde	844	98.94%
Educação	309	36.23%
Meio Ambiente	508	59.55%
Resíduos Sólidos	536	62.84%
Saneamento Básico	315	36.93%
Infraestrutura	376	44.08%
Segurança Pública	42	4.92%

Fonte: Adaptado Observatório de Consórcios Públicos, 2023.

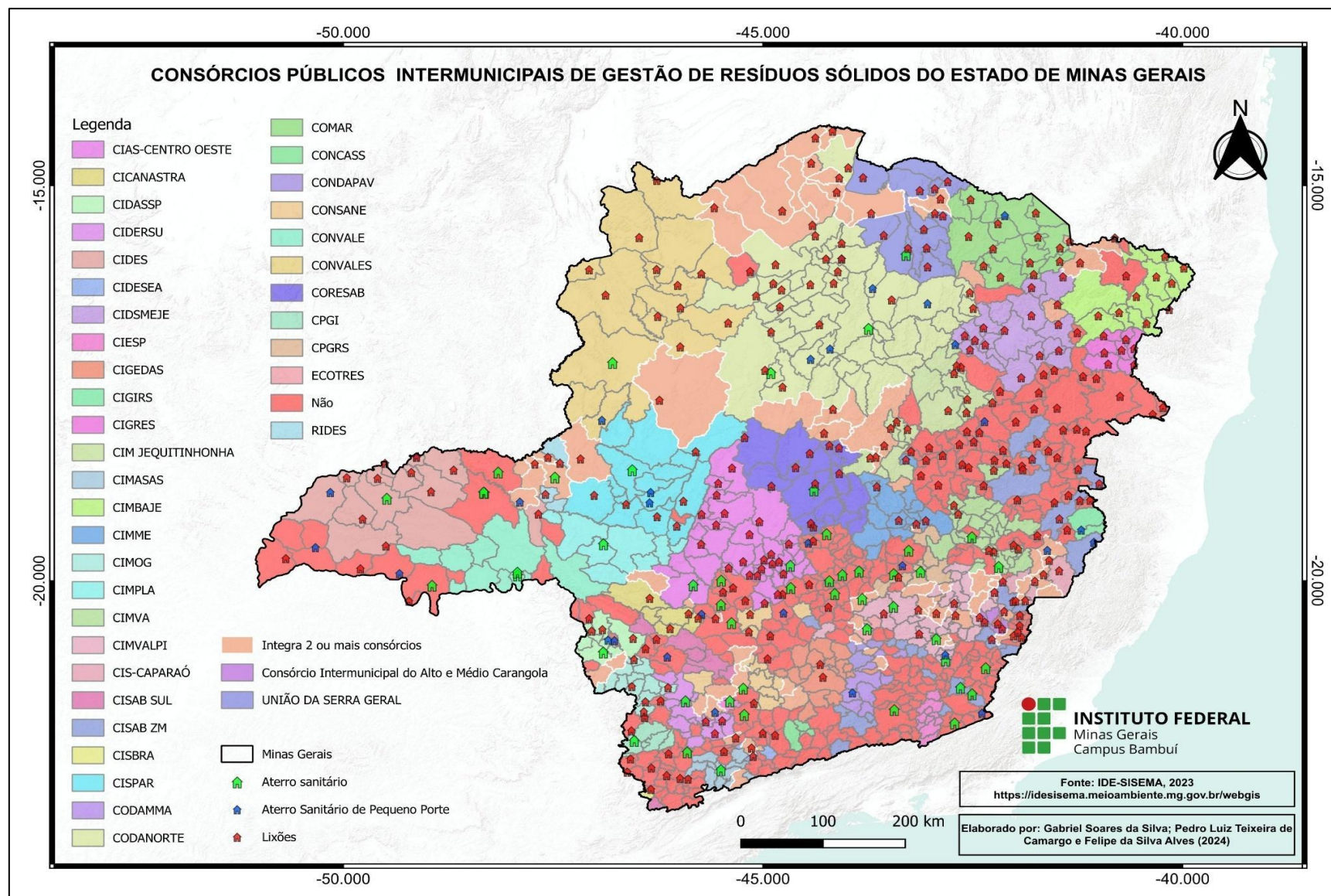
Os dados do Observatório dos Consórcios Públicos (2023) indicam que a segurança pública tem o menor índice de participação em consórcios. Já os setores de educação, saneamento básico e gestão de resíduos sólidos envolvem menos da metade dos municípios em iniciativas consorciadas. Os reflexos dessa baixa adesão à cooperação influenciam na qualidade do serviço público prestado. O relatório do “Todos pela Educação” (2023) revela que 68,4% dos jovens de 19 anos concluíram o Ensino Médio, colocando o Estado como o 8º com índice de conclusão do país. Já no setor ambiental, Santos *et al.* (2021, p. 2) afirmam que “atualmente, 71% da população urbana em Minas Gerais é atendida por coleta e destinação final ambientalmente regularizada”.

No setor de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), observa-se que a garantia da coleta não implica, necessariamente, na destinação adequada dos resíduos. Dados da SEMAD confirmam essa análise: em Minas Gerais, existem 308 lixões ativos, 49 aterros sanitários e 30 aterros sanitários de pequeno porte.

Os dados evidenciam que o descarte impróprio de resíduos ainda é significativo, uma vez que 308 lixões permanecem ativos em Minas Gerais. Além disso, poucos municípios possuem destinação própria para os RSU, independentemente de sua adequação ambiental. Nesse contexto, a cooperação intermunicipal se torna essencial para reduzir o descarte inadequado.

Atualmente, Minas Gerais possui 38 Consórcios Intermunicipais de RSU ativos, atendendo 513 municípios. No entanto, segundo a SEMAD (2021), 340 municípios ainda não fazem parte de nenhum consórcio. Para aprofundar a análise, os dados foram separados em mesorregiões utilizando-se a base cartográfica do IDE-Sisema, e os dados gerados foram apresentados em mapas temáticos, facilitando a visualização pelo leitor. A Figura 5 apresenta esse contexto: no primeiro mapa, há todos os consórcios do Estado e aqueles que não possuem nenhuma adesão.

Figura 5 – Intermunicipalidade: Consórcio em Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos



Fonte: Adaptado: IBGE (2022) e IDE-SISEMA (2020). Elaborada pelos autores, 2024.

O mapa da Figura 4 apresenta a distribuição dos consórcios públicos no Estado. Os polígonos em vermelho representam as cidades que não fazem parte de nenhum consórcio. Conforme os dados do IDE-SISEMA (2023), há 41 consórcios em Minas Gerais, com adesão significativa nas regiões Central, Noroeste, Norte e Nordeste. O alto índice de adesão pode estar relacionado a fatores socioeconômicos dessas regiões, caracterizadas por centros urbanos pequenos e municípios de grande extensão territorial. Esse cenário resulta em baixa densidade populacional, tornando a gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU) mais complexa e onerosa, o que justifica a formação de consórcios.

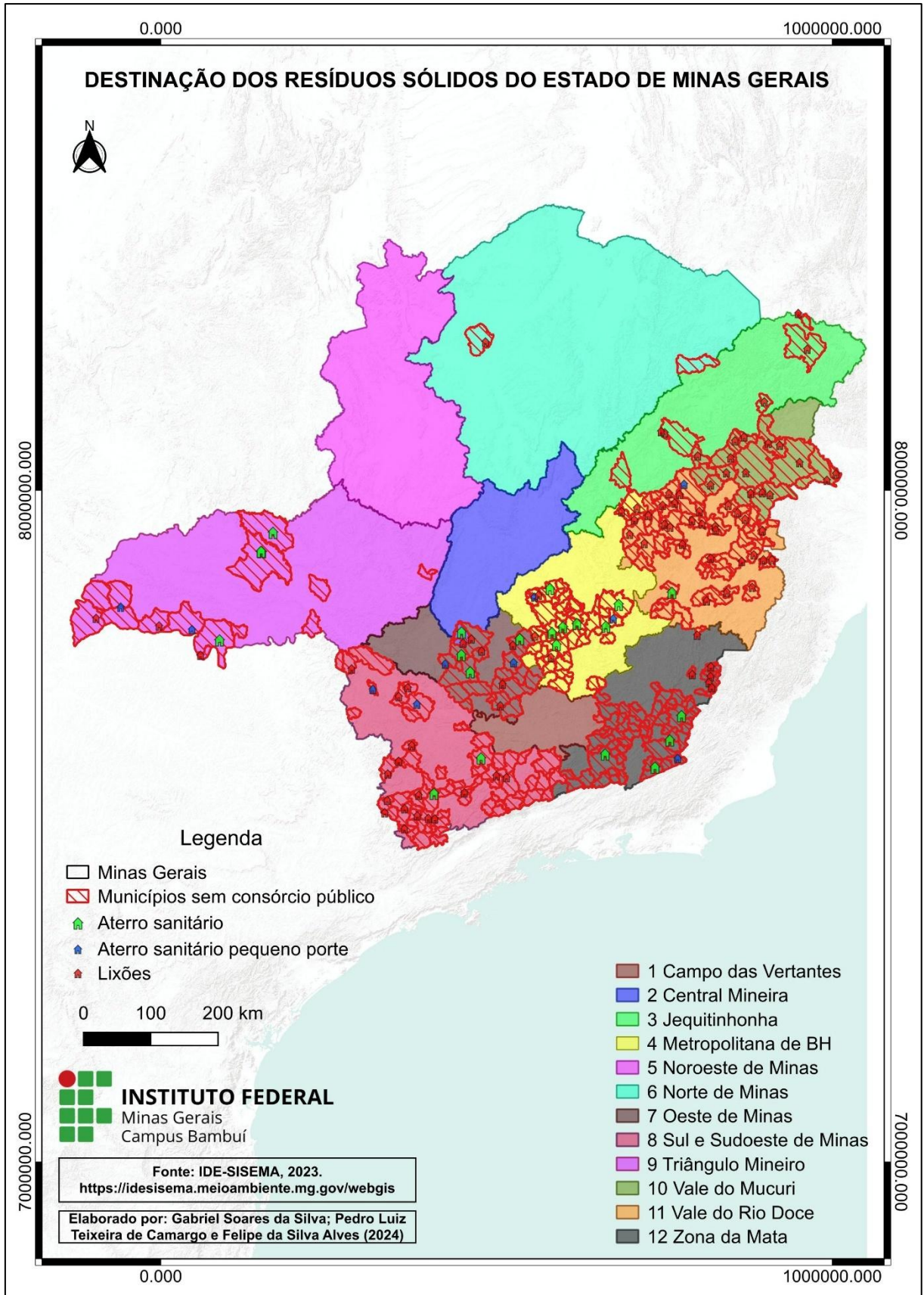
Apesar da adesão, ainda é possível observar a existência de lixões ativos em várias dessas localidades, o que indica limitações na infraestrutura disponível, ou até mesmo dificuldades técnicas na identificação de áreas aptas.

Em contrapartida, consórcios que dispõem de aterros sanitários bem localizados e acessíveis mostram maior eficiência e reduzem seus custos operacionais, reforçando a importância de uma infraestrutura equilibrada e distribuída estrategicamente. Um contraponto a esse cenário pode ser observado na região do Triângulo Mineiro, área com boa densidade populacional impulsionada pelas cidades de Uberaba, Uberlândia e Araguari, que possuem aproximadamente 1 milhão de habitantes. Desse modo, a necessidade de consórcios para a gestão de resíduos pode ser menor, devido à maior arrecadação e capacidade de investimento dos municípios (SILVA *et al.*, 2021). Um exemplo que reforça essa observação é o fato de que Uberlândia e Araguari, embora sejam cidades vizinhas, não fazem parte de nenhum consórcio e possuem seus próprios aterros sanitários.

Consórcios mais estruturados, com infraestrutura adequada de aterros sanitários, conseguem atender melhor às demandas dos municípios integrantes, dependendo menos de instalações de municípios vizinhos. Esses arranjos territoriais oferecem uma cobertura mais ampla dos serviços e enfrentam menores custos operacionais.

Assim, a análise dos dados apresentados pelo mapa da Figura 4 é fundamental para a tomada de decisões estratégicas. Ela permite identificar as áreas com deficiência de infraestrutura e direcionar estudos para suprimir essas carências. Esses dados fornecem uma base sólida para a formulação de políticas públicas regionais que respondam melhor às especificidades de cada área, promovendo uma gestão de resíduos mais acessível, integrada e sustentável. Dando continuidade à análise cartográfica, a Figura 6 ilustra exclusivamente os municípios que não fazem parte de consórcios.

Figura 6 - Dados dos Municípios não Consorciados e as Mesorregiões



Fonte: Adaptado: IBGE (2022) e IDE-SISEMA (2020). Elaborada pelos autores, 2024.

A análise cartográfica revela os motivos pelos quais algumas cidades não integram consórcios. Municípios com maior infraestrutura e aterros sanitários próprios tendem a não aderir, pois já possuem mecanismos internos para a gestão de resíduos. Já nas regiões do Jequitinhonha, Mucuri e Rio Doce, onde há municípios não consorciados, a gestão de resíduos sólidos urbanos enfrenta grandes desafios, principalmente devido à predominância de lixões ativos. Nessas áreas, a falta de cooperação intermunicipal limita o acesso a soluções eficazes, agravando os desafios relacionados à gestão dos resíduos.

A Tabela 3 apresenta a adesão das mesorregiões de Minas Gerais aos consórcios intermunicipais, destacando em negrito as regiões com maior participação na gestão de resíduos sólidos:

Tabela 3 - Dados dos Municípios Consorciados: Mesorregiões

Estado de Minas Gerais						
Mesorregião	Cidades sem consórcio	Cidades com consórcio	% de adesão a consórcio	Lixão	Aterro Sanitário	Aterro Sanitário pequeno porte
Sul e Sudoeste	84	62	42.47%	33	7	4
Zona da Mata	66	76	53.52%	21	7	2
Vale do Rio Doce	65	37	36.27%	41	2	4
<b>Campo das Vertentes</b>	<b>2</b>	<b>34</b>	<b>94.44%</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Central Mineira</b>	<b>2</b>	<b>28</b>	<b>93.33%</b>	<b>24</b>	<b>2</b>	<b>0</b>
Jequitinhonha	9	42	82.35%	41	0	1
Metropolitana de BH	59	46	43.81%	17	12	2
<b>Norte de Minas</b>	<b>2</b>	<b>87</b>	<b>97.75%</b>	<b>57</b>	<b>3</b>	<b>6</b>
Noroeste de Minas	3	16	84.21%	10	1	1
Oeste de Minas	16	28	63.64%	17	4	2
Triângulo Mineiro	16	50	75.76%	23	10	7
Vale do Mucuri	16	7	30.43%	22	0	0
Total	340	513		308	49	30

Fonte: Adaptado IDE SISEMA & SEMAD, 2021

A Tabela 3 permite analisar a adesão dos municípios mineiros aos consórcios intermunicipais para a gestão de resíduos sólidos urbanos. Nota-se que algumas mesorregiões, como o Norte de Minas (97,75% de adesão) e o Campo das Vertentes (94,44%), possuem alta participação nos consórcios. Essa cooperação intermunicipal facilita uma gestão compartilhada dos resíduos, que pode ser mais econômica e eficiente, especialmente em áreas de baixa densidade populacional ou com menores recursos financeiros.

Por outro lado, mesorregiões como o Vale do Mucuri e o Vale do Rio Doce apresentam baixa adesão (30,43% e 36,27%, respectivamente), o que compromete a eficácia da gestão de resíduos nessas áreas. Além disso, a ausência de consórcios nessas regiões pode limitar o acesso à infraestrutura adequada e aumentar os custos da operação de aterros.

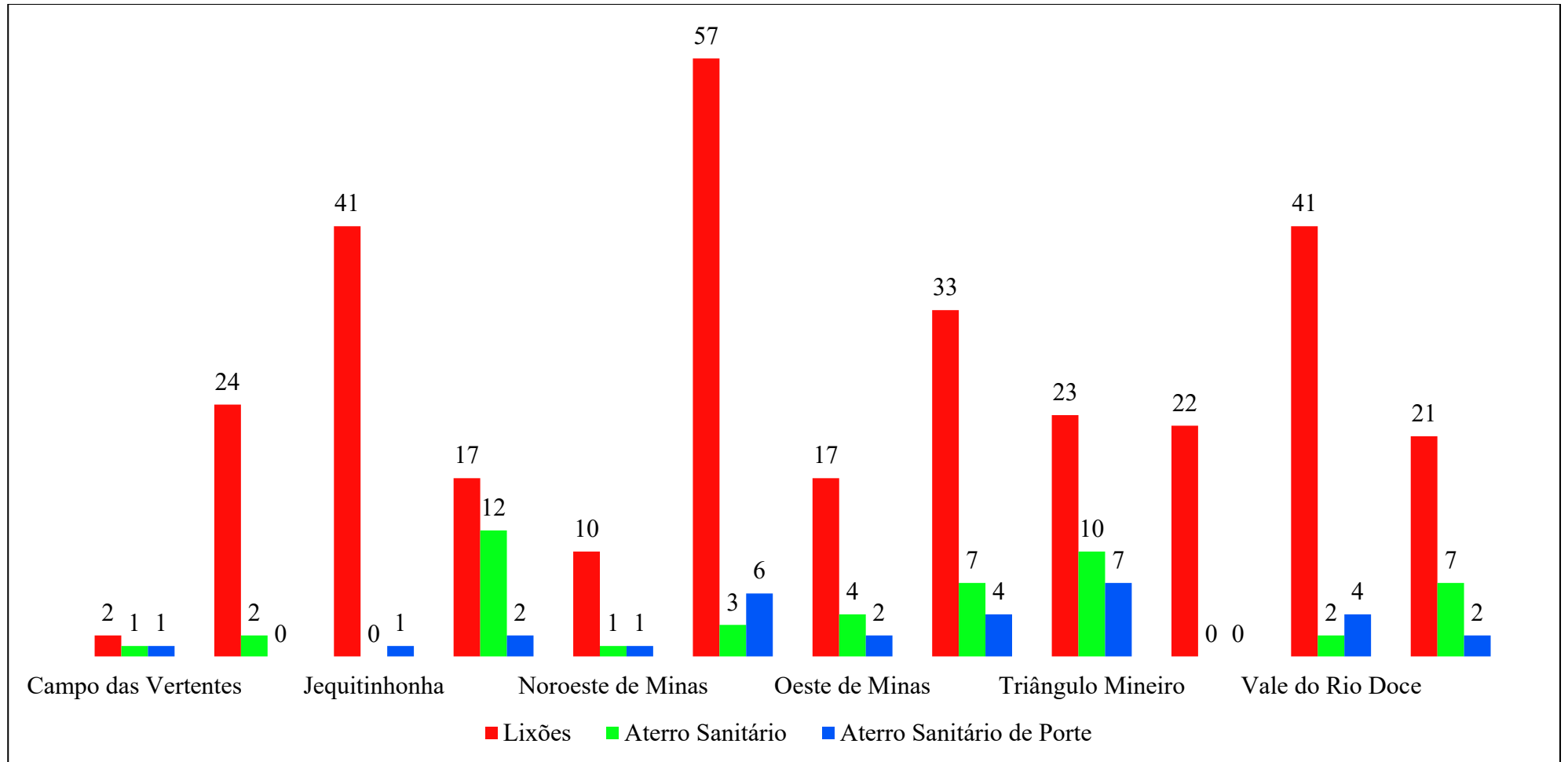
Entretanto, a presença de lixões nos municípios citados representa um problema significativo em várias regiões, com um total de 308 lixões identificados. As regiões do Norte de Minas, com 57 lixões, e do Jequitinhonha, com 41, são particularmente afetadas, o que indica uma situação precária na disposição final dos resíduos e representa riscos ambientais e de saúde pública. A predominância de lixões em regiões de baixa adesão aos consórcios, como o Vale do Mucuri e o Vale do Rio Doce, reforça a necessidade urgente de políticas públicas que incentivem a adesão aos consórcios ou a construção de novas infraestruturas de tratamento e disposição final de resíduos.

A distribuição de aterros sanitários em Minas Gerais, embora considerada ambientalmente adequada, é desigual. O Estado conta com 49 aterros, número insuficiente para atender à demanda em diversas regiões, sendo que algumas, como o Vale do Mucuri e o Jequitinhonha, praticamente não contam com aterros sanitários, o que ressalta a importância dos consórcios ou da criação de aterros nesses locais. Além disso, o número de aterros de pequeno porte (30) indica uma tentativa de atender aos municípios, porém isso limita o volume de resíduos. Todavia, até mesmo essas medidas são insuficientes e podem não atender a padrões de sustentabilidade a longo prazo.

Diante desse cenário, recomenda-se o fortalecimento dos consórcios em regiões com baixa adesão, a fim de reduzir o uso de lixões e garantir a viabilidade econômica dos aterros. Medidas como incentivos financeiros, apoio técnico e legislação facilitadora podem promover a adesão aos consórcios. Corroborando essas medidas, a identificação de áreas aptas, de forma rápida, por meio do geoprocessamento, auxiliará na melhoria da gestão de resíduos em todo o Estado, promovendo uma administração mais equilibrada e acessível.

Outro ponto a ser analisado é a efetividade da criação dos Consórcios Públicos (CP) na destinação dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) em cada mesorregião. A análise desses dados permite detectar o impacto dos CPs na gestão de resíduos. Uma maneira alternativa de visualizar esses resultados é organizá-los por mesorregião (Figura 7).

Figura 7 - Dados de Resíduos Sólidos Urbanos do Estado de Minas Gerais



Fonte: Adaptado IDE-SISEMA, (2020). Elaborada pelos autores, 2024.

A permanência de lixões ativos em diversas regiões de Minas Gerais representa um dos principais desafios na gestão de resíduos sólidos urbanos. Embora a coleta de resíduos tenha avançado em algumas áreas, como demonstrado pelos dados do SEMAD (2021), a destinação adequada continua sendo um grande desafio, com 308 lixões ainda operando no Estado. Esse cenário reflete a precariedade da infraestrutura existente e a escassez de recursos financeiros e técnicos necessários para a transição para aterros sanitários, considerando-se a solução ambientalmente adequada.

Em muitas áreas, a resistência à implementação de aterros sanitários se deve a uma combinação de fatores, incluindo dificuldades orçamentárias, falta de terrenos adequados e questões sociais que dificultam a cooperação entre os municípios. Municípios de pequeno porte, sem acesso a *royalties* da exploração de recursos naturais, enfrentam dificuldades significativas, pois sua arrecadação é insuficiente para custear a gestão de resíduos de forma independente. Portanto, a solução para muitos desses desafios está diretamente ligada à ampliação da cooperação intermunicipal, por meio de consórcios que permitam a partilha de custos e recursos.

A participação nos consórcios intermunicipais tem apresentado bons resultados em algumas regiões, especialmente nos setores de saúde e educação. No entanto, a gestão de resíduos sólidos ainda carece de maior estruturação. De acordo com os dados apresentados, a participação nos consórcios de gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU) ainda é limitada, com apenas 62,84% dos municípios de Minas Gerais integrados a consórcios voltados para essa área. Isso evidencia a necessidade urgente de expandir a cooperação, principalmente em regiões com grande concentração de lixões ativos, como as mesorregiões do Jequitinhonha, Mucuri e Rio Doce.

Além disso, um planejamento estratégico regional deve levar em conta as especificidades locais, como densidade populacional, proximidade de corpos hídricos e infraestrutura de transporte. A análise cartográfica das áreas aptas à implantação de aterros sanitários, que será discutida mais adiante, proporciona uma visão mais clara das regiões que necessitam de intervenção urgente. A utilização de tecnologias de geoprocessamento e sensoriamento remoto, como foi feito neste estudo, é uma ferramenta essencial para melhorar a gestão territorial e identificar as áreas mais adequadas para a destinação final dos resíduos sólidos.

Embora a criação de consórcios represente um avanço, a implementação de soluções eficazes exige maior comprometimento das autoridades municipais, estaduais e federais, bem como a participação ativa da sociedade. O fortalecimento das políticas públicas

que incentivam a cooperação intermunicipal, a capacitação de gestores públicos e a realização de campanhas de conscientização são medidas fundamentais para garantir que o estado de Minas Gerais avance de maneira mais eficaz na gestão dos resíduos sólidos.

Portanto, a melhoria da gestão de resíduos sólidos urbanos em MG não se limita à construção de aterros sanitários, mas envolve uma mudança na abordagem política e administrativa, em que a colaboração entre municípios seja vista como uma solução eficiente e necessária para os problemas enfrentados. A experiência de consórcios intermunicipais na gestão de resíduos, analisada em diferentes contextos, oferece importantes referências para Minas Gerais. Estudos como os de Struk; Bakoš (2021) na República Tcheca, Pöldnurk (2015) na Estônia, Baba; Asami (2019) em Tóquio, Mengarda (2024) no Consórcio Intermunicipal do Médio Vale do Itajaí (SC), e Lisbinski (2020) no Consórcio Intermunicipal de Gestão de Resíduos Sólidos (CIGRES) no Rio Grande do Sul demonstram a relevância de abordagens integradas e sustentáveis na gestão de resíduos.

## **CAPÍTULO II – DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: DESAFIOS DA POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS (PNRS) EM MUNICÍPIOS COM MENOS DE 50 MIL HABITANTES EM MINAS GERAIS**

### **2.1 INTRODUÇÃO**

A análise territorial é fundamental para se compreender a história das ações humanas, a formação das identidades nacionais, as transformações históricas e o contexto atual de cada região (SANTOS; SILVEIRA, 2001; SANTOS, 1993).

No Brasil, a ocupação territorial ocorreu de forma impositiva pelos colonizadores europeus, transformando profundamente as relações sociais e culturais dos povos originários e influenciando a construção da identidade nacional.

Antes da colonização, as sociedades que habitavam o território brasileiro mantinham relações marcadas pelo intercâmbio de saberes e práticas culturais, garantindo uma convivência relativamente harmônica. Nesse contexto, os conhecimentos sobre o território eram aprimorados por meio do compartilhamento de técnicas e saberes entre os grupos (SANTOS; SILVEIRA, 2001). Os mesmos autores ressaltam que esse compartilhamento de conhecimento permitiu o desenvolvimento de artefatos com técnicas similares às de outros povos. No entanto, esse processo foi interrompido com a chegada do colonizador, que impôs de maneira forçada seus próprios conhecimentos e práticas.

Assim como em outros países da América Latina, a escravização forçada no Brasil suprimiu as origens, línguas e tradições religiosas de inúmeros povos, contribuindo para a marginalização dessas comunidades. Esse processo histórico resultou na formação de favelas, comunidades e periferias, marcadas pela ausência de uma gestão territorial eficaz e pela exclusão desses grupos do reconhecimento pleno de sua dignidade cívica. Para Poz (2007), esse processo resultou em uma identidade "genérica e generalizante", que ignora as diferenças e particularidades dos povos que a compõem.

Homens, plantas e animais de três continentes, sob o império dos europeus, encontraram-se e, no seu convívio obrigatório, criaram uma geografia nessa porção do planeta (SANTOS; SILVEIRA, 1996, p.32).

Os impactos da ocupação territorial se estendem ao processo de urbanização do Brasil, evidenciando a relação entre colonização e formação dos núcleos urbanos. Inicialmente, o desenvolvimento territorial concentrou-se no litoral brasileiro. Com a expansão das atividades

comerciais, a interiorização ganhou força, especialmente impulsionada pela mineração e pela pecuária, o que resultou na formação de diversos núcleos urbanos (ESPÍNDOLA, 2008).

A expansão territorial no Brasil tinha dois objetivos principais: a extração de recursos naturais e o cultivo de insumos de interesse econômico. Esse processo, no entanto, raramente considerava a capacidade de suporte ambiental ou os impactos sobre a paisagem (ESPÍNDOLA, 2008; FEATHERSTONE, 1996). Paralelamente, áreas povoadas que não se encaixavam nessas finalidades tornavam-se entrepostos ou cidades de passagem.

A relevância dos entrepostos como pontos de conexão territorial é evidenciada no hino municipal de Hortolândia, conforme mencionado por Silva e Júnior (1994, p. 1): “De trilha, passagem para tropeiros/Nasceste em caminhos do vento”.

A concentração econômica nas capitais fortaleceu o poder central, especialmente o da monarquia portuguesa, que consolidou esse controle a partir de 1808 (CAMARA *et al.*, 2023). Quadros (2020) aborda que a economia colonial era estruturada para atender às demandas dos colonos, reproduzindo hábitos e padrões de vida europeus. Como consequência dos processos históricos, essa europeização resultou no desenraizamento das culturas indígena e africana, afastando-as de seus próprios valores em favor dos moldes portugueses.

Nesta perspectiva teórica, é importante compreender que o fenômeno da "globalização", conforme destacado por Featherstone (1996), gera uma contradição entre a disseminação cultural global e a afirmação das identidades culturais locais, regionais ou nacionais.

Essa temática é aprofundada por Milton Santos em sua obra *Por Uma Outra Globalização* (2000). O autor destaca como a ideologia global, sustentada pelo capital, fragmenta percepções e promove o "discurso único mundial", com repercussões profundas na produção econômica, nas interpretações da história contemporânea, na cultura de massa e no mercado global (SANTOS, 2000). Dessa forma, a identidade brasileira, historicamente ambígua, passou a se adaptar aos padrões internacionais impostos pela globalização. Esse fenômeno, no entanto, tende a negligenciar vínculos identitários com as origens locais (FEATHERSTONE, 1996).

O mesmo autor (1996, p. 10) acrescenta a essa discussão a formação de vínculos com o local, observando que "o localismo e o sentido de lugar recuam diante do anonimato de 'espaços de não-lugar' ou ambientes simulados, onde somos incapazes de sentir que estamos em casa".

O fortalecimento do sentimento de localismo desempenha um papel essencial na superação da fragmentação identitária do território. Fonseca (2022) argumenta que o

federalismo brasileiro tem favorecido o ressurgimento de localismos, ampliando o debate sobre justiça territorial na geografia.

Fonseca (2022) continua sua análise destacando que o desenvolvimento do sentimento identitário regional está intrinsecamente ligado à maneira como as representações geográficas são construídas, por meio de políticas eficazes de gestão territorial.

A divisão territorial do Brasil resultou na criação de inúmeros municípios. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) classifica-os em diferentes categorias, conforme apresentado no Quadro 2:

Quadro 2 – Porte das cidades do Brasil

<b>Porte</b>	<b>Habitantes (mil)</b>
Pequeno I	<20
Pequeno II	20 - 50
Médio	50 - 100
Grande	100 - 900
Metrópole	900>

Fonte: Adaptado: IBGE (2022). Elaborado pelos autores, 2024.

Na década de 1980, Santos; Silveira (2001) citam que, de cada 100 novos habitantes urbanos, 88 residiam em cidades de pequeno porte I.

O crescimento das cidades, entretanto, foi desigual devido às oscilações das economias regionais ou de seu papel político, formando os circuitos interiores, cada qual dominando uma dada extensão do território com os meios limitados de que dispunham. A inexistência de transportes interiores rápidos era responsável por um isolamento quebrado apenas pelos transportes marítimos. Daí a inexistência de uma rede urbana verdadeiramente nacional, os intercâmbios, conquanto realizado no domínio da administração, que foi completamente centralizada até a república de 1889. No entanto, essa centralização permaneceu, graças à distribuição constitucional dos impostos, cuja arrecadação rendia grandes somas de dinheiro ao governo federal (SANTOS; SILVEIRA, 1996, p.34).

As transformações sociais decorrentes da Revolução Industrial, intrínsecas ao capitalismo moderno, impulsionaram a migração do campo para a cidade em busca de melhores oportunidades. Esse deslocamento frequentemente resulta no enfraquecimento dos vínculos culturais, o que pode impactar negativamente a economia das cidades de menor porte (SANTOS, 1993). Prova disso é o fato de que a capital paulista é tradicionalmente associada à “terra das oportunidades”.

Isso ocorre porque os investimentos se concentram em áreas urbanas de médio a grande porte, deixando as menores em desvantagem. Diante desse cenário, a cooperação

intermunicipal surge como uma alternativa para fortalecer os serviços públicos, incluindo saúde, transporte, educação e infraestrutura. Esse fortalecimento dependerá de arranjos consorciados que compreendam a identidade regional e resistam à uniformização cultural e econômica.

Nesse contexto, este estudo analisa os desafios enfrentados pelos municípios de pequeno porte em Minas Gerais diante da fragmentação territorial do estado, composto por 853 cidades. Além disso, investiga como esses territórios lidam com a influência da globalização na construção de sua identidade regional.

Por fim, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) será analisada sob a perspectiva da valorização territorial e das condições necessárias para a preservação dos municípios de pequeno porte. Essa política desempenha um papel crucial na mitigação do êxodo rural e na redução da sobrecarga das cidades médias e grandes e das metrópoles.

## **2.2 OBJETIVO DO CAPÍTULO**

Este capítulo analisa os desafios na gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU) em municípios de pequeno porte de Minas Gerais, com foco nas dificuldades de implementação da PNRS. Discute-se como o crescimento populacional e a urbanização impactam essas práticas, propondo estratégias para aprimorar políticas públicas e cooperação intermunicipal, visando a gestões mais sustentáveis.

## 2.3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.3.1 Municipalismo brasileiro

Para compreender esse tema, é essencial examinar o contexto histórico em que "as bandeiras municipalistas possuem raízes que remontam ao Segundo Reinado" (CARVALHO, 2021, p. 209). Os primeiros estímulos à autonomia municipal surgiram ainda no Primeiro Reinado, durante o governo de Dom Pedro I (1822-1831), com a promulgação da Constituição de 1824, que atribuiu funções administrativas às províncias e municípios e conferiu às províncias algumas atribuições, como demonstrado nos seguintes artigos:

“Art. 167. Em todas as Cidades, e Villas ora existentes, e nas mais, que para o futuro se crearem haverá Camaras, ás quaes compete o Governo economico, e municipal das mesmas Cidades, e Villas.”

“Art. 169. O exercicio de suas funções municipaes, formação das suas Posturas policiaes, applicação das suas rendas, e todas a seus particulares, e uteis attribuições, serão decretadas por uma Lei regulamentar (BRASIL, 1824, p. 11).”

Segundo Bastos (1870), em algumas localidades, a própria municipalidade era responsável pela execução de obras e pela gestão de serviços essenciais, como abastecimento de água, saneamento e iluminação pública. No entanto, em outros contextos, esses serviços eram transferidos a empreendedores privados, considerados mais vantajosos na época:

Em alguns lugares, a propria municipalidade executaria as obras e dirigiria o serviço dos aqueductos, dos esgotos, da iluminação, que outras aliás incumbiram a empzarios com maior vantegem [...] onde o espirito publico, ilustrado e moralizado, inspirasse confiança, a eleição periódica fôra o meio regular para a escolha de todos os funcionarios municipaes (BASTOS, 1870, p. 144).

Tavares Bastos, em sua obra *A Província: Estudo sobre a Descentralização no Brasil*, defendia o modelo de República Federativa e a abertura do mercado, com uma clara influência da política liberal. Essa defesa alinhava-se com o exemplo da “jovem nação norte-americana” (CARVALHO, 2021, p. 210).

O autor também destaca a exploração das municipalidades pela monarquia, que, por meio de seu poder legislativo, tinha competência sobre a polícia, a justiça local e o pagamento de impostos, conforme estabelecido pela Lei n.º 16, de 12 de agosto de 1834. Esta lei previa, ainda, que:

Art. 20. O Presidente da Província enviará à Assembléia e Governo Geral cópias autênticas de todos os atos legislativos provinciais que tiverem sido promulgados, a fim de se examinar se ofendem à Constituição, os impostos gerais, os direitos de outras Províncias ou tratados, casos únicos em que o Poder Legislativo Geral os poderá revogar (BRASIL, 1834, p. 2).

No período, além dos debates sobre federalização e abolicionismo, Bastos (1870) enfatizava a necessidade de ampliar a comercialização de terras a um "custo acessível". O objetivo era reduzir a extensão de áreas improdutivas, promovendo a venda de lotes a preços reduzidos e com infraestrutura viária adequada para imigrantes e libertos. Levantamentos de Martins Filho e Martins (1983) indicam que, com exceção de Minas Gerais, a mão de obra livre predominava sobre a escravizada na lavoura. No entanto, em Minas Gerais, o número de indivíduos desocupados superava o de trabalhadores, tanto livres quanto escravizados (SCHWARTZMAN, 2004), conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 – Pessoas escravizadas no Brasil, 1875

<b>Estados</b>	<b>Braços livres empregados na lavoura</b>	<b>Braços escravos empregados na lavoura</b>	<b>Braços livres desocupados (de 13 a 45 anos de idade)</b>
Minas Gerais	278.588	288.767	1.032.314
Ceará	174.482	7.767	227.139
São Paulo	252.579	60.612	308.581
Bahia	376.548	82.957	526.528
Pernambuco	229.769	38.714	400.583
Rio de Janeiro	131.204	141.723	327.438
Total	1.434.179	620.540	2.822.583

Fonte: Adaptado: Guimarães, 1982.

A tabela evidencia a alta taxa de desocupação em Minas Gerais, contrastando com os dados de Schwartzman (2004), que indicam que o estado possuía o maior número de representantes nos gabinetes imperiais entre 1873 e 1889.

Bercovici (2004) destaca que, com a proximidade da abolição da escravatura, as oligarquias rurais buscaram reconfigurar suas estruturas de poder, garantindo a continuidade de seus privilégios por meio de novas formas de governança.

A abolição da escravatura, em 13 de maio de 1888, marcou o rompimento entre os latifundiários e a monarquia, abrindo caminho para uma república fragmentada e dominada pelos interesses oligárquicos dos Estados:

Os 'revolucionários' brasileiros serão os proprietários de terras, pois queriam ver abolidas as opressões da Metrópole (que mais diretamente os atingiam) e mantidos,

por outro lado, os seus privilégios, baseados no latifúndio e na mão-de-obra escrava (BERCOVICI, 2004, p.99).

Diante dos desafios sociais e políticos da Primeira República, Alberto Torres (1865-1917) posicionou-se em oposição às ideias de Tavares Bastos, argumentando que:

Para Torres, haveria uma clara distinção entre as construções teóricas, inorgânicas e idealizadas de um país “legal” (urbano, cosmopolita) contrapostas ao país “real” (do mundo rural e da verdadeira brasilidade) (CARVALHO, 2021, p.210).

Essa prática política consolidava o apoio popular aos representantes regionais, ao mesmo tempo em que fortalecia nichos políticos e mantinha o domínio do latifúndio. De acordo com Melo (2008, p.13): “clãs locais dispersos nos municípios num imenso território”.

Com o decorrer das épocas, nos anos de 1930, passa a ganhar corpo a “Campanha Municipalista” em defesa das agruras dos pequenos e médios municípios do interior; todavia, o que se observava era o deslocamento massivo da população rural para os centros urbanos. Carvalho (2008) destaca que, após o fim do Estado Novo, em 1945, a Campanha Municipalista resultou na criação da Associação Brasileira de Municípios (ABM). Desde sua fundação, a entidade desempenhou um papel ativo na defesa dos interesses municipais, exercendo “intensa atividade de *lobby* junto ao Congresso e ao Executivo” (MELO, 2008, p.57).

Nesse momento, criava-se a politização dos desequilíbrios regionais, impulsionada pela ideologia ruralista<sup>8</sup>. A ABM enfrentou um enfraquecimento institucional com a dissolução política resultante do Ato Institucional n.º 2 (AI-2), promulgado em 27 de outubro de 1965. No contexto da reorganização política imposta pelo regime militar, grande parte dos municipalistas<sup>9</sup> se alinhou ao partido governista, a ARENA<sup>10</sup> (CARVALHO, 2021).

Durante a ditadura militar, manteve-se o processo de criação de novos municípios e emancipação de distritos. Esse movimento contribuiu para a consolidação de uma estrutura política conservadora, beneficiando grupos ligados ao latifúndio e perpetuando as dinâmicas oligárquicas herdadas da Primeira República.

<sup>8</sup> A ideologia ruralista refere-se a um conjunto de ideias, valores e interesses defendidos por grupos ligados ao agronegócio, à propriedade fundiária e à exploração de recursos naturais, geralmente com foco na produção rural em larga escala (NASCIMENTO *et al.*, 2022).

<sup>9</sup> “O cruzamento dos dados permite-nos considerar como componentes orgânicos do núcleo municipalista no Congresso Nacional os deputados: [...] Manuel de Almeida (militar e proprietário rural, vinculado ao PSD/ARENA por Minas Gerais; eleito deputado federal entre 1959-79; assumiu, após 1979, a direção administrativa da Comissão de Construção, Ampliação e Reforma de Prédios Escolares (Carpe), vinculada ao governo mineiro)” (CARVALHO, 2021, p.219).

<sup>10</sup> Partido político estabelecido em 1965 para legitimar apoio à ditadura militar (QUEIRÓS, 2021).

Tomio (2002) discorre que, após a ditadura, o processo de redemocratização convergiu na promulgação da Constituição Federal de 1988, reordenando os Estados e promovendo pacto federativo.

Nas duas últimas décadas, foram criados milhares de municípios no Brasil, sendo que a grande maioria dessas emancipações ocorreu após a promulgação da Constituição de 1988 (TOMIO, 2002, p.63).

Os impactos desse processo histórico ainda são evidentes na atualidade, refletindo-se no isolamento entre áreas rurais e urbanas, na persistência de problemas sociais e na precariedade da infraestrutura em municípios de pequeno porte. Nesse contexto, políticas sociais implementadas a partir de 2003 no governo Lula (Partido dos Trabalhadores) desempenharam um papel essencial na redução dessas disparidades (FIUZA, 2016). Um exemplo é o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), que articula projetos estratégicos de infraestrutura, apoiando especialmente os municípios de pequeno porte (MACIEL; SANTOS, 2021).

Esses esforços para reduzir as disparidades e melhorar a infraestrutura nas cidades de pequeno porte também têm implicações diretas na gestão ambiental, sobretudo, no que diz respeito ao tratamento e destinação de resíduos. Com a melhoria das condições de infraestrutura, muitos municípios passaram a enfrentar, de maneira mais eficaz, os desafios relacionados ao aumento do consumo e aos novos padrões de descarte, que exigem soluções adequadas para a disposição final dos resíduos.

### **2.3.3 Norma Brasileira (NBR) 10004 – Resíduos Sólidos**

O desenvolvimento regional também se reflete na gestão de resíduos, pois o aumento do consumo e as novas dinâmicas de descarte exigem soluções eficientes para a destinação final dos resíduos sólidos (ALMEIDA, 2016). Embora os aterros sanitários sejam considerados a alternativa ambientalmente mais adequada, a disposição em lixões e aterros controlados ainda é amplamente utilizada (OLIVEIRA; MEDEIROS, 2019).

O avanço do consumismo, intensificado pelas dinâmicas do capitalismo contemporâneo, tem provocado um aumento expressivo na geração de resíduos. Além disso, práticas como a obsolescência programada reduzem a vida útil dos produtos, intensificando a produção de rejeitos e sobrecarregando os sistemas de destinação final (BARGOS; MIROSEVIC, 2022). Diante desse cenário, a ONU estabeleceu o ODS 12, visando reduzir a

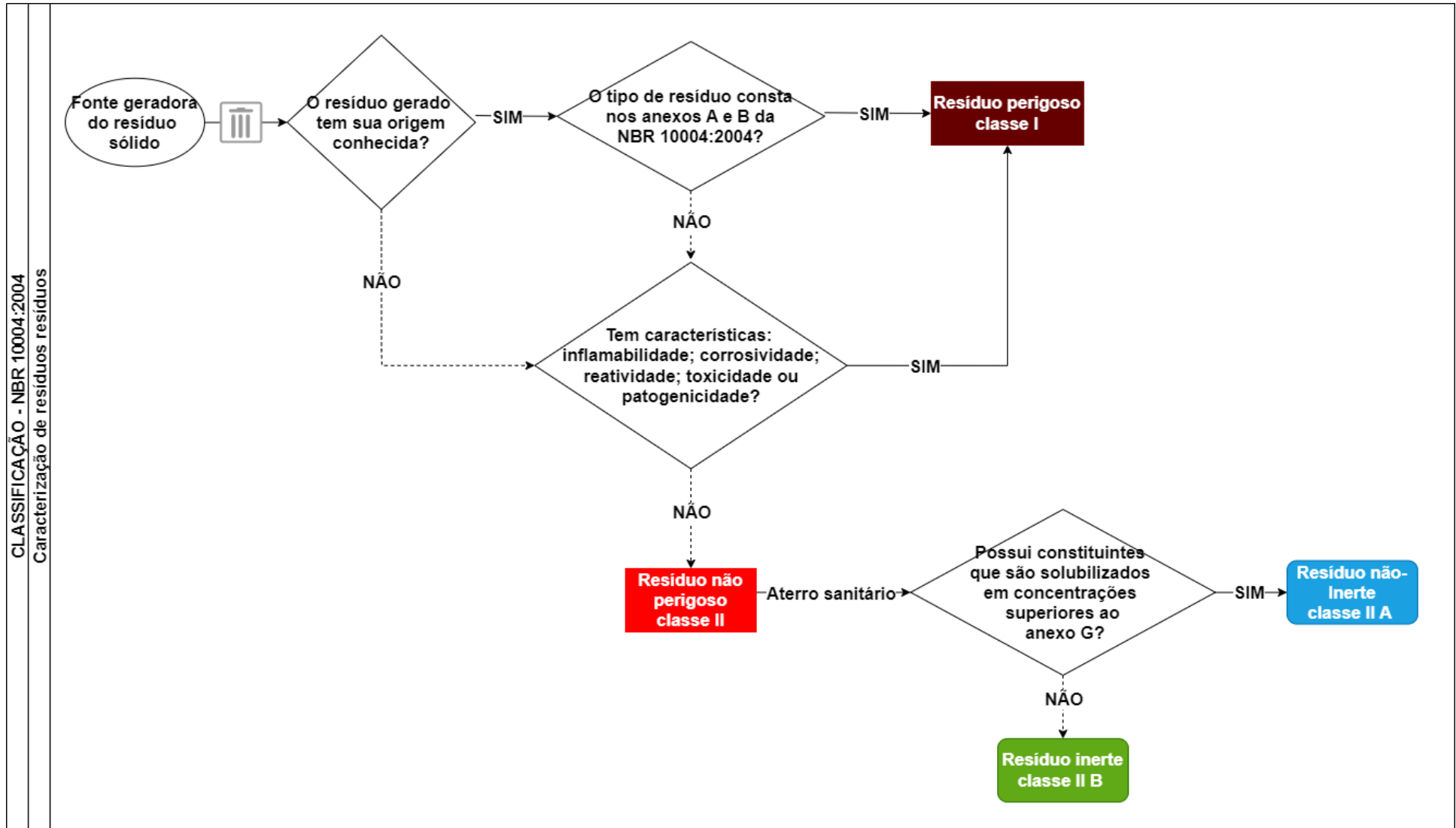
geração de resíduos até 2030 (ONU, 2015), havendo, também, a NBR 10004:2004, que estabelece critérios para a classificação e destinação adequada dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), garantindo que seu gerenciamento ocorra de forma ambientalmente segura e alinhada às diretrizes legais.

Portanto, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) estabelece os critérios para a classificação dos Resíduos Sólidos (RS)<sup>11</sup>, destacando a necessidade de segregá-los na sua fonte geradora. A Figura 8 apresenta o fluxograma para a tomada de decisão em relação aos RS.

---

<sup>11</sup> “Resíduos Sólidos (RS): resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível” (ABNT NBR 10004:2004, 2004, p.1).

Figura 8 – Classificação dos tipos de resíduos



Fonte: Adaptado NBR 10004:2004. Elaborada pelos autores, 2024.

As recomendações descritas pela ABNT NBR 10004:2004 têm como objetivo categorizar os resíduos sólidos de acordo com seus riscos potenciais, orientando sua destinação de forma ambientalmente adequada.

O fluxograma da Figura 8 conduz para decisão da disposição final do resíduo. A NBR segmenta em dois grupos de destinação: Classe I (perigoso) e Classe II (não perigoso). As diferenciações são:

Classe I - Os resíduos perigosos estão descritos nos anexos A (Resíduos perigosos de fontes não específicas) e B (Resíduos perigosos de fontes específicas). Em suas fontes geradoras, predominam itens industriais, requerendo, assim, uma destinação apropriada com tratamento e requisitos específicos, devido ao alto grau danoso.

Classe II-A - engloba resíduos que apresentam características como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água, exigindo um manejo adequado para evitar impactos ambientais (ABNT NBR 10004:2004). Resíduos inertes são aqueles que, ao serem amostrados de forma representativa e testados com água destilada ou deionizada, não apresentam nenhum de seus componentes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, exceto em relação a aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor (ABNT NBR 10004:2004, 2004).

Classe II-B - apresenta grande relevância devido à sua abrangência e ao alto volume gerado. Essa categoria inclui resíduos inertes e não inertes, conforme detalhado a seguir:

Resíduo de restaurante (restos de alimentos); Sucata de metais ferrosos; Sucata de metais não ferrosos (latão etc.); Resíduo de papel e papelão; Resíduos de plástico polimerizado; Resíduos de borracha; Resíduo de madeira; Resíduo de materiais têxteis; Resíduos de minerais não metálicos; Areia de fundição; Bagaço de cana; Outros resíduos não perigosos (ABNT NBR 10004:2004, 2004, p.71).

Esse mecanismo de classificação auxilia na escolha do local adequado para a disposição final dos resíduos. No contexto deste estudo, as classes II-A e II-B devem ser destinadas a aterros sanitários, medida ambientalmente correta. A norma NBR 10004:2004 estabelece os tipos de resíduos permitidos nesses locais (GOES, 2016).

No contexto deste estudo, a ABNT NBR 10004:2004 assume um papel fundamental, pois fornece a base normativa para a classificação e destinação dos resíduos sólidos urbanos. Dessa forma, a norma alinha-se às diretrizes legais e ambientais vigentes, promovendo sustentabilidade e responsabilidade na gestão de resíduos sólidos.

### 2.3.4 Lei Federal N.º 12.305/2010, Política Nacional de Resíduos Sólidos

Em consonância com diretrizes internacionais, o Brasil instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), por meio da Lei Federal n.º 12.305, de 2 de agosto de 2010, regulamentada pelo Decreto n.º 7.404, de dezembro de 2010, estabelecendo diretrizes para o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos no país (ALMEIDA, 2016; BRASIL, 2010; BAIERLE *et al.*, 2016).

Visando atender todo o país, a legislação da PNRS institucionalizou critérios e diretrizes em todas as esferas de produções, enquadrando a geração dos RSU como agente de maior potencial prejudicial, pelo fato de ser a etapa final do eixo de produção de consumo (ALMEIDA, 2016).

Apesar da exigência da PNRS de que a disposição final dos resíduos seja ambientalmente adequada, a Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente (ABREMA) alerta que, em 2022, aproximadamente 39% dos resíduos coletados no Brasil foram destinados de forma inadequada, abrangendo todas as regiões do país:

No Brasil, a área de disposição inadequada corresponde a cerca de 39% do total de resíduos coletados em 2022 no país e está presente em todas as regiões do país (ABREMA, 2023, p. 26).

Almeida (2016) destaca que, no Brasil, a disposição final dos Resíduos Sólidos (RS) em grande parte dos municípios não atende aos padrões ambientalmente corretos, devido à falta de implementação de políticas públicas adequadas. Essa lacuna amplifica os desafios enfrentados pelos municípios, especialmente os de pequeno e médio porte, constituindo, assim, fatores contribuintes para essa situação.

Baierle *et al.* (2016) revelam que se torna imprescindível uma adequada destinação dos RS; mas, para que seja efetiva, é necessária uma erradicação dos lixões, conforme previsto na PNRS.

A Lei Federal 12.305/2010, na seção III, dos Planos Estaduais de Resíduos Sólidos (PERS), no artigo 17, aborda que o PERS terá metas a serem alcançadas:

Metas para a eliminação e recuperação de lixões, associadas à inclusão social e à emancipação econômica de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis (BRASIL, 2010 p. 6).

Como forma de se adequar, alguns municípios passaram a transformar os antigos lixões em aterro controlado - esse último, apesar de uma readequação, permite

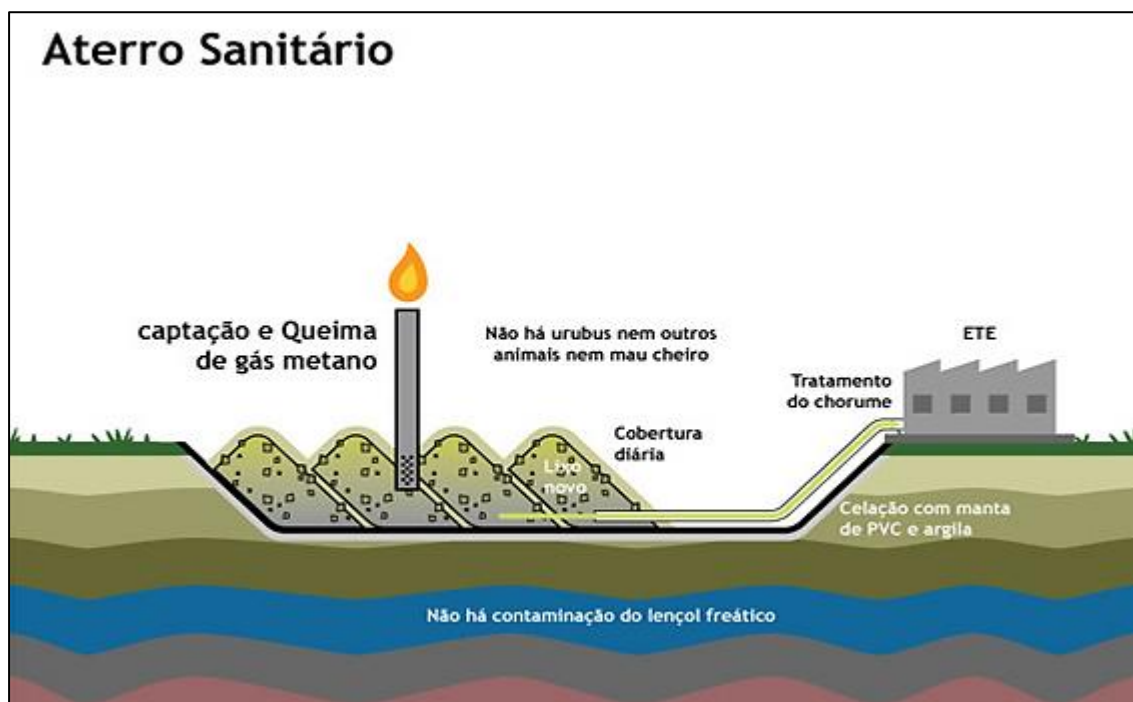
contaminação do lençol freático, o que o torna ambientalmente impróprio (FADINI; FADINI, 2001; CARMO *et al.*, 2016), “visto que não possuem critérios técnicos ou medidas necessárias para a redução dos impactos negativos ao meio ambiente” (CARVALHO, 2017 p.1). Carmo *et al.* (2016) citam que 59% dos municípios destinam os RS de forma inadequada (aterro controlado e lixões).

Baierle *et al.* (2016) mencionam que, atualmente, a forma ambientalmente aceita de destinação são os Aterros Sanitários (AS), e sua implementação passou a atender às grandes capitais para disposição dos RSU, seguindo critérios da norma técnica para implementação (CARMO *et al.*, 2016; FELICORI *et al.*, 2016).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) define, por meio da NBR 8419:1992, a apresentação de projetos de aterros sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), definindo-os como técnica sem causar danos de saúde e segurança, reduzindo impactos ambientais, confinando o RS em uma menor área possível (ABNT 8419:1996, 1996).

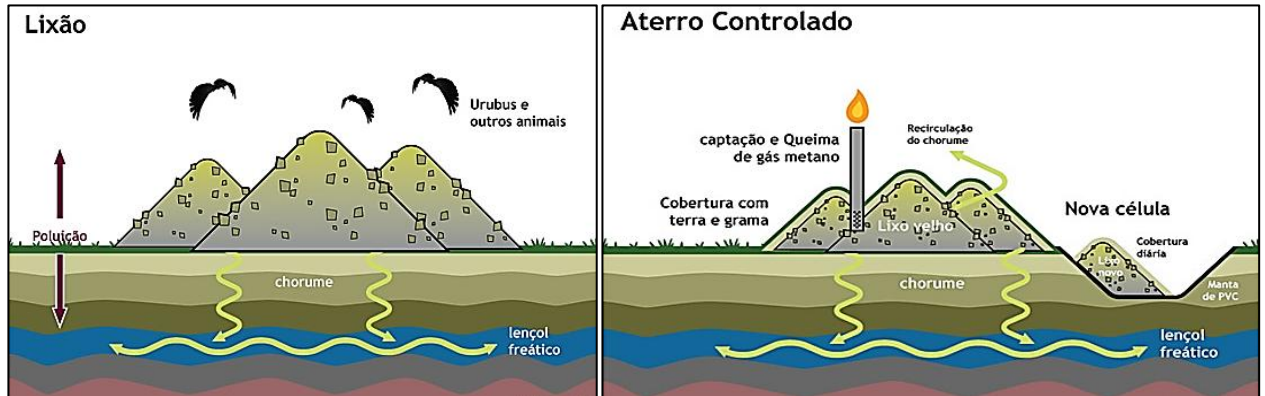
O aterro sanitário tem por necessidade uma efetiva impermeabilização do solo, compactação do resíduo e captação de chorume; por fim, é recoberto por uma camada de terra (BAIERLE *et al.*, 2016). É relevante, nesse momento, incluir uma representação visual que diferencie claramente: aterro sanitário (Figura 9), lixões e aterro controlado (Figura 10).

Figura 9- Estrutura: Aterro Sanitário



Fonte: ECOTRES. Entenda a diferença entre aterro sanitário e lixão (2024).

Figura 10 - Estrutura: Lixão X Aterro controlado



Fonte: ECOTRES. Entenda a diferença entre aterro sanitário e lixão (2024).

Fernandes (2021) destaca que, embora as técnicas adequadas para a gestão de resíduos estejam bem estabelecidas, sua aplicação ainda enfrenta desafios significativos, especialmente devido ao alto índice de destinação inadequada. Essa situação acarreta impactos sanitários, sociais e ambientais graves. Para enfrentar esses desafios, a Lei Federal n.º 12.305, em seu capítulo III, artigo 8º, ressalta a importância da cooperação entre os entes federados na gestão eficiente dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010). Ela incentiva a adoção de consórcios ou outras formas de colaboração entre municípios, visando aumentar a escala de aproveitamento dos resíduos e reduzir os custos envolvidos.

No mesmo sentido, o capítulo II, seção IV da Lei, referente aos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, art. 18, inciso 1º (BRASIL, 2010), aponta que os municípios devem optar por soluções consorciadas intermunicipais para a gestão dos resíduos sólidos, o que inclui a elaboração e implementação de planos intermunicipais ou a inserção voluntária nos planos microrregionais de resíduos sólidos.

Santos; Barros (2017) e Fernandes (2021) ressaltam que a gestão de resíduos sólidos é um dos principais desafios das áreas urbanas. Segundo os autores, a eficácia dessa gestão em municípios com infraestrutura limitada depende diretamente da implementação de estratégias colaborativas e da cooperação intermunicipal. Nesse contexto, a Lei também estabelece, no Art. 11, que o Estado deve apoiar e priorizar as iniciativas dos municípios que adotem soluções consorciadas entre dois ou mais municípios, para garantir a efetividade na gestão dos resíduos (BRASIL, 2010).

Além disso, o Art. 19, parágrafo §9º, da mesma Lei, prevê que os municípios que optarem por soluções consorciadas para a gestão dos resíduos sólidos, desde que cumpram os requisitos estabelecidos, podem ser dispensados da elaboração de planos

municipais de gestão integrada de resíduos sólidos. Isso reflete a busca pela padronização e maior eficiência na gestão dos resíduos, por meio da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que busca atender às necessidades sociais de forma mais integrada e eficaz.

No entanto, passados 14 anos desde a promulgação da PNRS, desafios concretos ainda persistem, exigindo uma abordagem mais integrada nas políticas públicas de gestão de resíduos. Para superar essas dificuldades, é imprescindível envolver todos os setores da sociedade em uma identidade regional que seja ambientalmente consciente e que promova a sustentabilidade em larga escala.

O texto contribui para a compreensão da caracterização dos tipos de destinação dos resíduos sólidos, ressaltando a importância da gestão integrada desses resíduos como um elemento central nas políticas públicas e na sustentabilidade. Essa abordagem está diretamente relacionada ao uso do geoprocessamento para identificar áreas adequadas para aterros sanitários, enfatizando a necessidade de uma gestão mais ampla e integrada dos resíduos. Tal gestão envolve diversas esferas de governo e faz uso de tecnologias para um planejamento eficiente e adequado.

- **Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos - Minas Gerais**

No estado de Minas Gerais, a Lei Estadual n.º 18.031, de 12 de janeiro de 2009, que dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos, no Art.4º, delibera que:

O Estado adotará instrumentos econômicos visando incentivar: Municípios que se dispuserem a receber resíduos sólidos provenientes de soluções consorciadas (MINAS GERAIS, 2009, p. 21).

Desse modo, há um incentivo estadual para que os municípios busquem formar arranjos consorciados e recebam resíduos sólidos dos entes participantes. Além disso, Minas Gerais adota o ICMS Ecológico como mecanismo de compensação financeira. Inicialmente instituído pela Lei Complementar Estadual n.º 12.040/1995, esse incentivo foi posteriormente regulamentado pela Lei n.º 18.030, de 12 de janeiro de 2009<sup>12</sup> (SANTOS; BARROS, 2017). Os critérios para o acesso da municipalidade aos recursos de ICMS Ecológico são:

“Art. 4º - Os valores decorrentes da aplicação dos percentuais relativos ao critério “meio ambiente”, de que trata o inciso VIII do art. 1º, serão distribuídos aos Municípios da seguinte forma:

---

<sup>12</sup> Lei Complementar Estadual n.º 12.040/95: também chamada *Lei Robin Hood*.

I – parcela de 45,45% (quarenta e cinco vírgula quarenta e cinco por cento) do total aos Municípios cujos sistemas de tratamento ou disposição final de lixo ou de esgoto sanitário, com operação licenciada ou autorizada pelo órgão ambiental estadual, atendam, no mínimo, a, respectivamente, 70% (setenta por cento) e 50% (cinquenta por cento) da população urbana, observadas as seguintes diretrizes:  
 a) o valor máximo a ser atribuído a cada Município não excederá o seu investimento inicial para a implantação do sistema, estimado com base na população atendida e no custo médio per capita dos sistemas de aterro sanitário, usina de compostagem de lixo e estação de tratamento de esgotos sanitários, custo este fixado pelo Conselho Estadual de Política Ambiental - Copam - observado o disposto em regulamento” (MINAS GERAIS, 2009, p. 6).

O artigo 158 da Constituição Federal de 1988 determina que 25% do ICMS arrecadado pelos Estados sejam repassados aos municípios. Em Minas Gerais, esse repasse é complementado pelo ICMS Ecológico<sup>13</sup>, que beneficia municípios que atendem aos critérios ambientais estabelecidos, garantindo-lhes maior participação na repartição das receitas tributárias (SANTOS; BARROS, 2017; CAMPOS, 2010).

Embora o valor destinado ao meio ambiente seja considerado baixo, a disponibilidade desse recurso incentiva os municípios de menor porte a buscar acesso a essa parcela. Essa situação é ainda mais vantajosa quando as cidades se associam em consórcios públicos, o que beneficia todos os entes federados envolvidos no arranjo (SANTOS; BARROS, 2017).

## 2.4 METODOLOGIA

Neste capítulo, empregou-se uma abordagem de pesquisa bibliográfica, com foco nos recortes históricos dos séculos XIX e XX, períodos cruciais para a formação do Estado nacional e a consolidação da autonomia municipal no Brasil. A relevância dos temas abordados se reflete no cenário atual do país. Para fundamentar a análise, adotou-se a pesquisa bibliográfica com base em fontes contemporâneas aos períodos estudados, permitindo estabelecer conexões entre esses eventos históricos e a realidade brasileira atual.

Adicionalmente, utilizaram-se dados estatísticos e geográficos fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), incluindo informações cartográficas e planilhas eletrônicas referentes ao estado de Minas Gerais.

As bases de dados do IBGE abrangem duas áreas distintas: estatísticas e geociências, exigindo diferentes procedimentos para a obtenção dos arquivos. Para este estudo, foram utilizados os seguintes recursos:

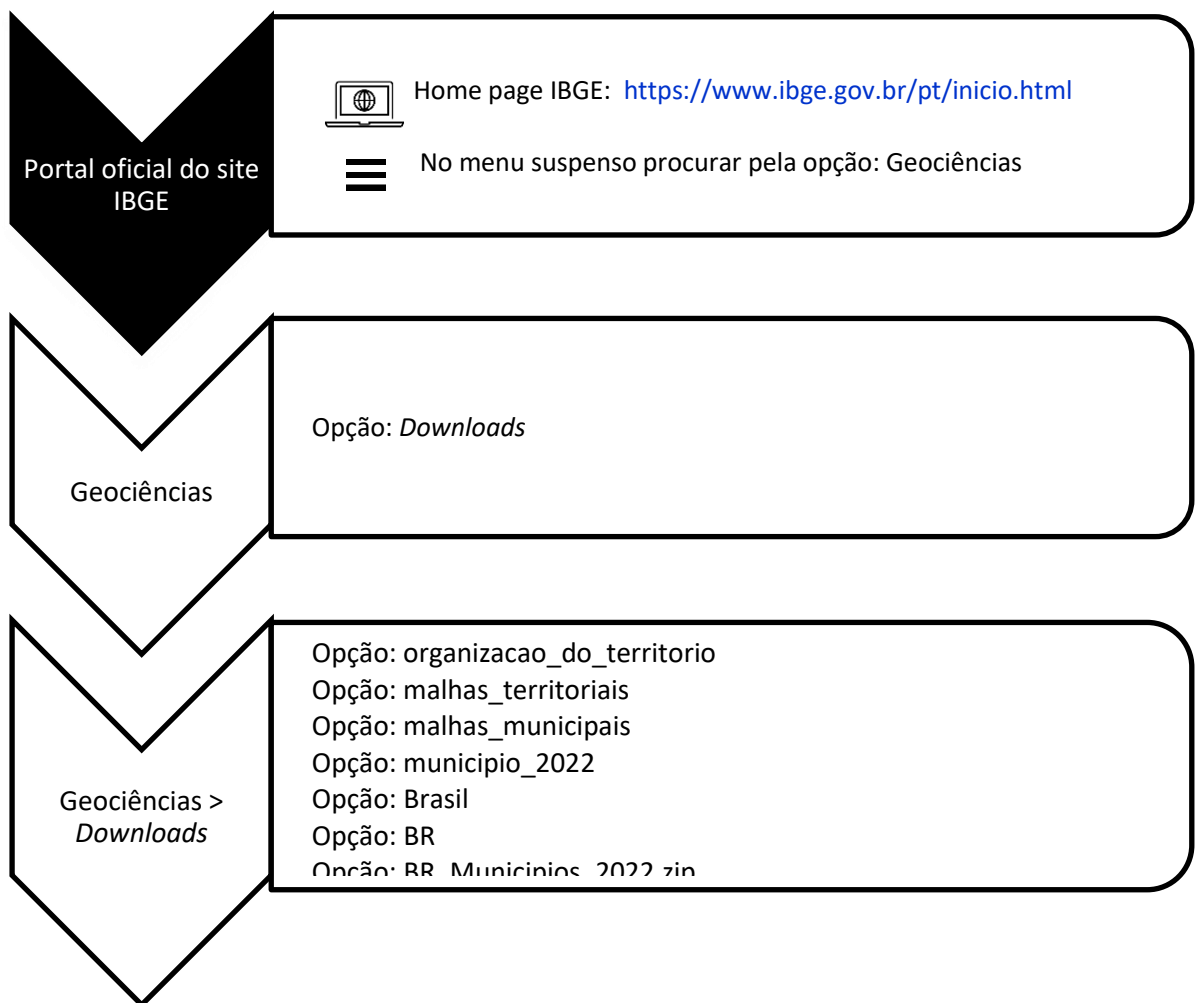
---

<sup>13</sup> Dos 25% distribuídos nos municípios, 1,1% é destinado para o Meio Ambiente (MINAS GERAIS, 2009).

- Geociências: os serviços disponibilizados pelo IBGE incluem atividades de coleta, análise e disseminação de informações geográficas, permitindo ao usuário baixar dados de mapas, cartas e arquivos vetoriais (Figura 11).

Nesse sentido, em consonância com os objetivos deste capítulo, realizou-se o *download* dos municípios brasileiros atualizados pelo último Censo IBGE (2022). A Figura 10 representa o fluxo para baixar o arquivo.

Figura 11 – Diretório IBGE: Geociências



Fonte: Elaborada pelos autores, 2024.

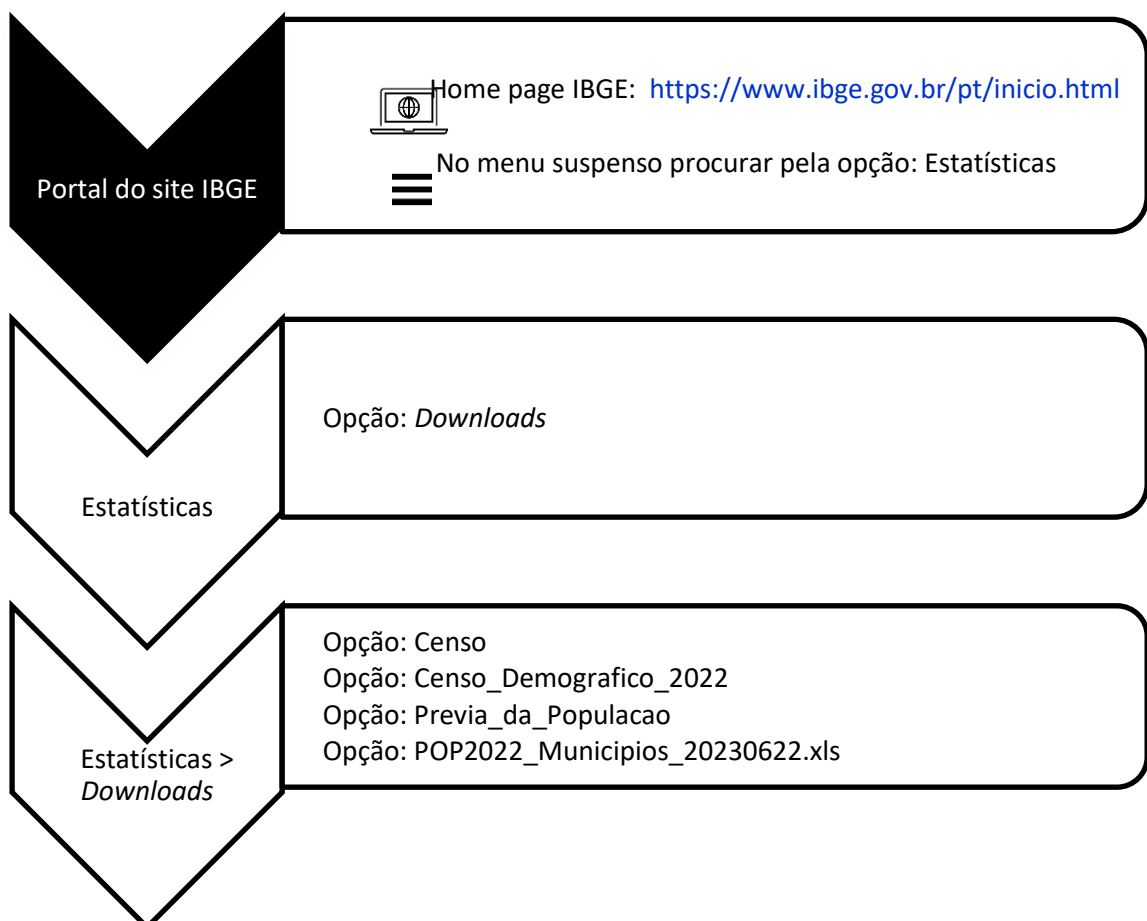
Para obter os vetores dos municípios brasileiros disponibilizados pelo IBGE, devem-se seguir os procedimentos abaixo:

1. Acesse o site oficial do IBGE: <https://www.ibge.gov.br/>;

2. No menu principal, acesse "Geociências" ou utilizar a barra de pesquisa para encontrar essa seção;
3. Dentro de Geociências, na opção *download*, busque por "Malhas Territoriais" e selecionar essa opção;
4. Na subcategoria "Malhas Municipais", clique para acessar.
5. Em seguida, localize a pasta "Município 2022" e, dentro dela, escolha "Brasil" e "BR";
6. Você encontrará os arquivos vetoriais dos municípios brasileiros no formato BR\_Municipios\_2022.zip, disponíveis em *shapefile* (SHP).

- Estatísticas: os dados populacionais foram atualizados pelo Censo do IBGE (2022). Assim, as informações e resultados refletem a pesquisa mais recente realizada em todo o território brasileiro. A Figura 12 apresenta o fluxo para baixar o arquivo.

Figura 12 – Diretório IBGE: Estatísticas

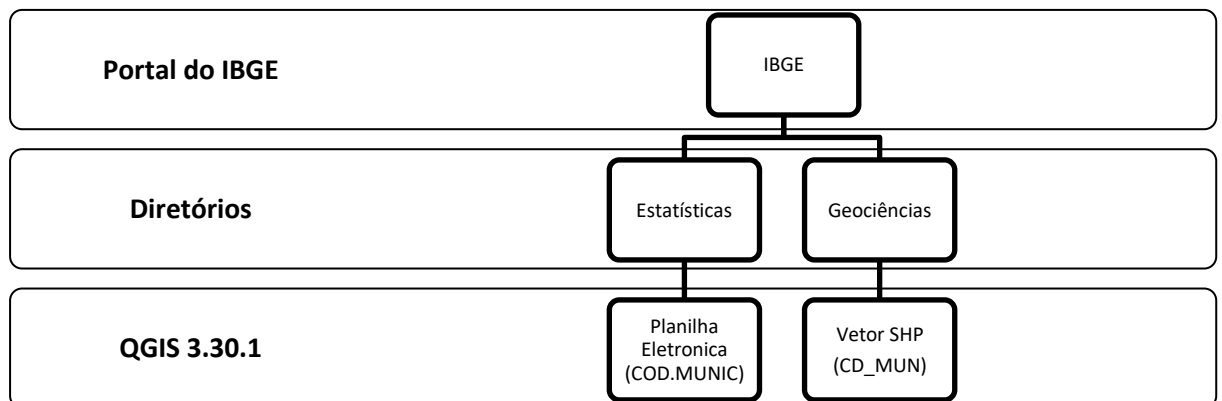


Para baixar os dados estatísticos, você pode seguir estes passos:

1. Acesse o site oficial do IBGE: <https://www.ibge.gov.br/>;
2. No menu principal, clique em "Estatísticas".
3. Em seguida, selecione a opção "*Downloads*", procure pela seção dedicada aos resultados dos “Censos”; na sequência, os dados mais recentes são: “Censo\_Demografico\_2022” ;
4. Dentro dessa seção, você encontrará opções para acessar os dados de diferentes aspectos do censo, incluindo “Previa\_da\_Populacao”;
5. Procure especificamente por dados relacionados à população dos municípios brasileiros, sendo: “POP2022\_Municipios\_20230622.xls”.

Os arquivos obtidos foram processados no *software* livre QGIS 3.30.1, aplicando-se procedimentos para unificar os dados tabulares com as informações vetoriais (Figura 13).

Figura 13 – Ordenamento para *Downloads* dos Dados: Estatísticas x Geociências



Fonte: Elaborada pelos autores, 2024.

No ambiente do *software*, é possível realizar a integração entre essas estruturas. Para que a junção seja bem-sucedida, ambos os arquivos devem conter valores idênticos nos atributos correspondentes. Dessa forma, a fusão dos dados ocorre a partir de um campo comum. A Figura 14 apresenta os campos utilizados para a unificação dos dados vetoriais e tabulares.

Figura 14 – Códigos para Unificação

	UF▼	COD. UF	COD. MUNIC	NOME DO MUNICÍPIO	POPULAÇÃO		CD_MUN	NM_MUN	SIGLA_UF ▼	AREA_KM2
1	TO	17	1722107	Xambioá	10519	1	1722107	Xambioá	TO	1190.489
2	TO	17	1722081	Wanderlândia	11586	2	1722081	Wanderlândia	TO	1365.431
3	TO	17	1721307	Tupiratins	1861	3	1721307	Tupiratins	TO	889.126
4	TO	17	1721257	Tupirama	1803	4	1721257	Tupirama	TO	706.883
5	TO	17	1721208	Tocantinópolis	23847	5	1721208	Tocantinópolis	TO	1083.600
6	TO	17	1721109	Tocantínia	8518	6	1721109	Tocantínia	TO	2609.775
7	TO	17	1720978	Talismã	2661	7	1720978	Talismã	TO	2155.503
8	TO	17	1720937	Taipas do Tocantins	2023	8	1720937	Taipas do Tocantins	TO	1105.303

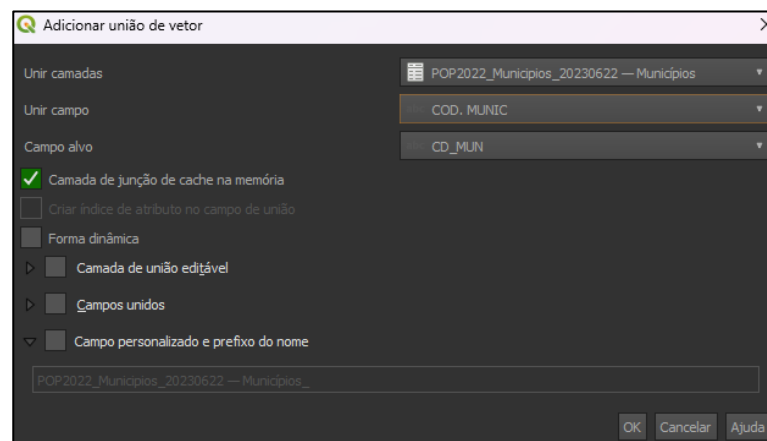
Fonte: Elaborada pelos autores, 2024.

Os seguintes passos foram adotados para a unificação das tabelas no QGIS:

1. Iniciar o *software* QGIS;
2. Importar as camadas de dados que contêm a tabela e o vetor que se deseja unir. Pode-se fazer isso arrastando e soltando os arquivos diretamente na janela principal do QGIS;
3. Acessar a ferramenta de unir tabela: Ir para o menu Camada > Gerenciamento de Tabelas > Unir atributos por campo;
4. Configurar a união “Adicionar união de vetor” (Figura 15).

É importante lembrar que as tabelas devem ter um campo em comum para que a união seja bem-sucedida. Além disso, é fundamental certificar-se de escolher corretamente os campos de junção, para obter os resultados desejados.






Figura 15 – Junções para Outras Camadas



Fonte: Elaborada pelos autores, 2024.

Foi estabelecida uma padronização na representação gráfica (Quadro 3) que acompanha o mapa. A seleção de cores foi feita para tornar as informações mais compreensíveis, facilitando, assim, a interpretação dos dados apresentados.

Quadro 3 – Padronização de Cor

<b>Padrão de cor</b>	<b>Cidade</b>
	Pequeno I
	Pequeno II
	Média
	Grande
	Metrópole

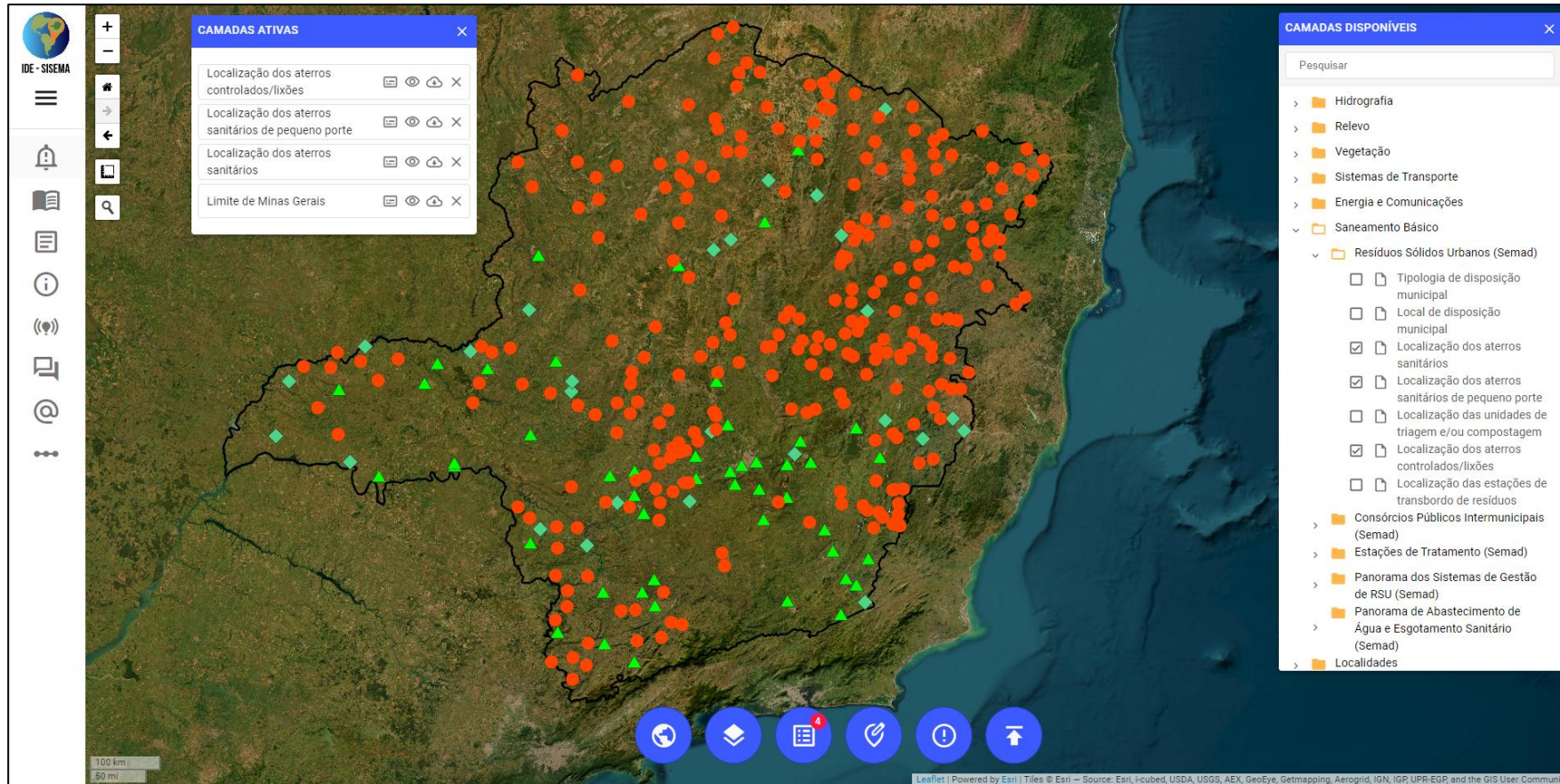
Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Essa padronização cromática categoriza os municípios conforme o porte populacional, de acordo com a classificação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). As definições demográficas adotadas são as seguintes:

- Pequeno I: até 20 mil habitantes;
- Pequeno II: entre 20 mil e 50 mil habitantes;
- Médio: de 50 mil a 100 mil habitantes;
- Grande: de 100 mil a 900 mil habitantes;
- Metrópole: com mais de 900 mil habitantes.

Para contextualizar as comparações com os dados censitários, torna-se fundamental considerar as informações relativas ao saneamento básico, especialmente no que se refere à disposição final dos resíduos sólidos urbanos. Esses dados foram obtidos a partir da Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE-Sisema), conforme demonstrado a seguir (Figura 16).

Figura 16 – Camadas Escolhidas para Exportação de Dados



Fonte: Interface: IDE-SISEMA, 2024.

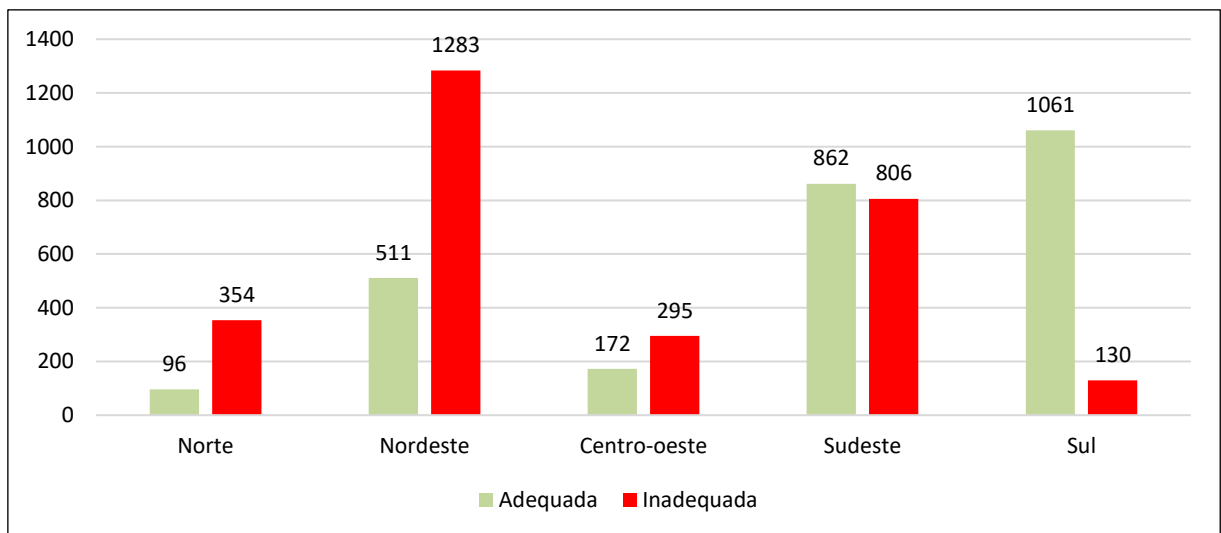
Com essa abordagem, torna-se possível a criação de um mapa temático que represente as informações geográficas de forma mais clara e acessível ao leitor. Os resultados obtidos e suas respectivas discussões são apresentados a seguir.

## 2.5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta seção reforça a influência da dinâmica populacional no desafio da gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no Brasil, com ênfase na destinação final dos resíduos no estado de Minas Gerais.

Para aprofundar a análise, é relevante apresentar a pesquisa realizada pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), que, em 2021, cruzou dados nacionais sobre a destinação dos RSU, classificando-a conforme os locais de destinação: adequada ou inadequada. A Figura 17 sistematiza essas informações.

Figura 17 - Disposição Final de RSU no Brasil 2021 e Regiões, por Tipo de Destinação



Fonte: Adaptado ABRELPE, 2024.

Os dados apresentados evidenciam deficiências significativas nas políticas de gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no Brasil. Embora a Região Sudeste apresente uma ligeira predominância de destinações adequadas, um número expressivo de locais ainda enfrenta destinação inadequada, posicionando-se atrás apenas da Região Nordeste. Esse cenário demonstra que, mesmo em uma área historicamente caracterizada por altos índices de renda, infraestrutura consolidada e densidade urbana elevada, a gestão dos resíduos sólidos continua a enfrentar desafios estruturais. Assim, torna-se essencial aprimorar a identificação de áreas aptas para a implantação de aterros sanitários, garantindo um planejamento territorial mais eficiente e um dimensionamento adequado da infraestrutura, para promover uma destinação mais sustentável e ambientalmente responsável.

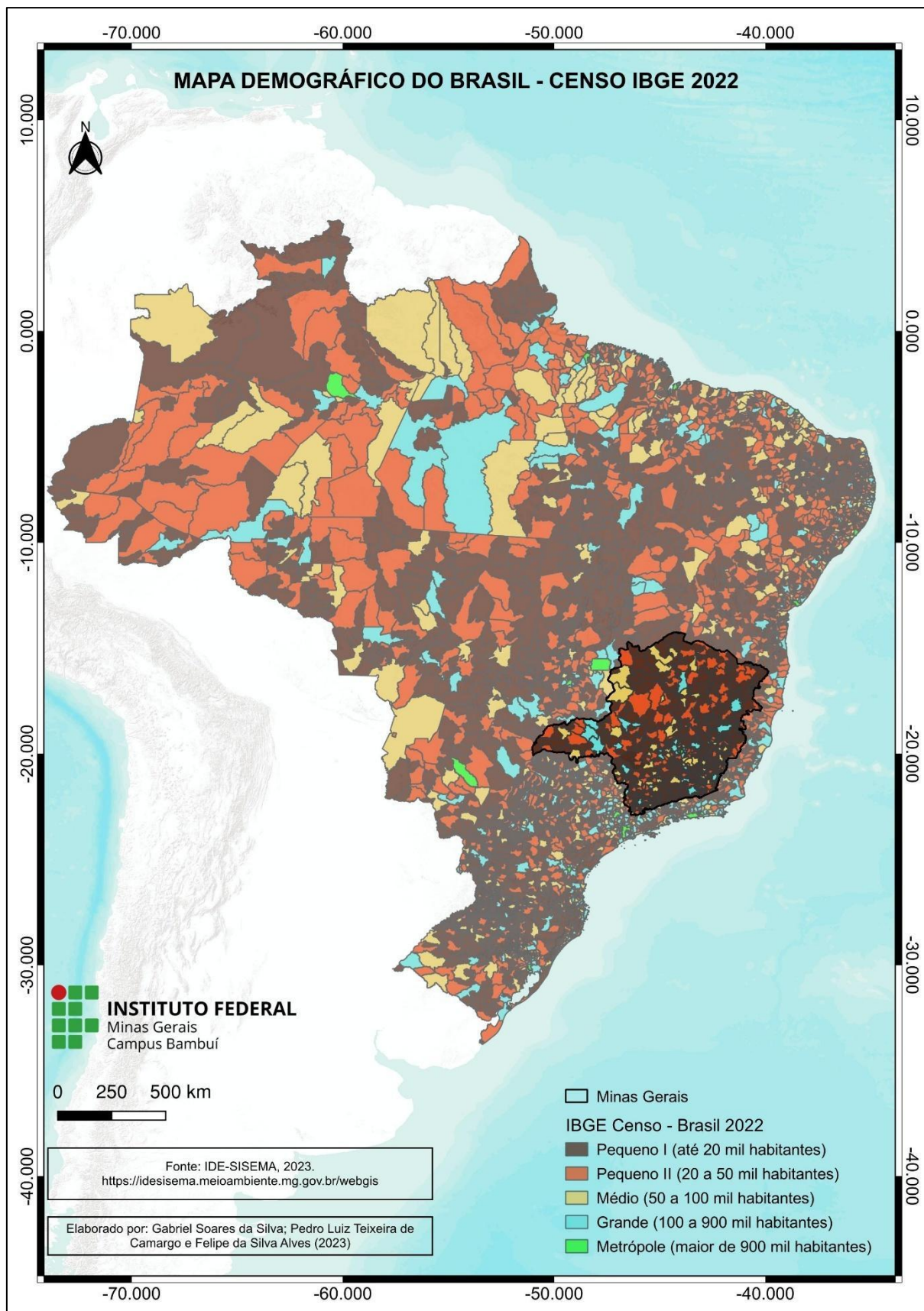
Esses desafios estão profundamente ligados ao histórico de negligência na gestão territorial e no controle fundiário no Brasil. A ausência de políticas eficazes ao longo do tempo

contribuiu para acentuar as desigualdades sociais, culturais e econômicas, consolidando um cenário de exclusão que ainda persiste. O êxodo rural é um reflexo direto desse processo, uma vez que políticas elitistas desconsideraram as condições de vida no campo, incentivando a migração para os centros urbanos e aprofundando as disparidades regionais (GOMES *et al.*, 2021).

A história das municipalidades revela a intenção de consolidar um Brasil agrário voltado à produção de nichos eleitorais, favorecendo os interesses das elites políticas (CIOCCARI; PERSICHETTI, 2020). Nesse contexto, vale ressaltar que a sociedade se organiza nos municípios, pois é neles que as demandas da população se concretizam. Afinal, as pessoas não residem na União ou nos Estados, mas nas cidades, que assumem um papel fundamental na formulação e execução de políticas públicas essenciais para a qualidade de vida da população.

A classificação demográfica dos municípios brasileiros está expressa na Figura 18, com os dados do IBGE de 2022.

Figura 18 – Representação Cartográfica do Censo IBGE 2022

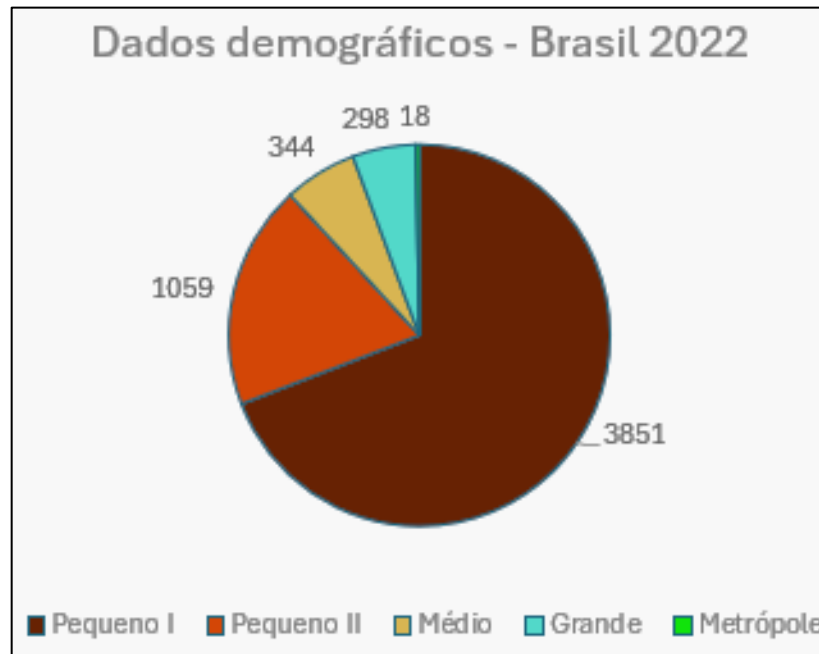


Fonte: Adaptado: IBGE (2022) e IDE-SISEMA (2020). Elaborada pelos autores, 2024.

As cidades classificadas como de pequeno porte desempenham um papel significativo na dinâmica nacional. Como discutido anteriormente, a baixa densidade populacional dessas localidades impacta diretamente nos padrões migratórios.

A figura mencionada apresenta essa realidade de forma cartográfica. Como complemento, a Figura 19 quantifica essas informações graficamente, representando a distribuição das classes demográficas.

Figura 19 – Representação Gráfica do Censo IBGE 2022



Fonte: Adaptado: IBGE (2022) e IDE-SISEMA (2020). Elaborada pelos autores, 2024.

Considerando o resultado apresentado, em 2022, segundo o IBGE, o Brasil possuía 5571 municípios e o Distrito Federal. Dessas localidades, 69,11% são cidades com até 20 mil habitantes (Pequeno porte I), e esse número aumenta para 88,11% quando se trata de cidades com menos de 50 mil habitantes (Pequeno porte II). Nesse contexto, destaca-se a característica interiorana do Brasil. Esse predomínio reflete na sociedade brasileira, com uma densidade de ocupação concentrada nas grandes cidades e metrópoles, que representam apenas 5,67% do país.

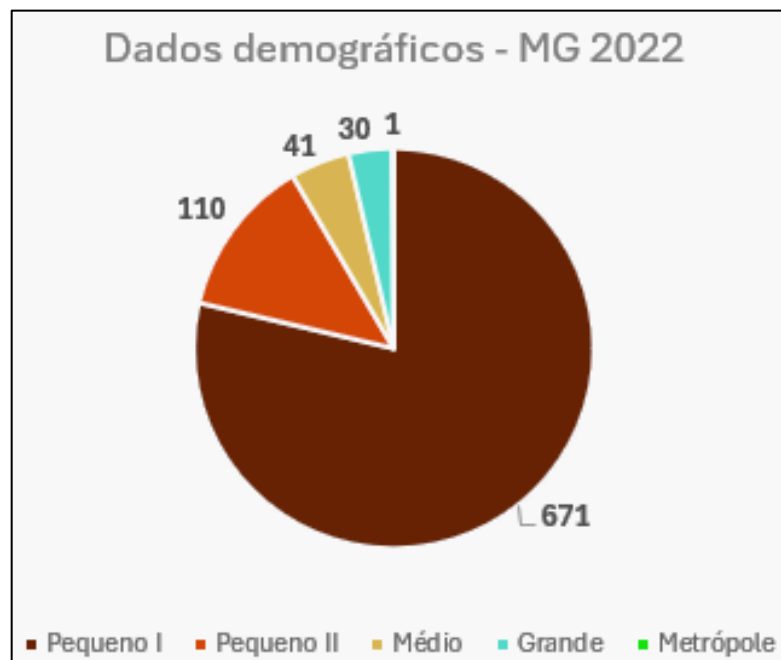
Dito isso, quando se discute desenvolvimento no Brasil, fala-se sobre a importância do fortalecimento das cidades pequenas, incluindo: saneamento básico, infraestrutura, economia e equidade social.

Nesse cenário, especificamente em Minas Gerais, a história do estado está ligada ao agrarismo e à exploração de minérios. Esses pilares fundamentais moldaram não apenas a

economia, mas também a política da região. Os períodos históricos mostram os interesses das elites agrárias e das indústrias extrativistas que dominam o cenário político, influenciando diretamente as cidades (CIOCCARI; PERSICHETTI, 2020).

Os dados demográficos do Censo IBGE 2022 revelam padrões populacionais em Minas Gerais que se assemelham ao panorama nacional. Os resultados mostram que 78,6% dos municípios de Minas Gerais têm uma população inferior a 20 mil habitantes (Figura 20).

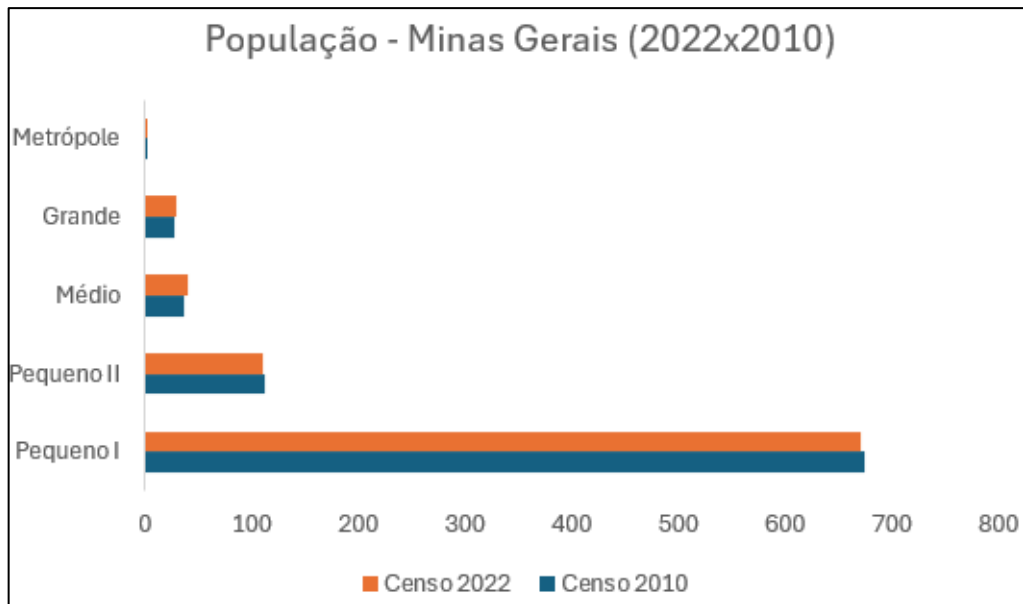
Figura 20 – Representação Gráfica do Censo IBGE Minas Gerais 2022



Fonte: Adaptado: IBGE (2022) e IDE-SISEMA (2020). Elaborada pelos autores, 2024.

Os dados gerados apontam um agravamento devido à tendência de aumento populacional nas cidades de médio a grande porte. O gráfico apresentado compara os dados do IBGE (2022) x IBGE (2010) e mostra uma tendência na redução de cidades de pequeno porte I e II, enquanto há um crescimento dos municípios de médio e grande porte.

Figura 21 – Censo IBGE Minas Gerais 2022 x 2010



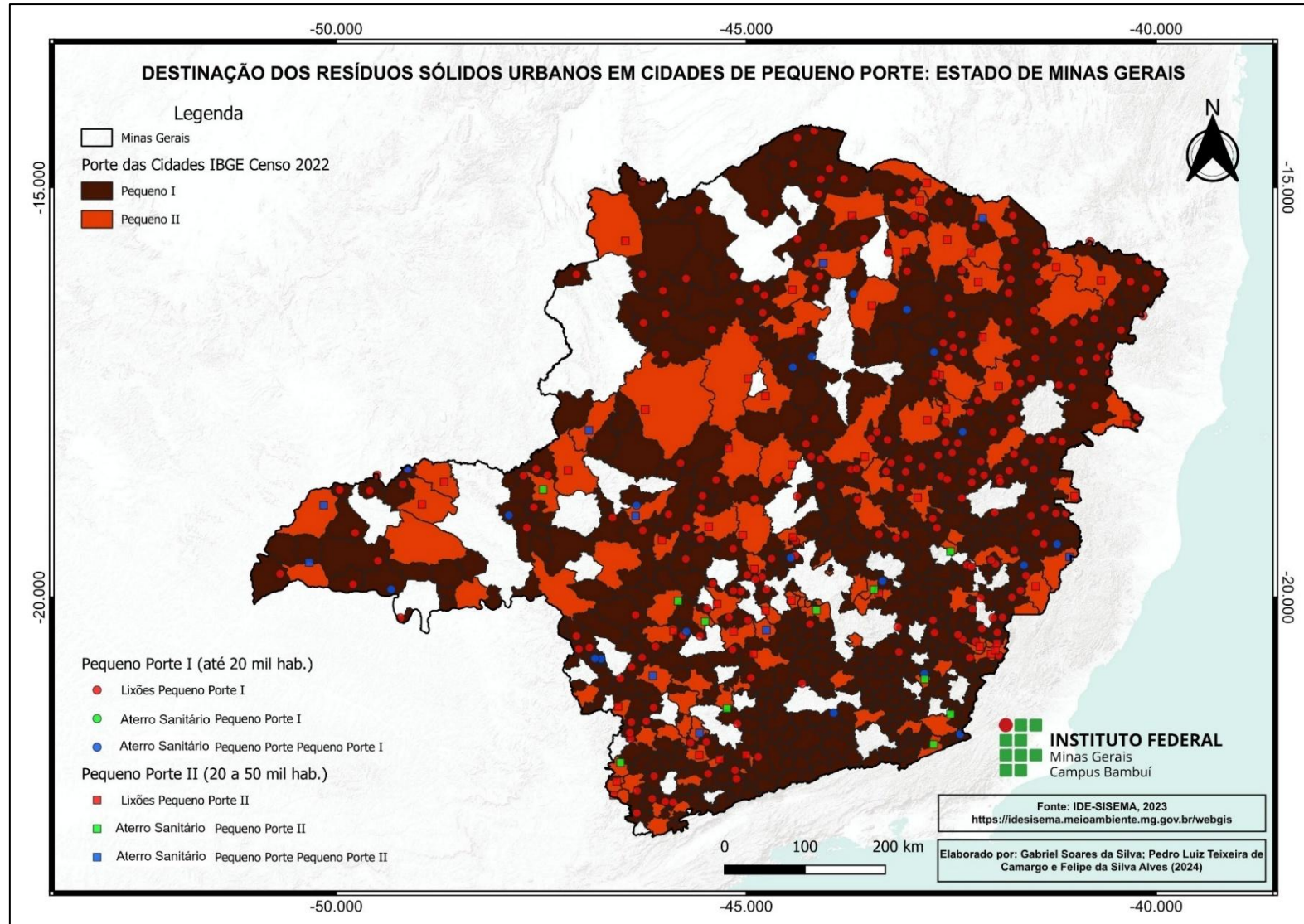
Fonte: Adaptado: IBGE (2022). Elaborada pelos autores, 2024

Essa tendência foi analisada por Milton Santos em suas obras, particularmente em "A Urbanização Brasileira", de 1993, na qual descreve que, além das cidades metropolitanas, surge o desenvolvimento de cidades intermediárias ao lado de centros urbanos locais, refletindo um fenômeno contemporâneo de metropolização.

Essa lacuna criada pela urbanização das metrópoles e pela baixa ocupação nas cidades de menor porte contribui para uma deficiência na gestão de GRSU, devido aos motivos mencionados anteriormente.

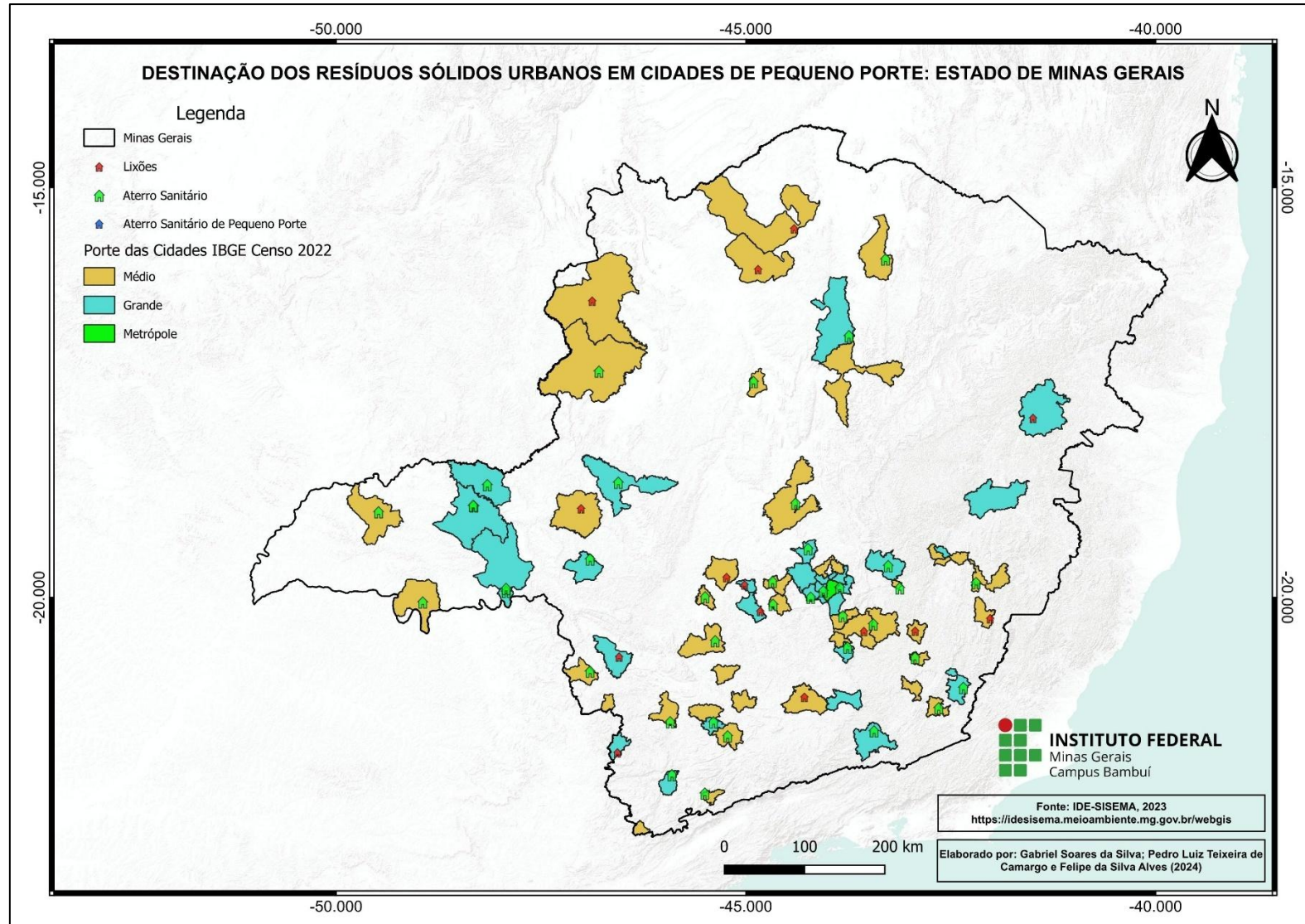
Utilizando o recurso cartográfico, foi possível representar os dados de destinação final dos resíduos sólidos urbanos para cidades de pequeno porte, na Figura 22. Em contrapartida, as cidades classificadas como médias, grandes e metrópoles apresentam um número significativo de aterros sanitários, conforme representado na Figura 23.

Figura 22 – Destinação dos RSU em Cidades de Pequeno Porte – Mapa I



Fonte: Adaptado: IBGE (2022) e IDE-SISEMA (2020). Elaborada pelos autores, 2024.

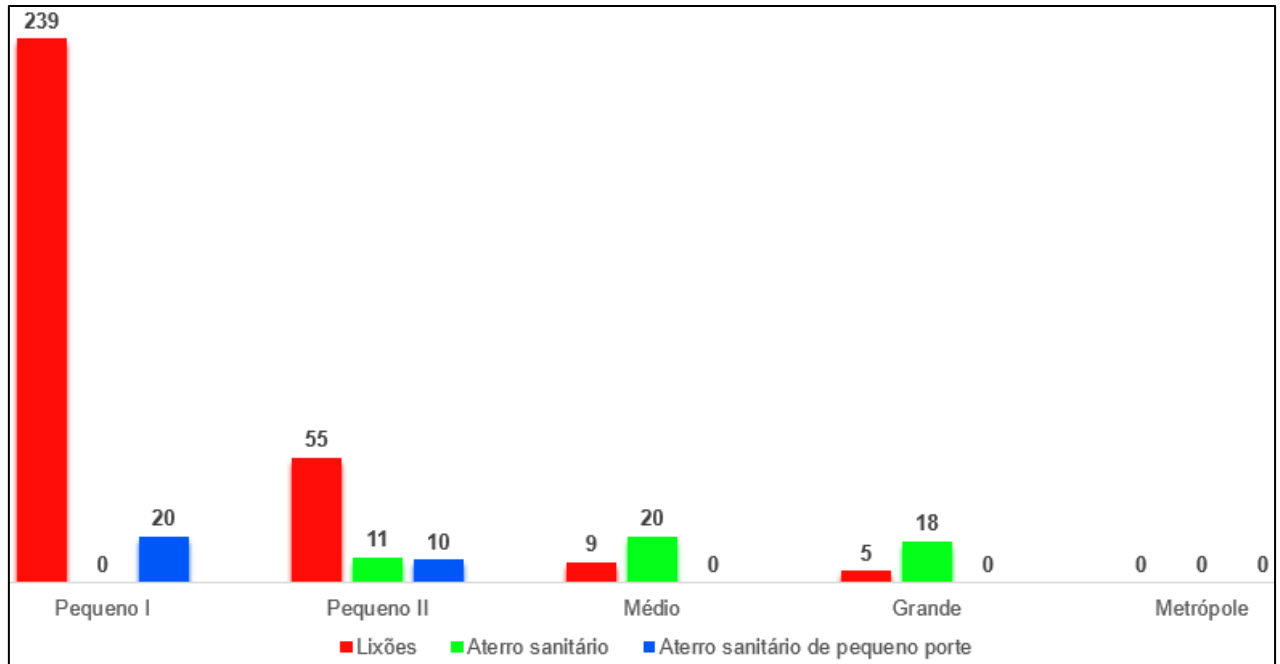
Figura 23 – Destinação dos RSU em cidades de porte: médio, grande e metrópole – Mapa - II



Fonte: Adaptado: IBGE (2022) e IDE-SISEMA (2020). Elaborada pelos autores, 2024.

Para discorrer de forma mais concisa sobre os resultados obtidos, o gráfico representado na Figura 24 complementa, quantificando e categorizando os três tipos de destinação para os RSU.

Figura 24 – Destinação dos RSU em Minas Gerais



Fonte: Adaptado: IBGE (2022) e IDE-SISEMA (2020). Elaborada pelos autores, 2024.

Os resultados apresentados evidenciam a continuidade da disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos (RSU), refletindo a persistência de práticas ineficazes, apesar das constantes prorrogações dos prazos federais para o fechamento dos lixões. Esse problema é particularmente acentuado nas cidades de pequeno porte, que, geralmente, recebem menos investimentos públicos. Em Minas Gerais, dos 308 lixões ativos, 294 estão localizados em municípios de pequeno porte (SEMAD, 2021). A questão da disposição inadequada de resíduos reflete as desigualdades sociais e as escolhas políticas que impactam diretamente o bem-estar coletivo. Nos últimos 20 anos, o Brasil avançou legislativamente com a implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos e a criação de consórcios públicos, mas ainda persiste uma lacuna significativa entre a escolha do local e a efetiva implementação, com deficiências na capacitação técnica dos municípios.

Em Minas Gerais, apesar do alto número de consórcios públicos intermunicipais, que demonstram um esforço coletivo para a gestão dos resíduos sólidos, ainda falta um estudo geográfico abrangente que oriente eficazmente as ações dessas iniciativas. A ausência de um

planejamento técnico sólido e detalhado compromete a implementação de soluções adequadas, pois as decisões sobre a destinação de resíduos não são sempre baseadas em dados geoespaciais. Como resultado, a gestão de resíduos, em muitos municípios continua fragmentada, e a destinação inadequada de resíduos, como lixões e aterros controlados, permanece um desafio crítico. Embora o geoprocessamento seja uma ferramenta poderosa para identificar áreas adequadas para a disposição de resíduos, ele precisa ser acompanhado de um planejamento estratégico que leve em conta a realidade local, as características ambientais e a infraestrutura disponível. A falta de integração entre os dados técnicos e as políticas públicas locais limita a efetividade dos consórcios, dificultando a criação de soluções sustentáveis e escaláveis. Dessa forma, um estudo geográfico abrangente se torna essencial, não apenas para otimizar a gestão de resíduos, mas também para garantir o uso eficiente dos recursos e minimizar os impactos ambientais.

O próximo capítulo avança nesse sentido, utilizando o geoprocessamento para identificar áreas adequadas à destinação correta dos resíduos sólidos, com o objetivo de democratizar e facilitar a replicação desses estudos em outras localidades, promovendo uma gestão mais eficiente e sustentável. Além disso, é fundamental que os municípios de pequeno porte, que enfrentam desafios significativos na gestão de resíduos, adotem soluções integradas.

Essas soluções devem envolver não apenas o uso de tecnologias avançadas, como o geoprocessamento, mas também a implementação de políticas públicas robustas e a colaboração entre as esferas municipal, estadual e federal. O fortalecimento da capacidade técnica local, por meio de capacitação e suporte, é essencial para garantir que as soluções propostas sejam aplicadas de maneira eficaz e sustentável. O próximo capítulo buscará aprofundar a análise sobre como essas ferramentas de geoprocessamento podem ser aliadas a uma estratégia mais ampla de gestão de resíduos, enfatizando a importância de envolver a sociedade, os gestores públicos e os setores privados para alcançar uma gestão mais equitativa e eficiente. Espera-se que os resultados obtidos neste estudo não apenas melhorem a gestão de resíduos em Minas Gerais, mas também sirvam como modelo para outras regiões do Brasil.

## CAPÍTULO III – GEOPROCESSAMENTO APLICADO PARA DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: TÉCNICA E APLICAÇÃO

### 3.1 INTRODUÇÃO

Em âmbito nacional, a Comissão de Estudo Especial Temporária de Resíduos Sólidos (ABNT/CEET-00:001.34) elaborou, em 2002, um documento para a caracterização dos resíduos sólidos conforme sua natureza, contribuindo para práticas de descarte mais adequadas (NBR 10004:2004, 2004). Apesar desse avanço normativo, a implementação de soluções efetivas para a destinação de resíduos sólidos ainda enfrenta desafios significativos, sobretudo nas etapas finais (BLASIUS, 2023).

No gerenciamento de resíduos sólidos, a destinação final é a fase que encerra o processo, sendo responsável por acomodar de forma definitiva todos os resíduos classificados conforme a ABNT NBR 10004:2004 (como mencionado no capítulo 2.3.3 - Norma Brasileira (NBR) 10004 – Resíduos Sólidos).

Todavia, a caracterização dos resíduos, embora essencial, não assegura sua destinação correta, pois o Brasil ainda enfrenta a predominância de lixões<sup>14</sup> e aterros controlados<sup>15</sup>.

Para oferecer suporte às gestões municipais e promover uma destinação ambientalmente correta, foi criada a Lei Federal n.º 12.305, de 2 de agosto de 2010. Essa legislação institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, com o objetivo de estabelecer diretrizes para uma gestão integrada, visando, entre outras metas, a erradicação dos lixões em todo o país.

Contudo, a persistência de práticas inadequadas, como os lixões, evidencia a dificuldade de alinhar a gestão local às diretrizes nacionais, especialmente nos municípios de pequeno porte. Essa situação decorre da complexidade em desenvolver métodos otimizados que apoiem os gestores públicos e reduzam as incertezas na escolha de locais adequados para a destinação dos resíduos, bem como viabilização econômica.

É nesse contexto que o geoprocessamento se destaca como uma ferramenta de suporte essencial, auxiliando no processo de seleção de áreas ideais para a implantação de

---

<sup>14</sup> Lixões: Depósitos a céu aberto (FERNANDES, 2021).

<sup>15</sup> Aterros Controlados: Estágio intermediário entre os lixões e os aterros sanitários (medida ambientalmente correta) (FERNANDES, 2021).

aterros sanitários. Essa abordagem utiliza SIG, lógica booleana, modelos matemáticos e bases cartográficas digitais para otimizar a seleção de áreas para aterros sanitários (BLASIUS, 2023; ELKHRACHY, 2022).

Embora exista uma aplicação, de certo modo, global, como demonstrado por Percy e Marisol (2022) em Azángoro, Peru; Elkhachy (2022) em Najran, Arábia Saudita; e Macalam (2023) em Butuan, Filipinas, a escolha da classificação depende de uma avaliação dos aspectos locais.

Assim, a caracterização para a tomada de decisão torna-se específica para cada região, o que representa um desafio real em cidades de pequeno porte, devido às limitações técnicas e financeiras. Em virtude disso, este trabalho se concentrou na elaboração de insumos cartográficos, visando à pré-seleção de áreas adequadas para a implementação de aterros sanitários na região Centro-Oeste de Minas Gerais.

O local selecionado para o desenvolvimento deste estudo abrange parte das bacias hidrográficas do Alto São Francisco e do Médio Rio Grande, de significativa relevância ambiental, social e econômica para o Brasil. A área é gerida por um consórcio intermunicipal que integra municípios pertencentes a essas bacias, possibilitando a cooperação em contratos, convênios e licitações (SANTOS *et al.*, 2021).

Essa gestão compartilhada visa otimizar recursos e atender a um maior número de habitantes. O Consórcio Intermunicipal da Serra da Canastra, Alto São Francisco e Médio Rio Grande (CICANASTRA) envolve os seguintes municípios: Medeiros, São Roque de Minas, Vargem Bonita, Piumhi, Doresópolis, Capitólio, Pimenta e Córrego Fundo (Figura 25).

Figura 25 – Localização geográfica do consórcio CICANASTRA.



Fonte: Adaptado IDE-SISEMA, 2022. Elaborada pelos autores, 2024.

Os dados exibidos no mapa Figura 24 serviram como base para a geração dos resultados, apresentando-se estruturados em dois formatos principais: vetorial e raster. O formato vetorial representa informações espaciais por meio de pontos, linhas e polígonos com atributos associados, enquanto o formato raster utiliza uma grade de células ou pixels, adequado para superfícies contínuas e fenômenos distribuídos, como altitude e uso do solo (CÂMERA; ORTIZ, 1998).

A integração e a análise desses dados são baseadas nos princípios da lógica booleana, fundamental para a combinação de critérios e a construção de modelos espaciais. Desenvolvida por George Boole (1847), essa lógica opera por meio de funções básicas, como "E" (AND), "OU" (OR) e "NÃO" (NOT), permitindo a aplicação de condições em diferentes camadas de dados. No formato raster, por exemplo, essas operações podem ser realizadas em calculadoras, avaliando os valores dos pixels conforme critérios predefinidos. Já no formato vetorial, a lógica booleana é aplicada por meio de operações geométricas, como interseções, uniões e diferenças espaciais.

Essa metodologia é eficaz na análise de dados espaciais, auxiliando na resolução de problemas que envolvem múltiplas restrições ou critérios, como a seleção de áreas adequadas para determinadas atividades. Por meio da lógica booleana, é possível integrar variáveis como declividade, uso do solo, proximidade a corpos d'água e limites legais, garantindo um processo analítico estruturado e replicável. Sua simplicidade e eficiência tornam essa abordagem essencial para o processamento de grandes volumes de dados, permitindo a combinação de múltiplas variáveis em um modelo único e coeso.

Ao longo deste capítulo, será detalhada a aplicação da lógica booleana na análise dos dados, demonstrando como essa técnica contribui para a obtenção de resultados fundamentados em critérios bem definidos.

### **3.2 OBJETIVO DO CAPÍTULO**

O presente capítulo tem como objetivo caracterizar a área de estudo por meio de técnicas de geoprocessamento, visando à representação de dados espaciais e à identificação da região mais adequada para a implantação de um aterro sanitário de classe II-A e B<sup>16</sup>. Para isso,

---

<sup>16</sup> Classe II-A: Destinada a resíduos não inertes, que possuem propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água, mas não apresentam periculosidade (como toxicidade ou inflamabilidade) (ABNT NBR 10004, 2004).

Classe II-B: Recebe resíduos inertes, que não sofrem alterações físicas, químicas ou biológicas significativas em contato com água ou outras substâncias, mantendo-se estáveis por longos períodos (ABNT NBR 10004, 2004).

foram aplicadas metodologias que possibilitam a análise territorial e a seleção criteriosa dos locais, resultando na geração de um mapa cartográfico com as áreas indicadas para a destinação final dos resíduos sólidos urbanos.

### **3.3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.3.1 Geoprocessamento: ferramenta para identificação de áreas adequadas**

A análise territorial realizada pelos primeiros grupos humanos possibilitou a identificação de locais seguros para moradia, mesmo antes da formalização da geografia como disciplina científica. No entanto, já estavam presentes os princípios fundamentais que, posteriormente, serviriam de base para a geografia moderna (SILVA; VIEIRA, 2014; MORAES, 2000).

Neto (1988) menciona os progressos geográficos associados aos movimentos migratórios no Mar Mediterrâneo, incluindo a expansão territorial dos egípcios, babilônios, fenícios, gregos e romanos, que se basearam na cartografia para delinear as fronteiras do antigo Oriente Médio e Europa.

O aperfeiçoamento da técnica, para Silva; Viera (2014), tem relações com as necessidades do modelo econômico mercantil, que incrementou técnicas cartográficas, as quais financiaram as expansões territoriais, marítimas e fluxos de mercadorias.

As invasões territoriais da África, da Ásia e da América repartiram territórios, fragmentaram povos e iniciaram uma nova forma social e econômica. Como observa Neto (1988, p.184), “desta forma, a paisagem geográfica terrestre conhecida já estava explorada pelo homem antes mesmo que os engenhos tecnológicos ultramodernos, como os satélites artificiais”.

Bolfe *et al.* (2008) citam que, na década de 1950, pós II Guerra Mundial, iniciou-se um desenvolvimento de técnicas aperfeiçoadas para representar a superfície terrestre, nos Estados Unidos, buscando “reduzir os custos de produção e manutenção de mapa” (CÂMARA; DAVIS, 1999, p.2). Ainda que incipiente, os primeiros passos dados conduziram para estudos mais aprofundados na década de 1960.

Assim, o advento dos recursos computacionais possibilitou automatizar o processamento de dados com informações geográficas. Já na década de 1970, novos princípios

matemáticos direcionados à Cartografia impulsionaram a popularização dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG)<sup>17</sup> (BOLFE *et al.*, 2008).

A evolução dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e o avanço das imagens de satélite deram origem ao conceito de geoprocessamento, permitindo a manipulação de dados espaciais<sup>18</sup> em um ambiente computacional (CÂMERA; ORTIZ, 1998, CAMARGO, 2018).

Com a integração dos satélites artificiais ao SIG, surgiu uma nova ferramenta de controle e análise territorial. No Brasil, a introdução do geoprocessamento ocorreu em 1982, sob a liderança do Professor Jorge Xavier da Silva, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

Câmara (1996, p. 5) cita que (naquela época): “nossos procedimentos de gestão territorial são incipientes e nosso processo de planejamento nem sempre está baseado em análises solidamente embasadas”.

Por outro lado, a necessidade de estudar o espaço territorial é uma exigência porque cada vez mais os investimentos crescem ocupando espaços naturais e histórico-culturais (LADWIG, 2013, p. 208).

Dessa forma, a gestão territorial passou a contar com o auxílio do geoprocessamento, e os tipos de aplicações se difundem com as seguintes características (Quadro 4):

Quadro 4 – Setores de Aplicação do Geoprocessamento

Setor	Aplicação	Uso	Funções
Cadastral	Cadastro Multifinalitário Rural e Urbano	Prefeituras	Banco de dados espaciais
Cartografia automatizada	Mapeamento básico e temático	Instituições públicas ou privadas	Produção de mapas
Ambiental	Agricultura, Meio Ambiente, Ecologia e Planejamento Regional	Instituições públicas ou privadas	Gerenciamento e conversão de dados cartográficos, modelagem de terreno, processamento de imagens e produção de mapas
Concessionárias/Redes	Água, Energia Elétrica, Telefonia	Concessionárias de serviços	Bancos de dados relacionais
Planejamento Rural	Planejar a produção e distribuição de produtos	Empresas agropecuárias	Bancos de dados relacionais e a capacidade de adaptação
<i>Business Geographic</i>	Distribuir equipes de vendas e promoção ou localizar novos nichos de mercado	Empresas	Bancos de dados espaciais para fins de planejamento de negócios

Fonte: Adaptado: Câmara e Ortiz, 1998.

<sup>17</sup> “Um SIG é constituído por um conjunto de "ferramentas" especializadas em adquirir, armazenar, recuperar, transformar e emitir informações espaciais” (CÂMERA; ORTIZ, 1998, p.1).

<sup>18</sup> Refere-se à aplicação dos conceitos de espaço ou características espaciais (ESRI, 2024).

O desenvolvimento das tecnologias de geoprocessamento permite o controle e o direcionamento das atividades humanas relacionadas ao uso da terra, viabilizando a avaliação de aptidões territoriais e aspectos legais, sociais e econômicos (BIANCHINI; OLIVEIRA, 2019).

Os autores ressaltam que o uso de ferramentas de análise espacial simplifica o processo decisório, pois possibilita a integração de múltiplas variáveis, priorizando alternativas e atribuindo pesos conforme sua relevância para o estudo.

Com o aprimoramento dos programas computacionais, essas técnicas foram gradualmente democratizadas, proporcionando um ambiente SIG em *softwares* de geoprocessamento<sup>19</sup> que permitem “analisar, localizar, organizar, manipular e gerenciar todos estes elementos de ordem espacial” (LADWIG, 2013, p.211).

Dito isso, o emprego do geoprocessamento viabiliza a avaliação da adequação do solo. Sua versatilidade e eficácia são evidenciadas em diversas áreas, como na seleção de locais para a instalação de aterros sanitários, no cultivo de café e no plantio de soja (ROCHA, 2021; DUTRA, 2019; FERREIRA *et al.*, 2021).

Para cada aplicação específica, a determinação da aptidão do solo é condicionada a critérios técnicos de classificação. No caso deste estudo, que envolve a destinação de resíduos sólidos urbanos, a definição das áreas adequadas exige a aplicação de parâmetros normativos e a realização de interpolações que permitam a identificação do local ideal para essa finalidade.

Aguiar (2022) destaca que a NBR 13896:1997, juntamente com as legislações federais, estaduais e municipais, estabelecem diretrizes para a localização apropriada de aterros sanitários, considerando fatores como topografia, geologia, disponibilidade de recursos hídricos, distância mínima dos centros urbanos, vida útil mínima de 10 anos, acessibilidade para veículos e transporte de resíduos, além do uso e ocupação do solo.

### **3.3.2 Aterros Sanitários: critérios técnicos para classificação**

A escolha de um local para a implantação de um aterro sanitário representa um grande desafio, principalmente devido à distribuição desigual do solo e à escassez de áreas adequadas que estejam afastadas dos centros urbanos (MANUAL DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 2001). Para isso, realiza-se uma análise preliminar baseada em dados secundários provenientes de bases governamentais, com o objetivo de

---

<sup>19</sup> Destaca-se que, nesse projeto, optou-se pelo uso do *software* livre QGIS.

identificar locais viáveis para a instalação do aterro. Esse processo permite a elaboração de um plano de ação alinhado às diretrizes do Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos, desenvolvido pelo Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAM), e da NBR 13.896/1997. A seleção inicial das áreas disponíveis é realizada com base nos seguintes critérios técnicos (Quadro 5):

Quadro 5 – Critérios Técnicos para Seleção de Área Adequada para Aterro Sanitário

CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS - NBR 13.896/1997		
CRITÉRIOS	DESCRIÇÃO	APLICAÇÃO/JUSTIFICATIVA
Topografia	A topografia é essencial na escolha do método construtivo e nas obras de terraplenagem. Locais com declividade entre 1% e 30% são recomendados.	Aplicado. Dados cartográficos permitem uma análise detalhada e precisa da superfície, fornecendo informações sobre a topografia, como relevo, declividade e elevações.
Geologia e pedologia	A análise geológica e do solo é crucial para avaliar a capacidade de depuração e a velocidade de infiltração. Áreas com depósitos homogêneos e permeabilidade inferior a $10^{-6}$ cm/s, além de uma zona não saturada com espessura superior a 3 metros.	Não Aplicado. As informações pedológicas e geológicas disponibilizadas por IDE apresentam caráter estimativo, cabendo a validação dos dados reais exclusivamente por meio de análise <i>in loco</i> .
Nível do lençol freático	Deve existir uma camada natural de solo insaturado com espessura mínima de 1,50 metro entre a base do aterro e o nível máximo do lençol freático. Esse nível deve ser medido durante o período de maior precipitação pluviométrica na região.	Não Aplicado. Para obter dados precisos e confiáveis sobre o solo, é essencial realizar sondagens ou ensaios geotécnicos, avaliando propriedades como permeabilidade, composição e capacidade de suporte.
Recursos hídricos	Deve-se garantir que o aterro não impacte a qualidade das águas superficiais e subterrâneas. A localização deve respeitar uma distância mínima de 200 metros de corpos hídricos.	Aplicado. O sensoriamento remoto permite identificar e mapear com precisão a localização dos corpos hídricos.
Vegetação	A vegetação local é avaliada por sua capacidade de reduzir erosão, formação de poeira e transporte de odores, atuando favoravelmente na escolha da área.	Aplicado. A metodologia de interpolação não considera diretamente a quantificação da vegetação; contudo, há uma limitação em desconsiderar áreas com grandes extensões de vegetação nativa.
Acessos	O acesso ao aterro é crucial, considerando que será utilizado continuamente durante toda a operação.	A restrição de acesso será definida pela área não edificante, considerando também a proximidade de acessos viários para facilitar o transporte de veículos pesados.
Tamanho e vida útil	A dimensão disponível e a vida útil do aterro devem ser planejadas conjuntamente, sendo recomendada uma vida útil mínima de 10 anos.	Aplicado. O dimensionamento do aterro sanitário foi planejado para ocupar uma área mínima de 3 hectares, com uma vida útil estimada de 30 anos de operação.
Custos	Os custos variam conforme o tamanho e o método construtivo do aterro. Um cronograma físico-financeiro é essencial para avaliar a viabilidade econômica do projeto.	Projetos de viabilidade econômica serão executados após escolha física da área de implementação.
Distância de núcleos populacionais	É recomendada uma distância mínima de 500 metros entre a área útil do aterro e núcleos populacionais, garantindo segurança e minimizando impactos para a comunidade.	Aplicado. As informações cartográficas possibilitam delimitar manchas urbanas e núcleos populacionais.

Fonte: Adaptado: MANUAL GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 2001 e ABNT NBR 13.896/1997.

Carmo *et al.* (2016) ressaltam a importância de um estudo prévio para a identificação de áreas adequadas à instalação de aterros sanitários. Esse processo deve ser conduzido de maneira criteriosa, considerando aspectos técnicos, socioeconômicos e ambientais (CARVALHO, 2017; BAIERLE *et al.*, 2016).

Nesse contexto, as Geociências fornecem a base teórico-metodológica para estudos preliminares, integrando técnicas como o geoprocessamento (análise espacial em ambiente de SIG) e o sensoriamento remoto (obtenção de dados por satélites ou drones), conforme destacam Fernandes *et al.* (201, p;127):

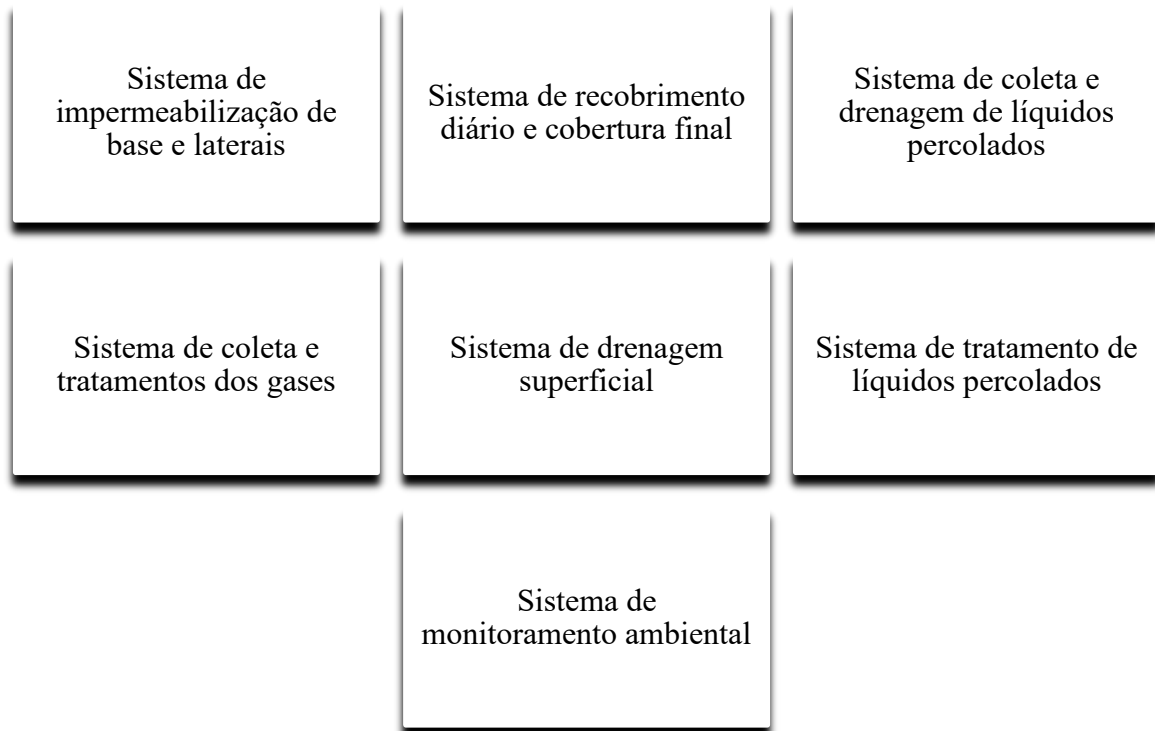
Para instalação dos aterros sanitários, o uso de tecnologias livres e dados gratuitos [...] permite a integração e análise de dados espaciais a partir de múltiplos critérios, auxiliando a tomada de decisão de forma confiável e ágil, reduzindo fatores subjetivos, e com baixo custo quando comparado com os métodos convencionais.

As técnicas mencionadas representam abordagens eficazes para a avaliação dos critérios estabelecidos na seleção da área mais apropriada para a implantação do aterro sanitário.

- **Operação de Aterros Sanitários**

A disposição dos RSU no solo, adequada aos padrões normativos da ABNT NBR 8.419:1992, evita danos ao meio ambiente e à saúde pública. Nos repositórios da FEAM, há uma Cartilha de Orientações para operações de aterros sanitários (Figura 26); tal documento relata que a área de disposição final dos resíduos deve contar com todos os elementos de proteção ambiental (FEAM, 2019).

Figura 26 – Elementos para Criação dos Aterros Sanitários



Fonte: Adaptado: Cartilha de Orientações (FEAM), 2019.

Os cuidados técnicos, iniciando na operação e monitoramento, deverão seguir a ABNT NBR 13.896:1997<sup>20</sup>, que estabelece uma vida útil mínima de 10 anos para aterros sanitários, além de um período de monitoramento adicional de 10 anos após o encerramento das atividades. A implementação, operação e fechamento do aterro são de responsabilidade do administrador público ou privado.

### 3.3.3 Lógica booleana

A lógica booleana, formulada por George Boole, no século XIX, é um sistema matemático que opera com variáveis binárias, assumindo apenas dois valores: verdadeiro (1) e falso (0) (SANTOS, 2024). A álgebra e a lógica aplicadas possibilitam estudos de tomada de decisão em diversas áreas, incluindo o geoprocessamento e a análise espacial (MIRANDA *et al.*, 2019). Segundo o mesmo autor, a lógica booleana se baseia em operações fundamentais, como E (AND), OU (OR) e NÃO (NOT), que correspondem, respectivamente, a: interseção, união e negação. Blasius (2023) destaca que, no geoprocessamento, essas operações são

<sup>20</sup> ABNT NBR – 13896:1997: Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação.

utilizadas para combinar camadas espaciais e atributos, permitindo análises robustas de adequação ou exclusão de áreas.

Cada operação lógica desempenha um papel específico no processo analítico, conforme apresentado no Quadro 6.

Quadro 6 - Representação das Operações Lógicas AND, OR e NOT

Operação Lógica	Condição	Descrição	Aplicação Prática
AND	Todas as condições devem ser verdadeiras	Retorna verdadeiro somente se todas as condições forem atendidas.	Identificar áreas que, simultaneamente, atendem a múltiplos critérios, como estar distante de corpos hídricos E dentro de uma zona permitida.
OR	Pelo menos uma condição deve ser verdadeira	Retorna verdadeiro se qualquer uma das condições for atendida.	Ampliar as possibilidades, como considerar áreas que estão próximas a rodovias OU possuem infraestrutura de transporte adequada.
NOT	Reverte o valor lógico da condição	Retorna verdadeiro para áreas que não atendem a uma determinada condição.	Excluir áreas específicas, como regiões de proteção ambiental ou terrenos inadequados, revertendo a condição inicial para eliminá-los da análise.

Fonte: Adaptado: Santos, 2024.

No campo do geoprocessamento, a lógica booleana é empregada em análises multicritério (MCA), com o objetivo de identificar áreas adequadas ou inadequadas para determinados usos, como demonstrado por Miranda *et al.* (2024) na gestão de conflitos territoriais. Essas análises integram variáveis espaciais de naturezas distintas, como topografia, uso do solo, distâncias e restrições ambientais, por meio de regras booleanas que resultam em mapas temáticos.

A implementação da lógica booleana em *softwares* como QGIS tem facilitado sua adoção, permitindo que grandes volumes de dados espaciais sejam processados de forma automatizada e eficiente, por meio de modelos analíticos configuráveis.

### 3.4 METODOLOGIA

#### 3.4.1 Caracterização do local de estudo

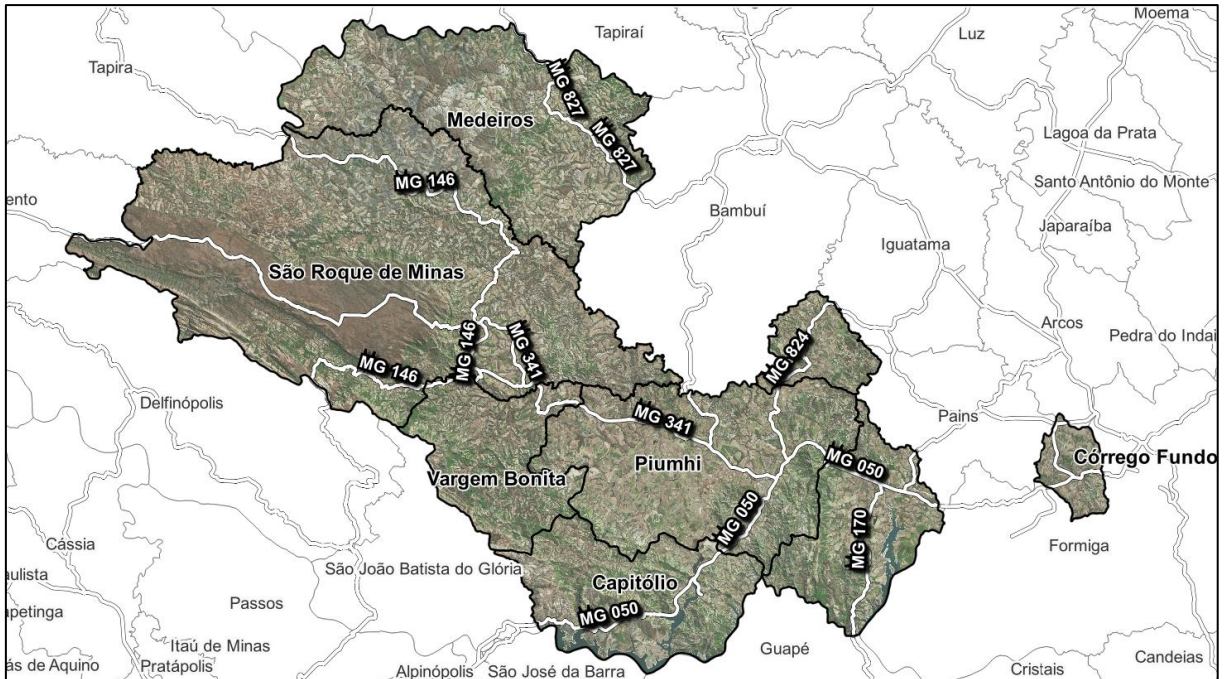
A escolha da região da Serra da Canastra para este estudo justifica-se pela rica biodiversidade e pelos desafios ambientais que ela apresenta. A área abrange o bioma Cerrado, considerado um *hotspot* de biodiversidade devido à sua fauna e flora ameaçadas (OLIVEIRA, 2022). Parte da área do consórcio está localizada dentro do Parque Nacional da Serra da Canastra, uma unidade de conservação de extrema importância para a preservação ambiental. Além disso, o município de Piumhi aprovou recentemente a lei de criação de uma Área de Proteção Ambiental (APA) na divisa com o município de Pimenta, reforçando a relevância ambiental da região. Outro aspecto ambiental é a proximidade com alguns dos principais corpos hídricos do país, Rio São Francisco, Samburá e também o Rio Grande, esse último alimenta a hidrelétrica de Furnas, importante unidade geradora de energia. Esses fatores, ao mesmo tempo que reforçam a relevância da conservação local, impõem restrições significativas na busca por áreas adequadas para a implementação de aterros sanitários, dada a necessidade de evitar impactos ambientais adversos nesses ecossistemas e nas fontes de água.

A preservação e conservação ambiental dessa região dependem de uma compreensão geográfica, permitindo a formulação de políticas públicas eficazes que promovam o desenvolvimento sustentável. Nesse contexto, a cooperação intermunicipal se torna essencial para viabilizar a implementação de ações públicas, como a instalação de aterros sanitários, garantindo a mitigação de impactos ambientais negativos.

No entanto, os municípios que integram esse consórcio intermunicipal são classificados pelo IBGE como cidades de pequeno porte, com população menor que 50 mil habitantes. Essa característica pode resultar em uma capacidade reduzida de arrecadação fiscal, o que limita a alocação de recursos para investimentos em infraestrutura, incluindo a gestão de resíduos sólidos.

Atualmente, o consórcio atende uma população total de 75.786 habitantes, localizado nas coordenadas geográficas do Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS) 2000, na projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), Zona 23, Hemisfério Sul. Corresponde a uma área de 5548.099 km<sup>2</sup>, circundado por 6 rodovias estaduais mineiras MG-146, MG-827, MG-824, MG-170, MG-050 e MG-341, sendo as principais: MG 050 (sentido Belo Horizonte) e MG 341 (sentido São Roque de Minas), conforme exposto na Figura 27.

Figura 27 – Limite Geográfico e Sistema Rodoviário



Fonte: Adaptado: IDE-SISEMA, 2021.

A economia local é marcada pelo predomínio da agropecuária, com destaque para a produção de queijo canastra e a criação de gado (SILVA; CAMARGO; ALVES, 2023). Além disso, Andrade *et al.* (2016) complementam que o ecoturismo tem ganhado espaço, atraindo visitantes em busca das belezas naturais da região, como trilhas, cachoeiras e eventos culturais.

Essas características, juntamente com a crescente valorização da região como destino turístico, influenciam na taxa de crescimento populacional nos municípios do consórcio. Nos últimos anos, a região tem experimentado um aumento gradual na população, pois, de acordo com o IBGE (2022), o crescimento populacional de 2000 para 2022 foi de 17,5%. Essa tendência demográfica é importante, já que pode impactar tanto as dinâmicas sociais quanto a capacidade de gestão dos recursos naturais, exigindo um planejamento cuidadoso para garantir o desenvolvimento sustentável da região.

No entanto, dados do Sistema Nacional de Saneamento (SNIS) de 2021 revelam desafios significativos. O Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos (2021) evidencia a atual situação dos municípios pertencentes ao CICANASTRA, conforme mostrado no Quadro 7, abaixo:

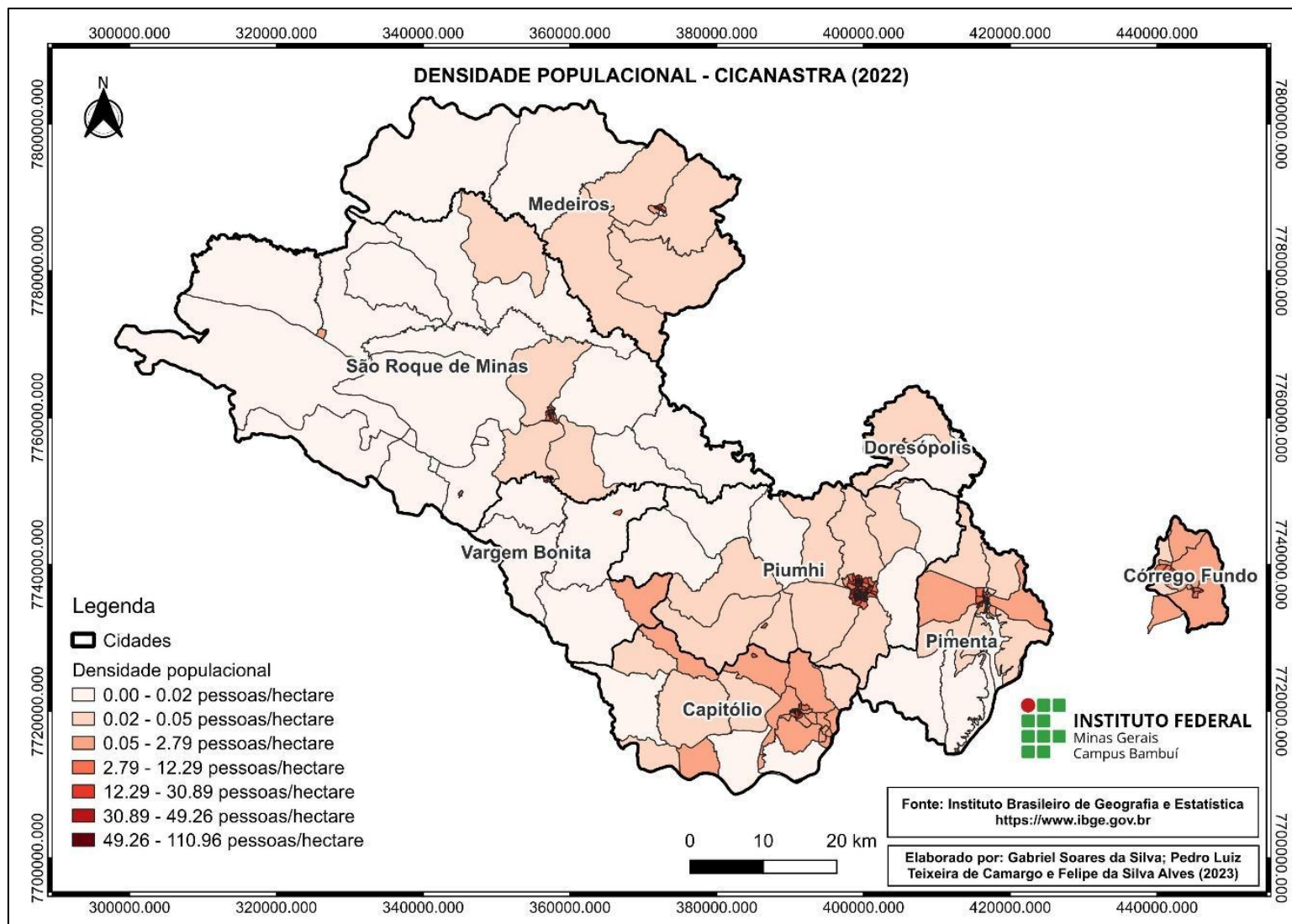
Quadro 7 – Locais de Destinação dos RSU

<b>Cidades</b>	<b>Destinação dos RSU (2021)</b>
Capitólio	Aterro controlado
Córrego Fundo	Aterro sanitário de pequeno porte
Doresópolis	Aterro controlado
Medeiros	Lixão
Pimenta	Aterro controlado
Piumhi	Aterro controlado
São Roque de Minas	Aterro controlado
Vargem Bonita	Lixão

Fonte: Adaptado SNIS (2021).

Levando em consideração a **população atual de 75.786 habitantes**, o volume de resíduo produzido é de **34.425 ton/ano**. Os dados da Tabela 11 mostram que a grande maioria dos resíduos produzidos no CICANASTRA é destinada de maneira ambientalmente inadequada, com exceção de Córrego Fundo, que possui um aterro sanitário de pequeno porte. Para compreender a distribuição dessa população, foi elaborado um mapa de densidade populacional por setores censitários, que se torna uma ferramenta essencial no planejamento e na gestão de resíduos sólidos na região (Figura 28).

Figura 28 – Densidade populacional CICANASTRA (2022)



Fonte: Adaptado IBGE, 2022. Elaborada pelos autores, 2024.

O mapa é constituído pelos setores censitários definidos pelo IBGE (2022), cada um representando uma unidade geográfica em que os dados demográficos são coletados. As cores e a legenda do mapa refletem a densidade populacional de cada setor, gerando as manchas urbanas que demandam atenção em relação à coleta de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU).

Além disso, os serviços públicos de coleta e destinação dos RSU devem atender às condições de crescimento populacional. Segundo a Norma Brasileira NBR 13896/1997, um aterro sanitário deve ter, no mínimo, uma vida útil de 10 anos. Todavia, em Minas Gerais, a Deliberação Normativa COPAM n.º 244, de 27 de janeiro de 2022, estabelece o critério de 15 anos.

Para este estudo, considerou-se uma vida útil de 30 anos para o aterro proposto, período escolhido com base na projeção de crescimento populacional para as próximas três décadas. Esse tempo visa não apenas atender a essa previsão, mas também estender as operações do aterro. Vale ressaltar que, caso o consórcio municipal fosse considerado como uma única cidade, ele seria classificado como de médio porte em 2054, com uma população superior a 100 mil habitantes.

A projeção populacional foi elaborada com base nos dados dos três últimos censos do IBGE (2000, 2010 e 2022), visando à construção de três cenários de crescimento. Os modelos adotados incluem os crescimentos aritmético e geométrico e a taxa decrescente de crescimento, conforme detalhado no Quadro 8:

Quadro 8 – Métodos de Cálculo para Projeção de Crescimento Populacional

Modelo de projeção	Descrição	Fórmula aplicada	Autor
Crescimento aritmético	Abordagem simples para estimar a população futura. Presume-se que a população crescerá a uma taxa constante ao longo do tempo.	$P = P_i + K_a * (t - t_i)$ $K_a = \frac{p_2 - p_1}{t_2 - t_1}$	(TSUTIYA, 2006)
Crescimento geométrico	Considera que a população cresce a uma taxa percentual constante ao longo do tempo. Modelo para áreas urbanas ou semiurbanas em desenvolvimento.	$P = P_i * e^{K_g * (t - t_i)}$ $K_g = \frac{\ln p_2 - \ln p_1}{t_2 - t_1}$	(TSUTIYA, 2006)
Taxa decrescente de crescimento	Modelo de projeção populacional que considera a diminuição gradual da taxa de crescimento ao longo do tempo, relevante em contextos onde a população inicia com crescimento elevado, mas desacelera devido a fatores sociais, econômicos ou ambientais.	$P = P_0 + (P_s - P_0) * [1 - e^{-K_d * (t - t_0)}]$ $P_s = \frac{2 * P_0 * P_1 * P_2 - (P_1^2) * (P_0 + P_2)}{P_0 * P_2 - P_1^2}$ $K_d = \frac{-\ln [(P_s - P_2)/(P_s - P_0)]}{\frac{dP}{dt} = kd * (P_s - P)}$	(QASIM, 1985)
<p><b>P</b> = população estimada no ano; <b>P<sub>i</sub></b> = População inicial; <b>K<sub>a</sub></b>; <b>K<sub>g</sub></b>; <b>K<sub>d</sub></b> = coeficientes; <b>t</b> = ano estimado; <b>t<sub>i</sub></b> = ano inicial; <b>P<sub>0</sub></b>; <b>P<sub>1</sub></b>; <b>P<sub>2</sub></b> = populações nos anos-base <b>t<sub>0</sub></b>; <b>t<sub>1</sub></b>; <b>t<sub>2</sub></b>; <b>P<sub>s</sub></b> = População de saturação; <b>dP/dt</b> = taxa de crescimento da população em função do tempo.</p>			

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Entre os três modelos avaliados, os crescimentos aritmético e geométrico apresentaram baixa variação, enquanto o de taxa decrescente projetou um crescimento populacional elevado ao longo de 30 anos, destoando da realidade local.

O modelo de crescimento geométrico foi adotado por refletir a dinâmica de expansão urbana e o desenvolvimento regional, considerando-se que o crescimento populacional ocorre de forma proporcional ao tamanho da população ao longo do tempo (TSUTIYA, 2006). Essa escolha se baseia na observação de que a ocupação territorial e o avanço urbano seguem um padrão mais uniforme e proporcional, garantindo maior aderência à realidade local e alinhamento com as tendências projetadas (MESSIAS, 2018).

Para esse cálculo, foram consideradas as seguintes variáveis: população global atendida pelo aterro sanitário projetado, definição da vida útil do aterro, produção diária de resíduos com base no padrão de vida da Região Sudeste do Brasil, massa específica dos resíduos sólidos compactados e altura do empilhamento dos RSU.

### 3.4.2 Ordenamento Territorial e Conservação Ambiental: Aspectos Fundamentais

- **Sede, povoado, vila e aglomerado rural**

Por definição da norma NBR 13896:1997<sup>21</sup>, os núcleos populacionais são caracterizados por sua proximidade à sede administrativa e pela presença de moradias ao redor de estruturas como igrejas, capelas e pequenos comércios. Da mesma forma, a Deliberação Normativa COPAM n.º 244, de 27 de janeiro de 2022<sup>22</sup>, menciona, no Art. 1º, inciso III (SIAM, 2022, p. 1), como sendo:

Núcleo populacional: localidade sem categoria de sede administrativa, mas com conjunto de habitações, com características de permanência e independentemente da propriedade do solo, ainda que situado em área qualificada ou inscrita como rural.

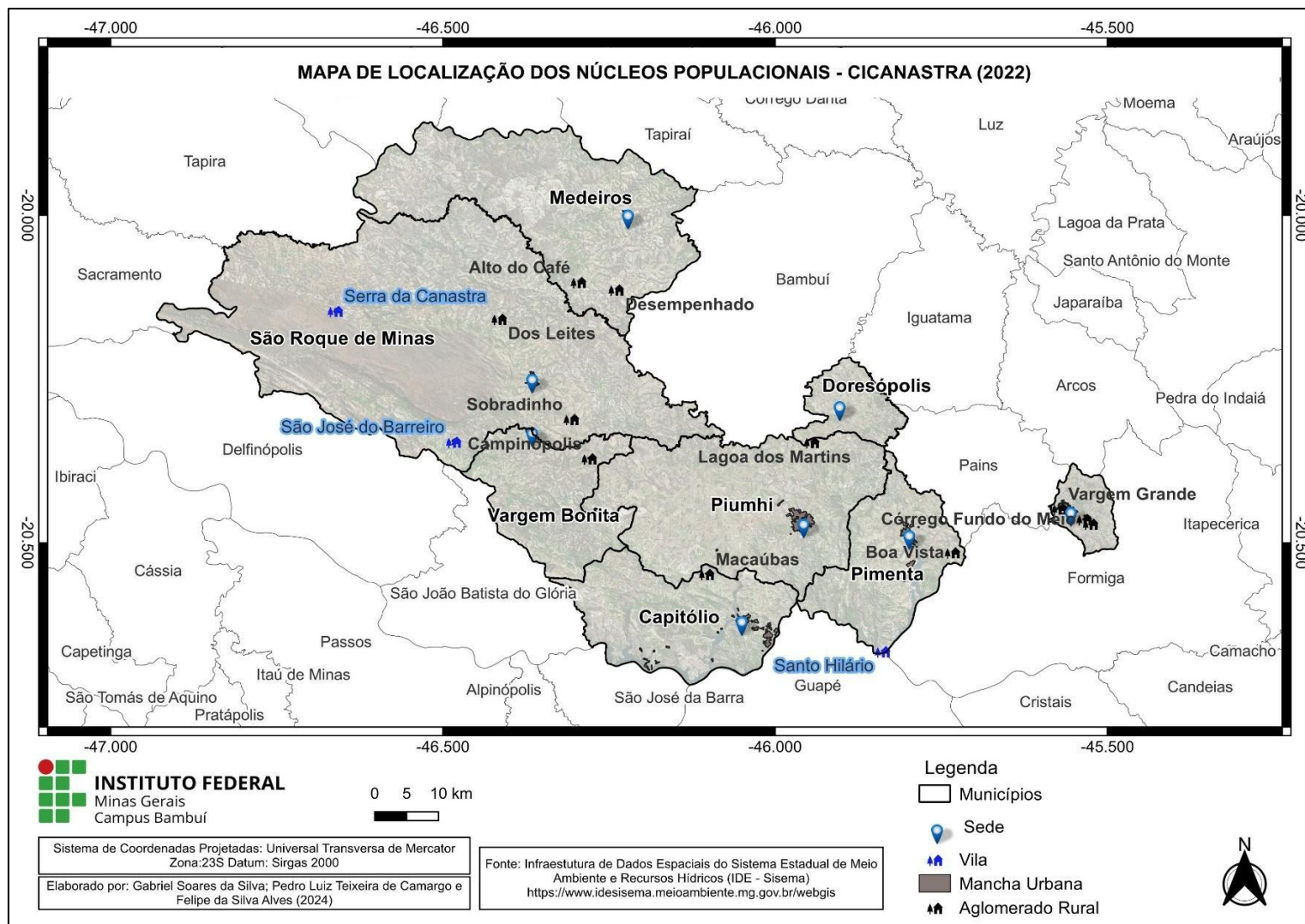
Ambos (NBR e COPAM) recomendam a distância superior a 500 metros, para que haja controle epidemiológico de zoonoses devido à presença de animais. A Figura 29 apresenta os pontos geográficos dos núcleos populacionais na área de estudo.

---

<sup>21</sup> NBR 13896:1997: Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação.

<sup>22</sup> Deliberação Normativa (DN) COPAM N.º 244, de 27 de janeiro de 2022: Dispõe sobre os critérios para implantação e operação de aterros sanitários em Minas Gerais e dá outras providências.

Figura 29 - Sede, Vila e Aglomerado Rural



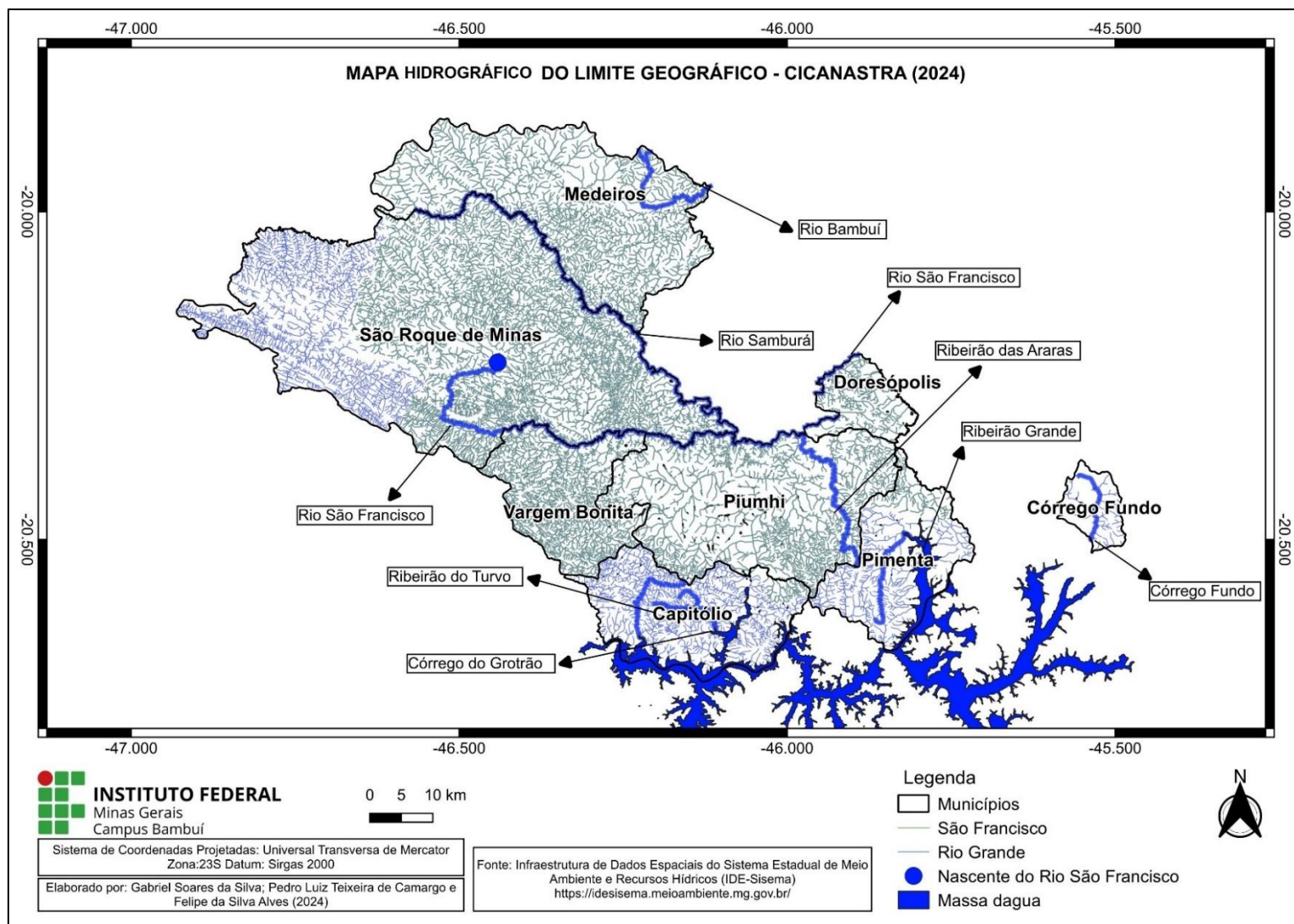
Fonte: Adaptado IDE-SISEMA, 2022. Elaborada pelos autores, 2024.

- **Hidrografia**

Conforme definição da NBR 13896:1997, o aterro deverá ser posicionado a uma distância mínima de 200 metros de qualquer corpo d'água ou curso hídrico, visando preservar sua integridade e minimizar possíveis contaminações. Em Minas Gerais, não há regulamentação estadual específica sobre a conservação de recursos hídricos em decorrência da implantação de aterros sanitários. No entanto, continuam vigentes os critérios estabelecidos pela Lei Federal n.º 12.651/2012, que dispõe sobre a proteção dos mananciais.

A Figura 30 apresenta a distribuição dos cursos d'água na área abrangida pelo consórcio CICANASTRA.

Figura 30 – Dados hidrográficos CICANASTRA



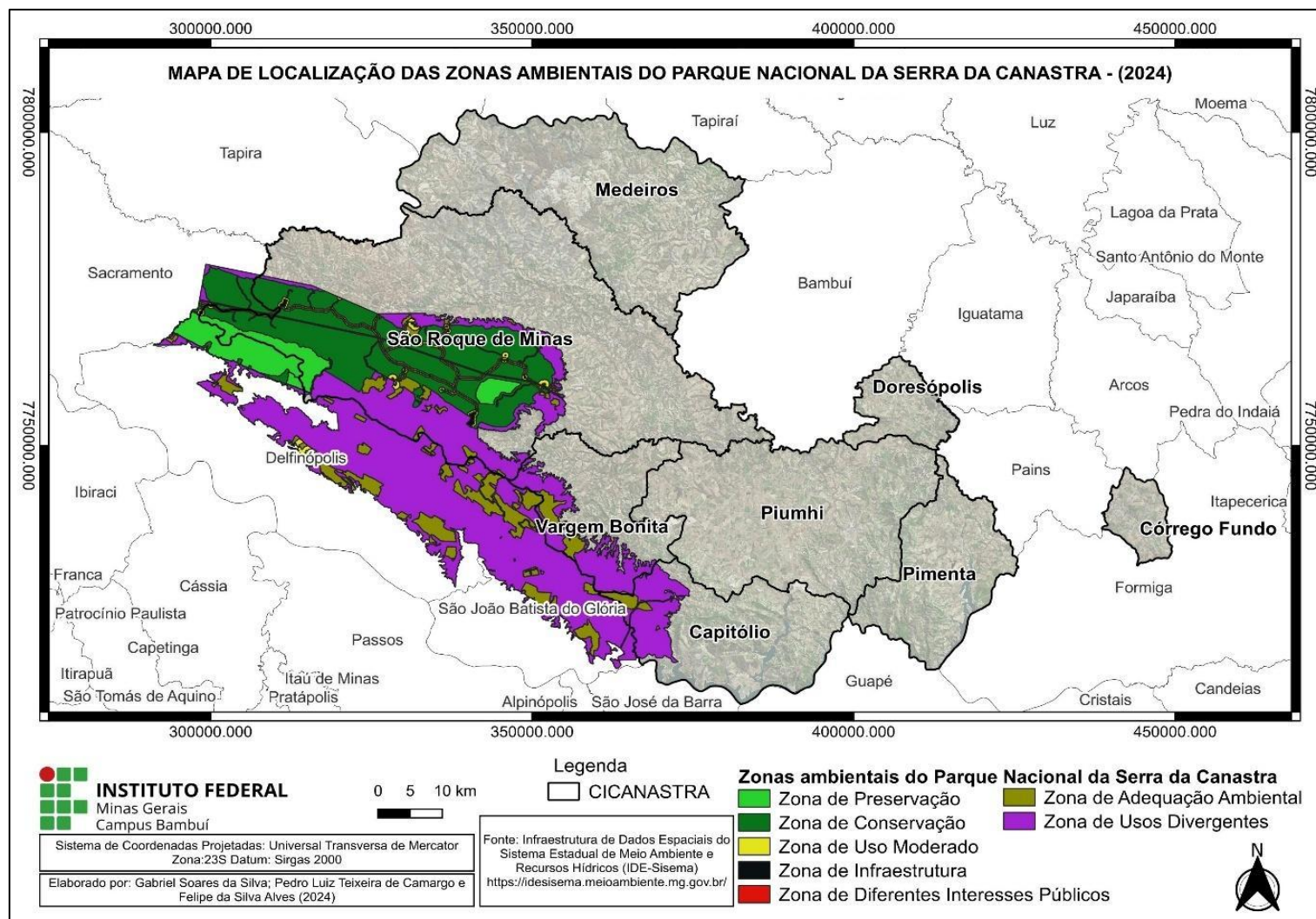
Fonte: Adaptado IDE-SISEMA, 2022. Elaborada pelos autores, 2024.

- **Parque Nacional da Serra da Canastra**

O Parque Nacional da Serra da Canastra (PNSC) é uma unidade de conservação situada no Sudoeste de Minas Gerais, inserida integralmente no bioma Cerrado, um dos ecossistemas mais ricos e, ao mesmo tempo, mais ameaçados pela ação humana (SANTOS, 2014).

Criado pelo Decreto n.º 70.355, de 3 de abril de 1972, o PNSC abrange uma área de 200.000 hectares e se estende pelos municípios de Capitólio, Delfinópolis, Sacramento, São João Batista do Glória, São Roque de Minas e Vargem Bonita (SILVA, 2021; BRASIL, 2024; SILVA *et al.*, 2023). A Figura 31 destaca a representação do atual zoneamento do PNSC desenvolvido no Plano de Manejo pelo ICMbio, delineando o uso e a ocupação da terra (ICMbio, 2023).

Figura 31 – Zoneamento da Unidade de Conservação – PNSC



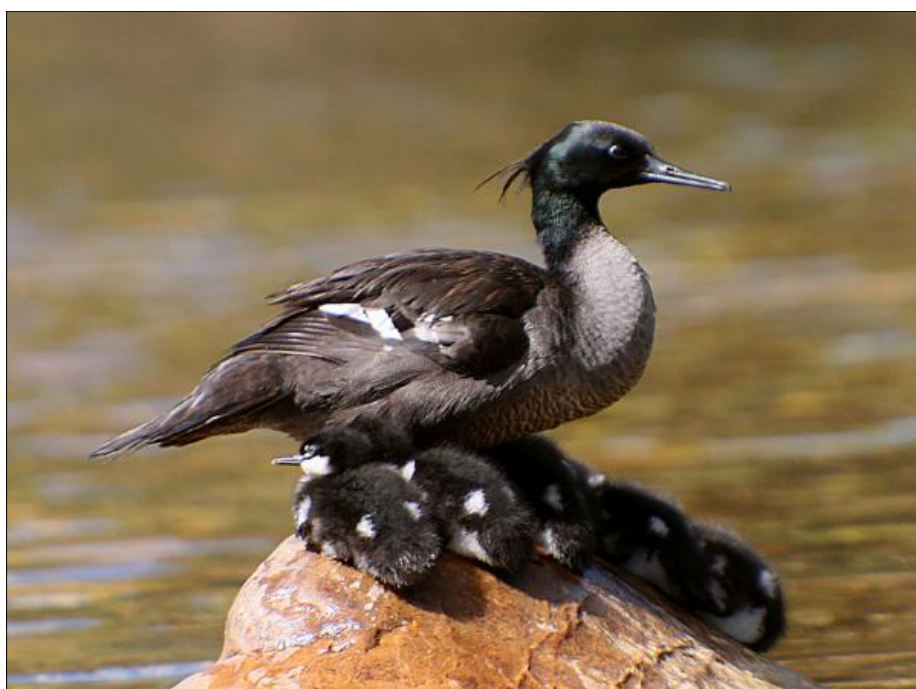
Fonte: Adaptado IBGE, 2024. Elaborada pelos autores, 2024.

Do ponto de vista ambiental, o Plano de Manejo do PNSC estabelece diferentes zonas de uso, incluindo:

### **I. Zona de Preservação (ZP)**

Essa área é destinada à conservação dos ecossistemas em seu estado mais natural possível, englobando regiões sensíveis e minimamente alteradas. Seu principal objetivo é garantir a manutenção da biodiversidade, dos processos ecológicos e da evolução natural dos sistemas ambientais. O manejo nessa zona busca preservar integralmente os ecossistemas, funcionando como fonte para o repovoamento de outras áreas dentro da unidade de conservação. A região possui vegetação nativa do Bioma Cerrado, com diversas fitofisionomias e é habitat de espécies endêmicas, incluindo o pato-mergulhão (*Mergus octosetaceus*), como exemplo na Figura 32 (ICMbio, 2023).

Figura 32 – Pato-mergulhão observado em São Roque de Minas/MG



Fonte: Correio Braziliense (2014) e Wiki Aves (2015).

### **II. Zona de Conservação (ZC)**

A área abriga ambientes naturais de interesse ecológico, científico e estético, com pouca intervenção humana, e permite atividades de pesquisa e turismo de baixo impacto. O objetivo é manter o ambiente o mais natural possível, respeitando as particularidades de cada uso (ICMbio, 2023).

### **III. Zona de Uso Moderado (ZUM)**

Caracteriza-se por áreas naturais ou com modificações moderadas, incluindo regiões em avançado estágio de regeneração. O objetivo é preservar a integridade ambiental, permitindo atividades de pesquisa e visitação com intervenção controlada. Essa zona delimita-se por áreas naturais influenciadas pela Zona de Infraestrutura, além de estradas secundárias que conectam pontos de interesse e propriedades não regulamentadas (ICMbio, 2023).

### **IV. Zona de Infraestrutura (ZI)**

Compreende áreas naturais ou com influência humana nas quais intervenções ambientais são permitidas. Seu propósito é concentrar os impactos em espaços reduzidos, facilitando a integração entre infraestrutura e natureza. A zona abriga serviços e instalações administrativas da Unidade de Conservação, além de estruturas voltadas à visitação pública, sempre com medidas para minimizar impactos ambientais e culturais (ICMbio, 2023).

### **V. Zona de Diferentes Interesses Públicos (ZDIP)**

Inclui áreas ocupadas por empreendimentos de interesse social, utilidade pública ou soberania nacional, cujos usos não estão totalmente alinhados aos objetivos da Unidade de Conservação. O manejo busca minimizar os impactos dessas atividades, conciliando-as com a conservação ambiental. As principais ocupações nessa zona incluem a linha de transmissão Furnas-Pimenta, um trecho da rodovia MG-050, a captação de água para o distrito de São João Batista da Serra da Canastra (São Roque de Minas) e infraestruturas administrativas (ICMbio, 2023).

### **VI. Zona de Adequação Ambiental (ZAA)**

Esta zona abrange áreas afetadas pela intervenção humana ou empreendimento de interesse público, exigindo ações para deter a degradação dos recursos naturais e promover a recuperação do ambiente. O objetivo é impedir a degradação e restaurar a área, priorizando a recuperação natural dos ecossistemas. Compreende áreas adquiridas pelo Parque Nacional (PARNA) da Serra da Canastra após a revisão do Plano de Manejo de 2005 pelo IBAMA e uma área de extração de cascalho em domínio público (ICMbio, 2023).

### **VII. Zona de Usos Divergentes (ZUD)**

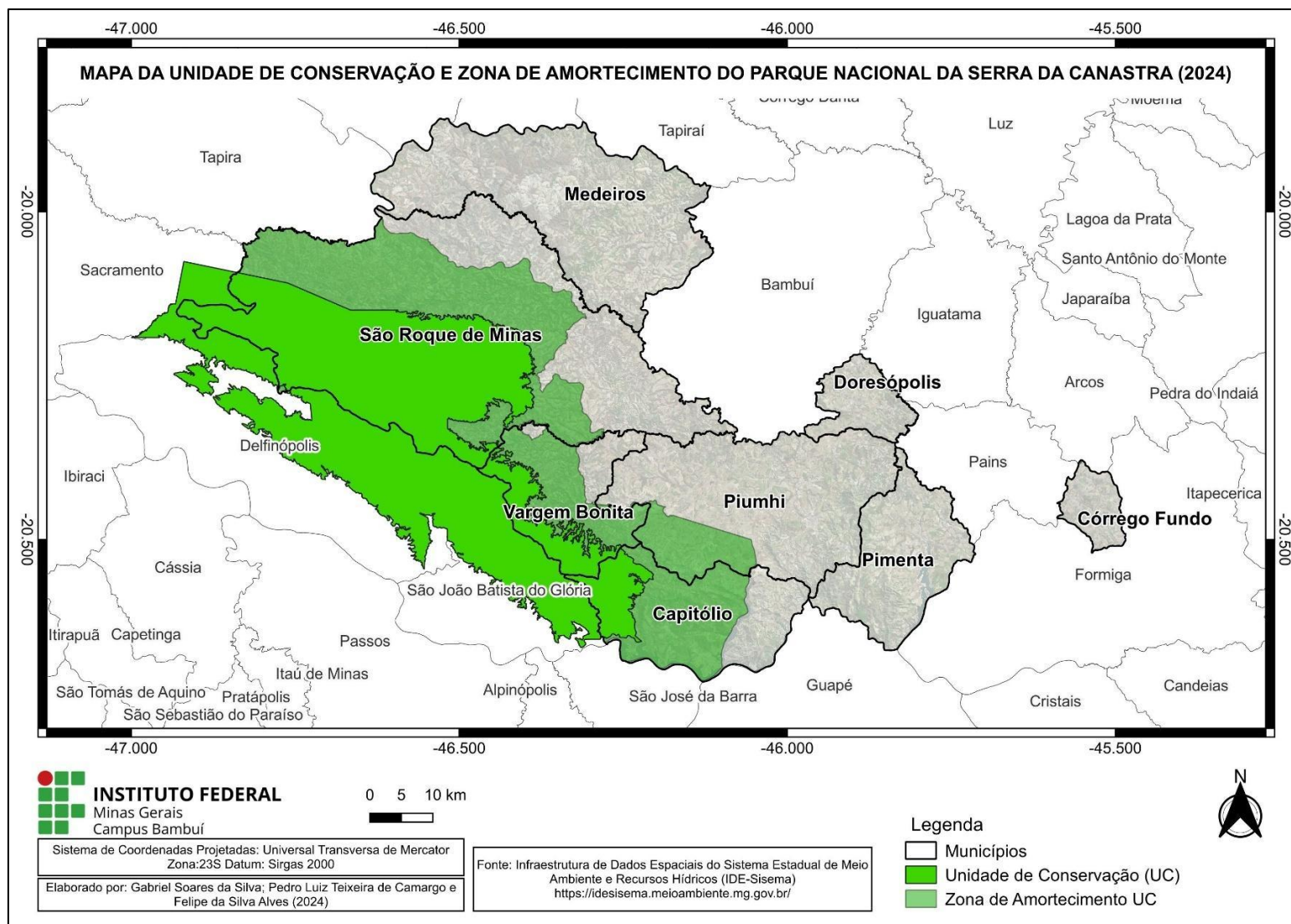
Compreende áreas naturais ou modificadas pela ação humana, ocupadas por populações residentes ou por atividades que não se alinham aos objetivos da Unidade de Conservação. São estabelecidos instrumentos jurídicos para compatibilizar a presença humana com a conservação ambiental, garantindo segurança jurídica às comunidades locais. Essa zona inclui propriedades privadas com vegetação nativa, residências, estradas, escolas, templos religiosos e áreas produtivas, além de sobreposições com duas Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs) (ICMbio, 2023).

- **Zona de amortecimento PNSC**

Conforme estabelecido pela Lei Federal n.º 9.985, de 18 de julho de 2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), é prevista a conservação do entorno e manejo (Figura 33) da Unidade de Conservação (UC), conforme especificado no Art. 1, inciso XVIII (2000, p. 2):

Zona de amortecimento: o entorno de uma unidade de conservação, onde as atividades humanas estão sujeitas a normas e restrições específicas, com o propósito de minimizar os impactos negativos sobre a unidade.

Figura 33 – Zona de amortecimento do PNSC



Fonte: Adaptado IBGE, 2024. Elaborada pelos autores, 2024.

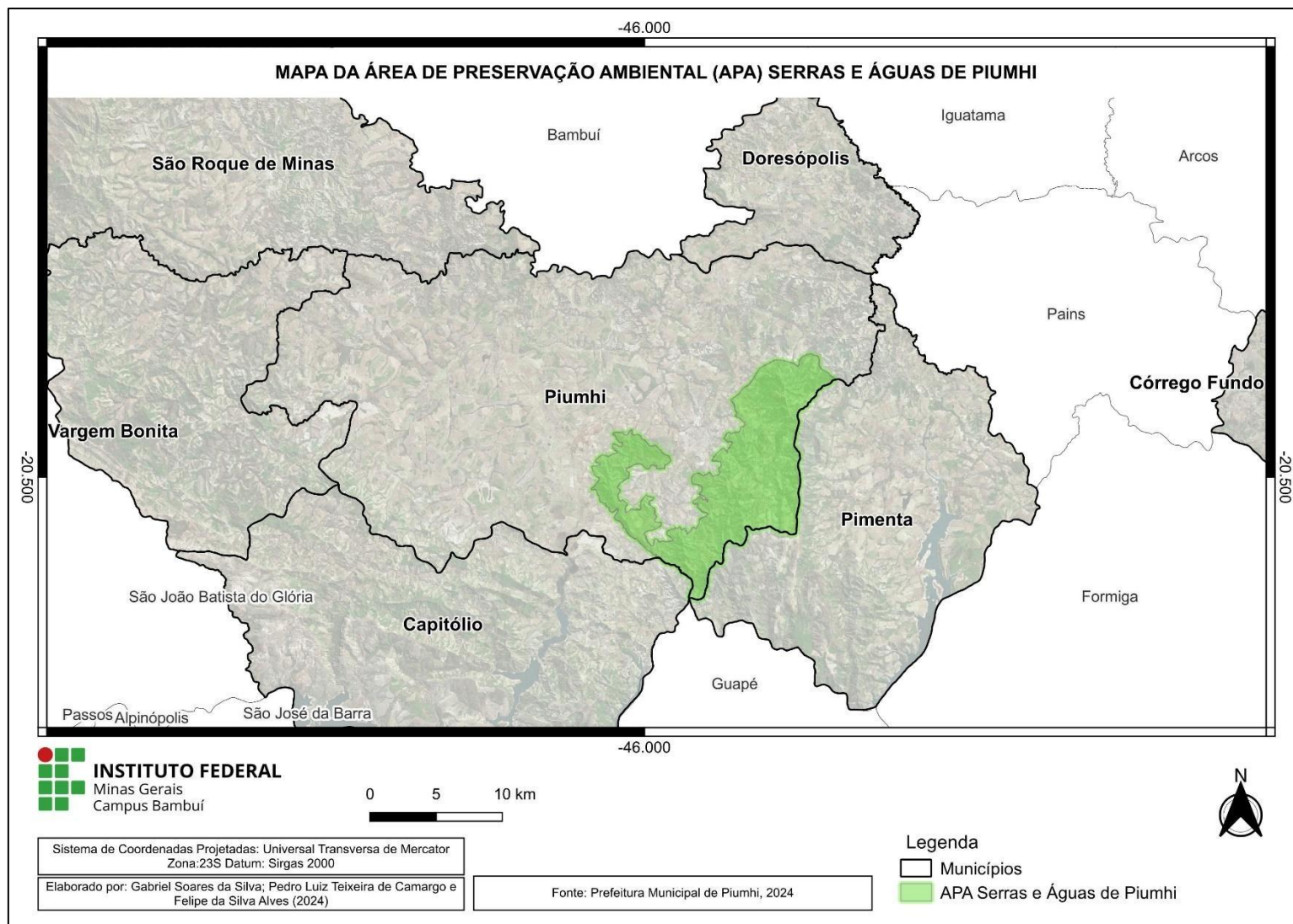
- **Área de Proteção Ambiental (APA) – Serras e Águas de Piumhi**

Prevista pela Lei Federal n.º 9.985, de 18 de julho de 2000, Art.15 (BRASIL, 2000, p. 5):

A Área de Proteção Ambiental é uma área, em geral, extensa, com um certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais.

Estudos técnicos embasaram o decreto da Lei Ordinária n.º 2.767, de 24 de setembro de 2024, no município de Piumhi, que determinou a criação da Área de Proteção Ambiental (APA) na região das Serras e Águas de Piumhi. Conforme disposto no Art. 6º, a regulamentação das atividades na área protegida inclui: a exploração mineral, a construção de obras que descaracterizem atrativos turísticos ou sítios arqueológicos e o descarte ou abandono de resíduos sólidos que comprometam a integridade paisagística. A região abrangida pela APA está representada na Figura 34.

Figura 34 – APA Serras e Águas de Piumhi



Fonte: Adaptado Piumhi, 2024. Elaborada pelos autores, 2024.

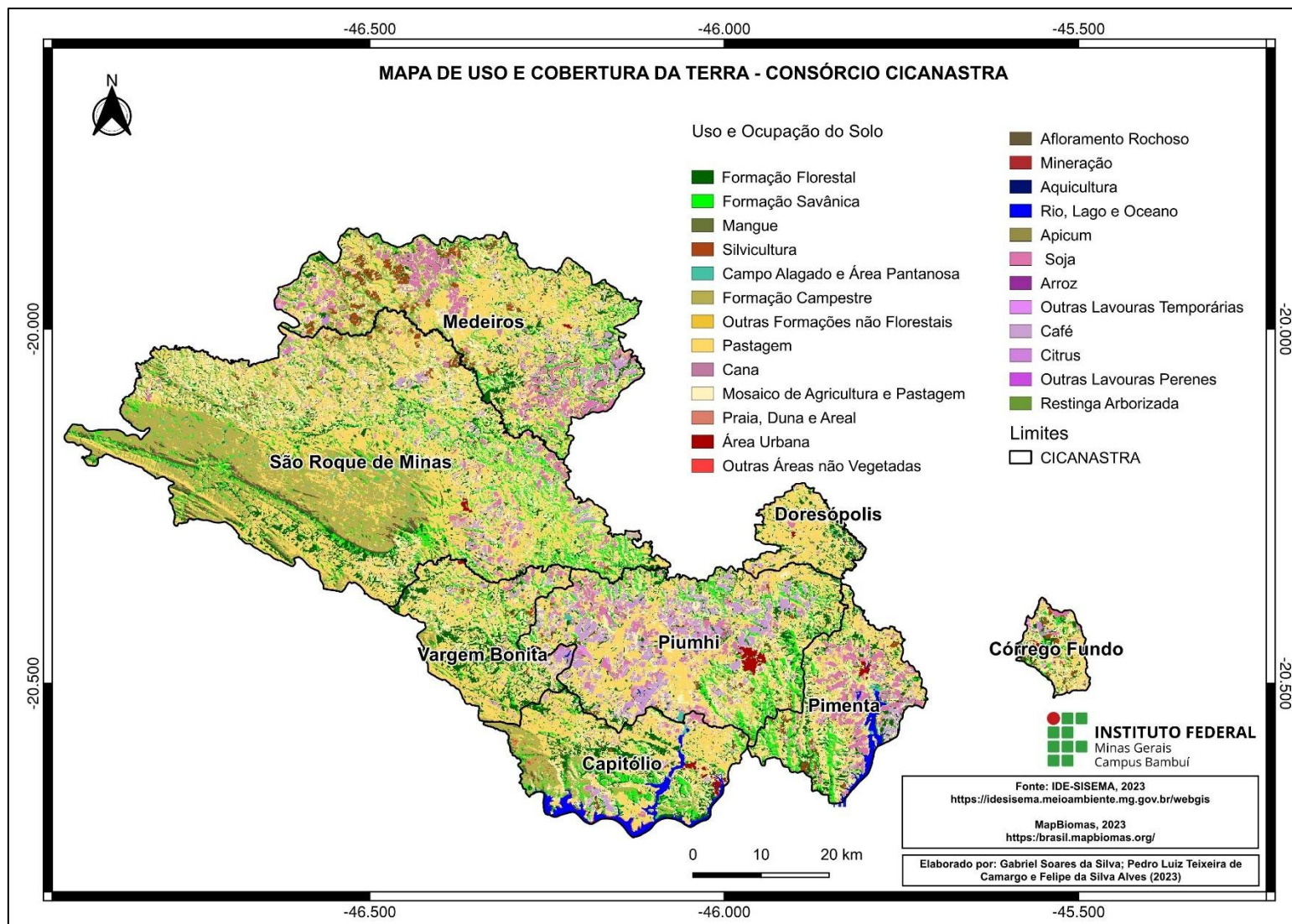
- **Uso e ocupação da terra**

A análise da ocupação da terra permite estabelecer um ordenamento territorial que considere tanto as intervenções humanas quanto os impactos sobre as paisagens naturais, promovendo um equilíbrio entre desenvolvimento e preservação ambiental. (FARIAS, 2023; COELHO *et al.*, 2014; PAMPOLINI *et al.*, 2017). Como ressaltado pela ABNT NBR 13896:1997, "os aterros devem ser implantados apenas em áreas designadas para esse fim, conforme a legislação local de uso do solo" (1997, p.3).

Nesse sentido, o projeto de Mapeamento Anual de Cobertura e Uso do Solo do Brasil, conduzido pelo MapBiomias (2022), fornece informações abrangentes do território nacional por meio de sensoriamento remoto. Os dados públicos baixados foram utilizados para mapear formações naturais e áreas antrópicas consolidadas. Por meio de *software* de geoprocessamento (QGIS), aplicaram-se critérios de classificação baseados nas legendas oficiais (florestas, savanas, áreas agrícolas etc.), permitindo analisar a ocupação da terra em 2022.

A validação incluiu cruzamentos com bases complementares (ex.: biomas do IBGE e zonas de proteção) e uso de diferentes resoluções: 30 m (Coleção 9), para precisão na delimitação de fragmentos naturais, e 10 m (Coleção 2 beta) para análises locais recentes. A acessibilidade aberta dos dados assegurou transparência e replicabilidade do estudo.

Figura 35 – Dados de Uso e Cobertura da Terra



Fonte: Adaptado MapBiomas, 2022. Elaborada pelos autores, 2024.

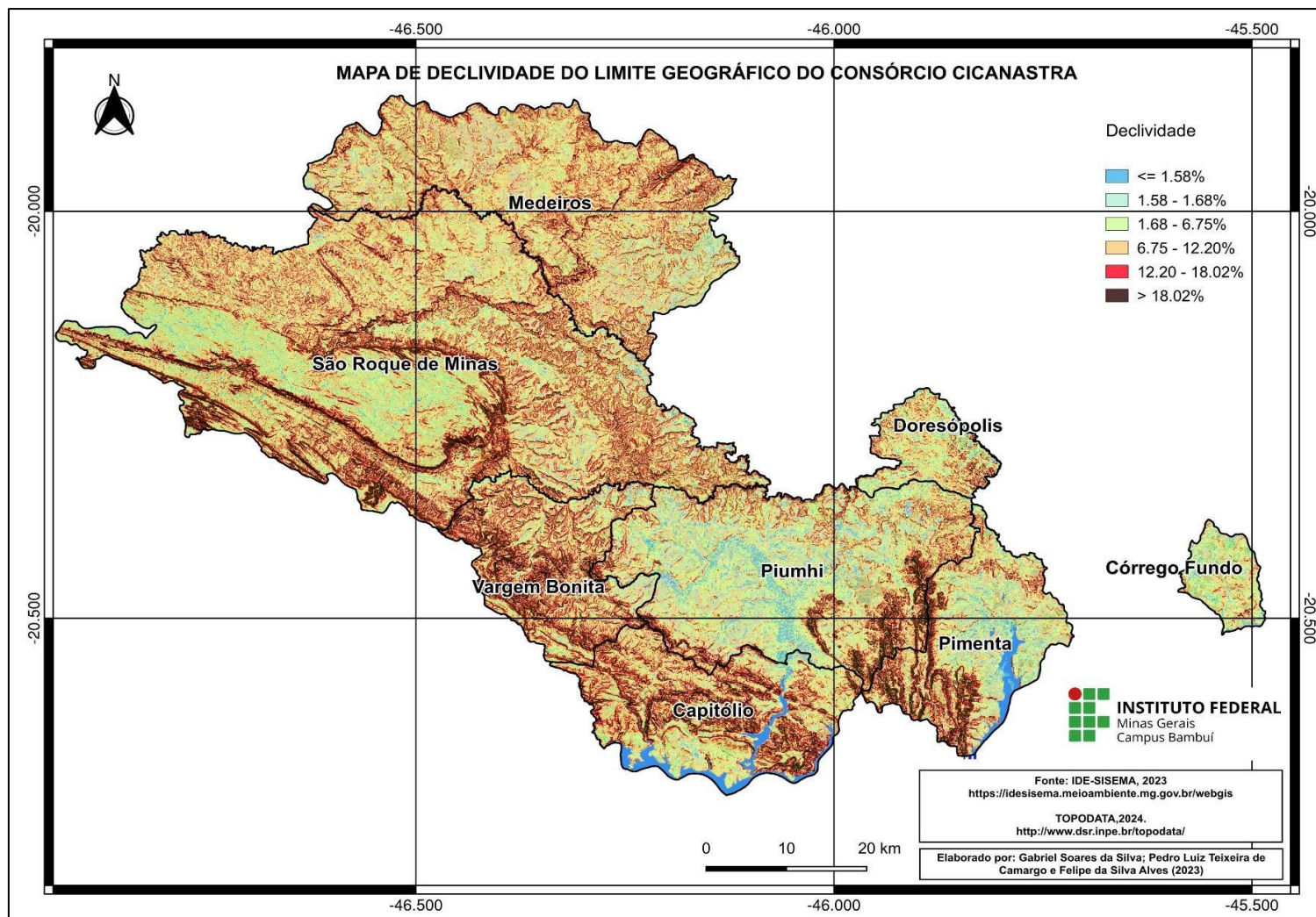
- **Declividade**

Na metodologia, empregou-se o TOPODATA (Modelo Digital de Elevação de 30 m) para analisar relevo e hidrologia, integrando critérios legais e técnicos. Os dados, obtidos do INPE, foram pré-processados em SIG (conversão para SIRGAS 2000, recorte da área do consórcio CICANASTRA). Derivaram-se camadas de declividade, orientação de vertentes e curvatura, identificando:

- APPs (declives >45%, conforme Lei 12.651/2012);
- Áreas aptas para aterros (declividade 1%-30%, seguindo a NBR 13.896:1997).

A delimitação de APPs incluiu topos de morros e margens d'água, mapeadas via análise hidrológica (rede de drenagem e fluxo acumulado). Para aterros, priorizaram-se zonas rurais com declividade adequada e distância de 500 m de APPs/cursos d'água (Figura 36).

Figura 36 – Mapa Declividade SRTM 30 m – Consórcio CICANASTRA



Fonte: Adaptado TOPODATA, 2024. Elaborada pelos autores, 2024.

- **Aeroporto**

Os aterros sanitários, involuntariamente, devido à exposição dos resíduos em ambiente aberto, possibilitam a presença de aves que se alimentam das decomposições das matérias orgânicas. A espécie mais comum nos aterros são os urubus-de-cabeça-preta (*Coragyps atratus*), como exemplificado na Figura 37 (NOVAES; ALVAREZ, 2013).

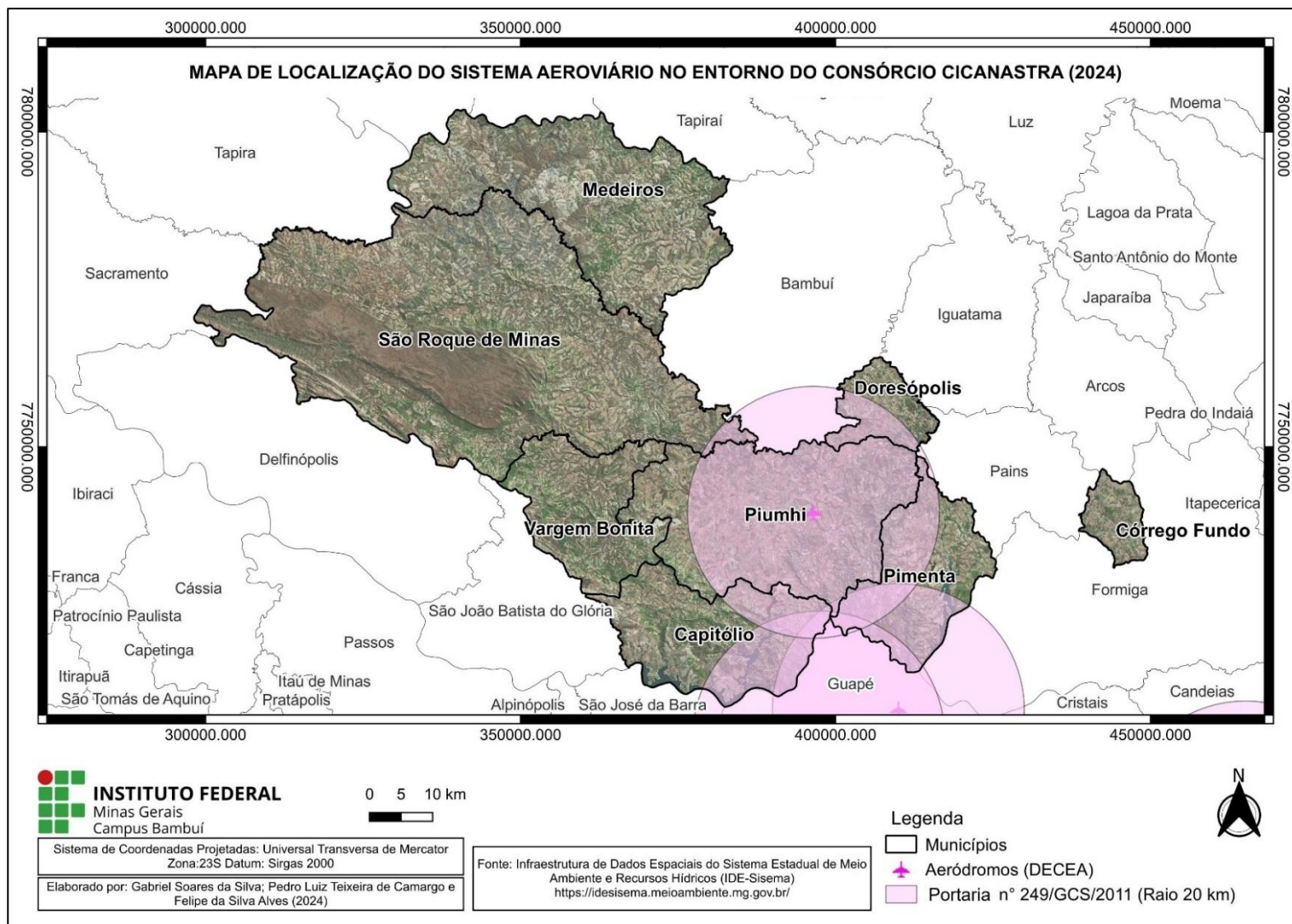
Figura 37 - Urubu preto observado em Londrina/PR



Fonte: AnimalBusiness e Wikiaves, 2015.

Dolbeer *et al.* (2000) observaram que, entre 1991 e 1998, cerca de 67% das colisões entre aeronaves e urubus nos Estados Unidos resultaram em danos às aeronaves. Na legislação brasileira, a Portaria n.º 249/GCS/2011 do Ministério da Defesa orienta sobre as perturbações geradas pela atração de aves, recomendando, para empreendimentos situados dentro do setor interno da Área de Gerenciamento de Risco Aviário (AGRA) (núcleo, dentro de um raio de 9 km) e na sua periferia (até um raio de 20 km) presente na Figura 33 (MINISTÉRIO DA DEFESA, 2011).

Figura 38 – Área de isolamento dos aeródromos



Fonte: Adaptado IDE-SISEMA, 2022; IBGE, 2024; ANA, 2024. Elaborada pelos autores, 2024.

- **Rodovias e Ferrovia**

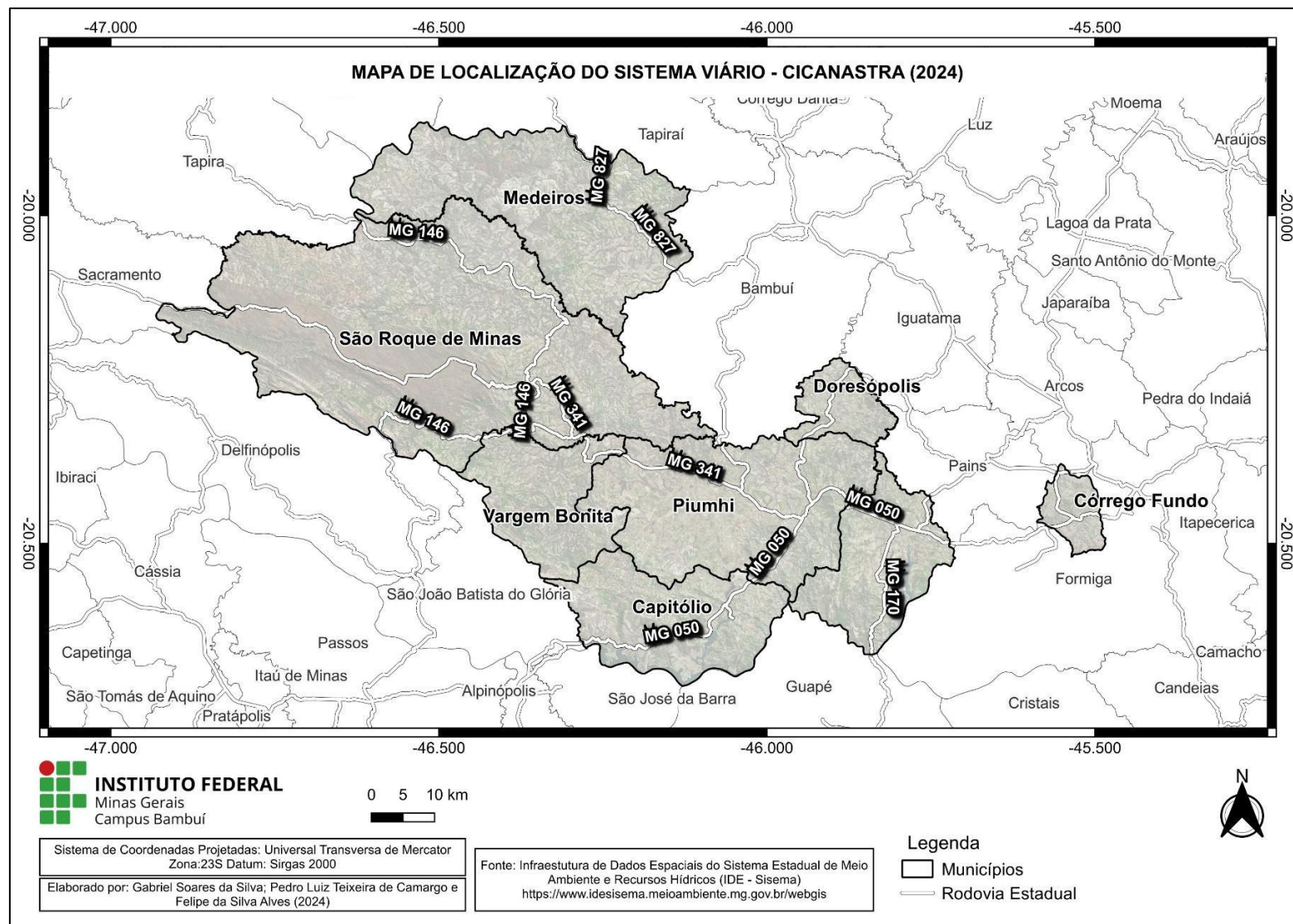
A Deliberação Normativa (DN) COPAM n.º 52, de 14 de dezembro de 2001, determinava um afastamento de 100 metros das margens de estradas. Entretanto, essa deliberação foi revogada, e agora está em vigor a DN COPAM n.º 244, de 27 de janeiro de 2022, que não inclui recomendações desse tipo.

No entanto, são mantidas as regulamentações referentes às faixas de domínio, conforme estabelecido pelo Departamento de Edificações e Estradas de Rodagem do Estado de Minas Gerais (DER-MG), conforme a lei estadual n.º 11.403, de 21 de janeiro de 1994. O Art. 3º, inciso XI, parágrafo 2º (DER-MG, 2024, p. 3) descreve:

§ 2º Consideram-se áreas adjacentes os imóveis lindeiros às faixas de domínio, com largura máxima de 15 m (quinze metros) contados do término da faixa de domínio, que não sejam interrompidos por qualquer acidente natural ou artificial como rio, lago, via férrea, marginal, avenida, rua e assemelhados.

Assim, prevalecerá o que rege a lei estadual. A Figura 39 apresenta as rodovias (somente estaduais) inseridas na área do consórcio CICANASTRA, onde se destacam as principais vias: MG-050 e MG-341.

Figura 39 – Dados rodoviários

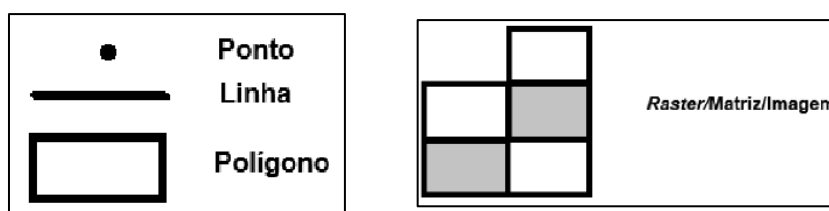


Fonte: Adaptado IDE-SISEMA, 2022; IBGE, 2024. Elaborada pelos autores, 2024.

### 3.4.3 Aquisição dos dados

Os arquivos utilizados na execução dos projetos são provenientes de duas estruturas principais: vetorial e *raster*. Os termos referem-se a dois modelos de representação de dados espaciais amplamente utilizados em geoprocessamento e Sistemas de Informação Geográfica (SIG), que diferem na forma como armazenam e exibem informações espaciais. Gonçalves; Ribeiro (2021) e Quoos; Figueiró (2023) citam que o modelo vetor representa dados usando formas geométricas definidas por coordenadas; já o modelo *raster* demonstra dados espaciais como uma grade composta por células ou *pixels*, sendo ideal para informações contínuas, como imagens de satélite, modelos de elevação do terreno, entre outros (Figura 40).

Figura 40 – Tipografia dos modelos vetoriais e *raster*.



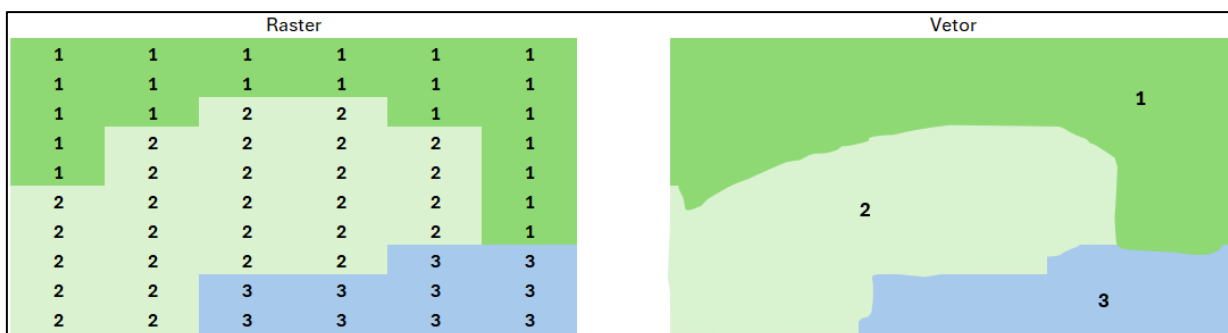
Fonte: Elaborada pelos autores, 2024.

Os modelos podem ser combinados em análises de geoprocessamento para gerar soluções completas e mais precisas. Além disso, é possível realizar a conversão entre os formatos, transformando dados vetoriais em *raster* e vice-versa, conforme as necessidades do projeto. No estudo de aptidão para aterros sanitários, essa integração foi aplicada de maneira prática: o modelo vetorial foi utilizado para mapear áreas específicas, como rios e zonas urbanas, enquanto o modelo *raster* foi empregado para análises de variáveis contínuas, como elevação e padrões de uso e ocupação do solo (Figura 41).

Os temas utilizados foram organizados em cinco grupos:

**Vetoriais:** núcleos populacionais; zoneamento ambiental; infraestrutura de transporte;

**Raster:** dados topográficos; uso e ocupação da terra.

Figura 41 – Classificação *raster* x vetor

Fonte: Elaborada pelos autores, 2024.

O estudo utilizou os critérios com escalas entre: 1:5.000 e 1:250.000 e resolução de até 30 m. Restrições foram aplicadas com base em normas: NBR 13896/1997, Deliberação Normativa COPAM N.º 244/2022 e Leis federais 12.305/2010 e 12.651/2012, abrangendo distâncias mínimas, declividade e preservação de áreas protegidas e naturais. Esses dados foram obtidos de fontes livres, sem custo para seu acesso, garantindo precisão e respaldo técnico na análise de aptidão (Tabela 5).

Tabela 5 – Parâmetros Técnicos para Modelagem de Aptidão Territorial

Grupo	Arquivos	Escala	Resolução espacial	Restrição	Referência
Núcleos Populacionais	Limites Municipais	1:250 000		N/A	N/A
	Povoado	1:250 000			
	Vila	1:250 000	N/A	<500 m	NBR 13896/1997
	Aglomerado Rural	1:250 000			
	Limites Municipais	1:250 000			
	Mancha Urbana	1:50 000		Restrição total: Polígono	Elaborado pelo autor
Zoneamento Ambiental	APA Serras de Piumhi	N/A	N/A	Restrição total: Polígono	Lei Ordinária n.º 2.767, de 24 de setembro de 2024
	Unidade de Conservação	1:5 000 a 1:100 000	N/A	Restrição total: Polígono	Lei n.º 9.985, de 18 de julho de 2000
	Hidrografia	1:100000 1:50 000	Projeto SRTM com pixel de 30 m	<200 m	NBR 13896/1997
Infraestruturas de Transporte	Aeródromos (DECEA)	1:250 000	N/A	<20 km	Lei n.º 12.725, de 16 de outubro de 2012
	Rodovia	1:250 000	N/A	<15 metros	Lei n.º 13.913, de 25 de novembro de 2019
Dados Topográficos	Declividade	1:250 000	Projeto SRTM com pixel de 30m	Declividade superior a 1% e inferior a 30%	NBR 13896/1997, INPE FOLHA 20s465
Uso e Ocupação da Terra	Formação Florestal; Formação Savânica; Formação Campestre; Campo Alagado e Área Pantanosa; Afloramento Rochoso; Área Urbana; Rio, Lago e Oceano; Mineração; Soja; Café; Silvicultura; Citrus; Outras Áreas não Vegetadas; Outras Lavouras Temporárias; Outras Lavouras Perenes; Cana; Mosaico de Agricultura e Pastagem.	1:100 000	Pixel de 30m	Restrição total: Formação natural e áreas antrópicas consolidadas	MapBiomass, 2021.

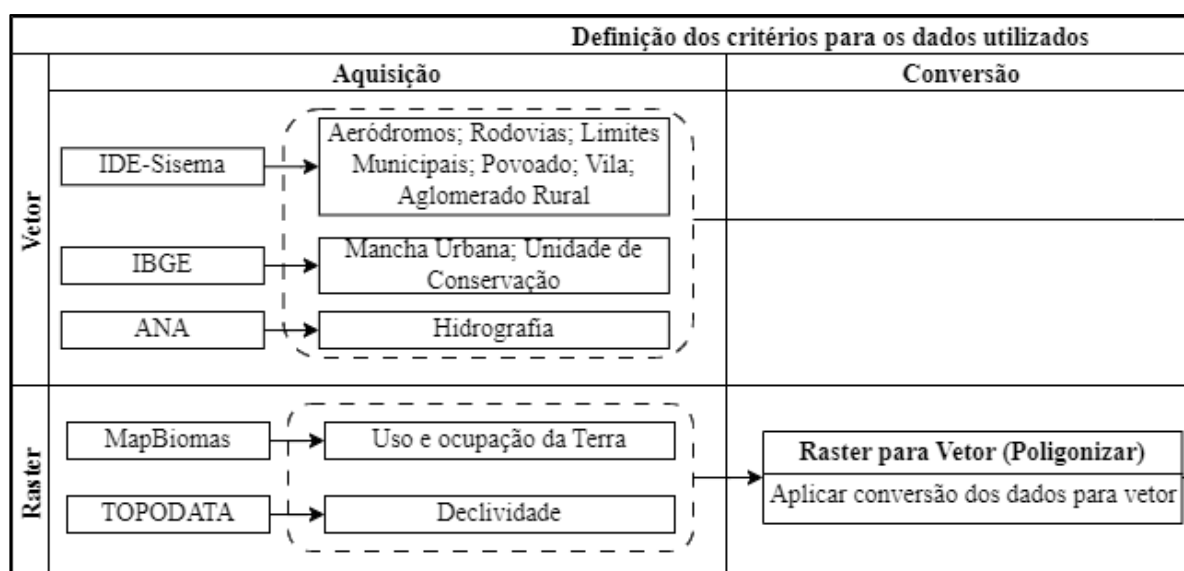
Fonte: Elaborada pelos autores, 2024.

As informações de resolução espacial referem-se aos arquivos de imagem, especificando o tamanho de cada pixel (célula). Por sua vez, a escala refere-se ao nível de detalhamento mais apropriado para a visualização e análise desses arquivos.

A Tabela 12 apresenta as restrições aplicadas aos temas utilizados no estudo. Destaca-se o item "Limites Municipais", que não possui restrições, servindo apenas para delimitar a área de análise.

O Quadro 9 ilustra a fonte de aquisição dos arquivos e a necessidade de conversão dos dados *raster* para informações vetoriais.

Quadro 9 – Fluxo da Técnica Aplicada



Fonte: Adaptado IDE-SISEMA, 2022; IBGE, 2024; ANA, 2024; TOPODATA, 2024. Elaborado pelos autores, 2024.

Os dados vetoriais foram obtidos do IDE-Sisema, IBGE e ANA, enquanto os *raster* vieram do MapBiomias e TOPODATA. Os dados *raster* foram convertidos para formato vetorial por poligonização. As etapas de processamento das informações foram aplicadas por um modelador gráfico executando um fluxo de processamento que será apresentado na sequência.

### 3.4.4 Classificação dos temas

A lógica booleana aqui aplicada foi estruturada para identificar áreas adequadas para a instalação de aterros sanitários, integrando critérios normativos e ambientais por meio de operações lógicas. Primeiramente, os dados utilizados foram reprojatados para um sistema

de referência comum (EPSG:31983 - SIRGAS 2000/UTM Zone 23S), garantindo consistência espacial na análise.

O processo analítico iniciou-se com a criação de *buffers*, que delimitam áreas de exclusão ao redor de feições específicas, como corpos d'água, áreas urbanas e rodovias. Essas zonas foram definidas com base em distâncias regulamentares por lei e norma, como a necessidade de manter uma margem de 200 metros de corpos d'água ou 500 metros de áreas urbanas. A partir desses *buffers*, foram aplicadas operações booleanas para combinar os critérios estabelecidos.

A operação lógica AND foi utilizada para restringir as áreas analisadas, identificando apenas aquelas que atendiam simultaneamente a múltiplos critérios. Por exemplo, uma área seria considerada viável apenas se estivesse fora dos *buffers* de exclusão de corpos d'água, rodovias e áreas urbanas. De forma complementar, a operação NOT foi empregada para excluir áreas específicas, como regiões de proteção ambiental ou terrenos protegidos, revertendo a elegibilidade de áreas inicialmente consideradas aptas. A lógica implementada pode ser descrita matematicamente, conforme Equação 1. Em todos os casos, a unidade utilizada é o metro:

$$\begin{aligned} \text{Área}_{\text{inadequada}}\text{NucleoPopulacional} = & (\text{BufferPovado} \leq 500) \wedge (\text{BufferVila} \leq 500) \wedge (\text{Agglomerado}_{\text{rual}} \leq \\ & 500) \wedge (\text{BufferSede} \leq 500) \wedge (\text{BufferMancha}_{\text{urbana}} \leq \text{Polígono}) \end{aligned} \quad (\text{Equação 1})$$

A Equação 2 descreve a restrição aplicada ao grupo núcleo populacional; já o zoneamento ambiental é representado na Equação 2.

$$\begin{aligned} \text{Área}_{\text{inadequada}}\text{ZoneamentoAmbiental} = & (\text{BufferAPA} \leq \text{Polígono}) \wedge (\text{BufferUnidadeConservacao} \leq \\ & \text{Polígono}) \wedge (\text{Massa}_{\text{dagua}} \leq 200) \wedge (\text{BufferHidrografia} \leq 200) \end{aligned} \quad (\text{Equação 2})$$

A Equação 3 representa o processo de cálculo restritivo das infraestruturas de transportes.

$$\text{Área}_{\text{inadequada}}\text{InfraTransporte} = (\text{BufferAerodromos} \leq 20000) \wedge (\text{BufferRodovia} \leq 15) \quad (\text{Equação 3})$$

O Quadro 10 expõe todos os critérios utilizados neste projeto, agrupados de acordo com seu respectivo tema.

Quadro 10 – Critérios de Análise

Grupo	Critérios	Classes	Notas
Núcleos Populacionais	Limite Geográfico CICANASTRA	N/A	1
	Povoado	<500m	0
		>500m	1
	Vila	<500m	0
		>500m	1
	Aglomerado Rural	<500m	0
		>500m	1
	Sede	<500m	0
>500m		1	
Mancha Urbana	Polígono	0	
Zoneamento Ambiental	APA Serras e Piumhi	Polígono	0
	Unidade de Conservação	Polígono	0
	Massa d'água	<200m	0
		>200m	1
Hidrografia	<200m	0	
	>200m	1	
Infraestruturas de Transporte	Aeródromos	<20km	0
		>20km	1
	Rodovia Estadual	<15m	0
		>15m	1
Dados Topográficos	Declividade	Inferior a 1% e superior a 30%	0
Uso e Ocupação da Terra	Formação Florestal Formação Savânica Formação Campestre Campo Alagado e Área Pantanosa Afloramento Rochoso Área Urbana Rio, Lago e Oceano Mineração Soja Café Silvicultura Citrus Outras Lavouras Temporárias Outras Lavouras Perenes Cana Mosaico de Agricultura e Pastagem	Polígono	0

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Os dados foram analisados utilizando-se o critério de exclusão (NOT), permitindo a identificação imediata das áreas inviáveis com base nos *buffers* aplicados de acordo com os critérios normativos. Para a identificação das áreas viáveis, foi empregada a operação de diferença simétrica (Equação 4), que possibilita isolar as regiões que atendem aos requisitos estabelecidos.

$$A \Delta B = (A \cup B) - (A \cap B) \quad (\text{Equação 4})$$

Em que:

A = Limite geográfico

B = Áreas inviáveis

$A \Delta B$  = Áreas viáveis, geradas pela diferença simétrica obtida na subtração da união com interseção

União dos elementos  $A \cup B$

Interseção  $A \cap B$

Esse processo foi automatizado por meio de um código em *Python*<sup>23</sup> utilizando a API PyQGIS, integrado ao *software* QGIS. Esse *script* automatiza operações, como a criação de *buffers*, para delimitação de zonas de proteção e a aplicação de análises lógicas booleanas. Com a combinação dos critérios estabelecidos, o resultado obtido representa as áreas aptas para a instalação de aterros sanitários, indicando as regiões mais adequadas de acordo com as condições ambientais, normativas e sociais. Essas áreas podem ser visualizadas por meio de um mapa de calor (kernel), que destaca, com gradações de cor, os locais com maior ou menor densidade de áreas aptas, facilitando a interpretação e a tomada de decisão.

Na etapa de análise e validação dos resultados, as áreas identificadas são representadas pela intensidade de áreas aptas em determinados locais, de forma a garantir que qualquer afirmação ou decisão tomada seja fundamentada exclusivamente em métodos lógicos e objetivos, sem a aplicação de arbitrariedades. Este processo assegura que a seleção das áreas para a implantação do aterro sanitário seja conduzida de maneira transparente e técnica, considerando a viabilidade de forma precisa e com respaldo nas diretrizes normativas e ambientais estabelecidas. Assim, a utilização de ferramentas de geoprocessamento e análise

---

<sup>23</sup> Linguagem computacional.

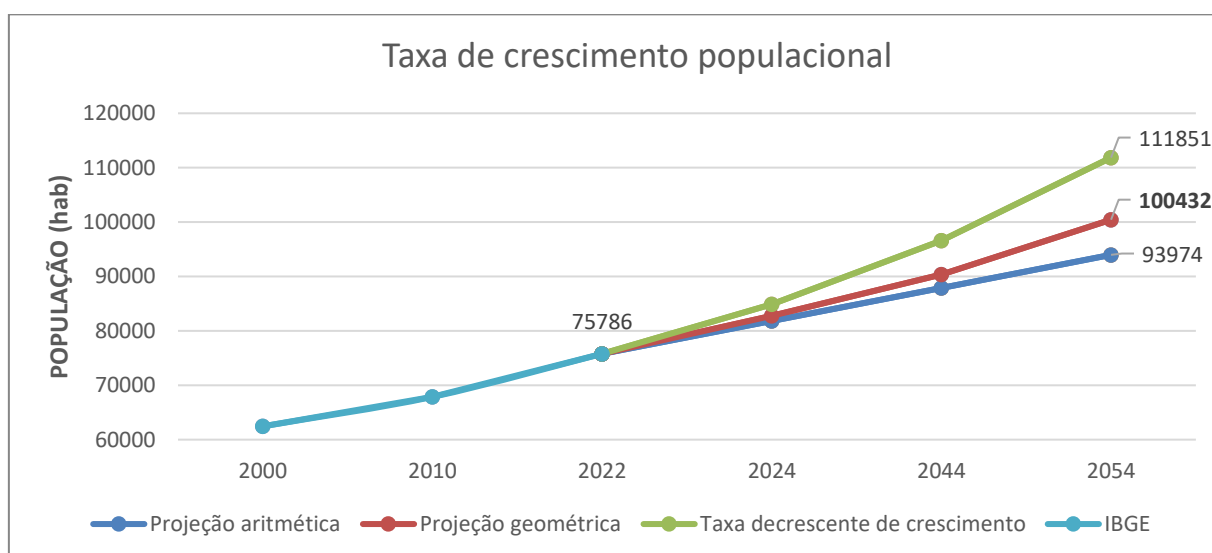
espacial permite uma abordagem estruturada, contribuindo para um planejamento territorial mais eficiente e sustentável.

### 3.5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta seção apresenta os resultados alcançados neste trabalho, fundamentados na base teórica desenvolvida nos capítulos anteriores. A abordagem teórica foi crucial para justificar e consolidar as motivações que sustentam a aplicação da técnica de análise preliminar voltadas ao arranjo intermunicipal, com o objetivo de identificar áreas adequadas para a implantação de um aterro sanitário. O estudo considerou a caracterização territorial por meio de dados geográficos detalhados, os quais foram avaliados com base nas diretrizes estabelecidas pela NBR 13.896/97, bem como nas legislações federais e estaduais aplicáveis.

Além disso, destaca-se que o desenvolvimento contínuo da região, composta por cidades de pequeno porte, tende a apresentar um crescimento populacional moderado. Para o escopo deste estudo, foi adotada uma projeção geométrica, na qual se estima que, em 2054, a população total do consórcio intermunicipal CICANASTRA será de, aproximadamente, 100.432 habitantes. Este dado demográfico fornece um panorama fundamental para avaliar a viabilidade do aterro sanitário e seus impactos ao longo das próximas décadas (Figura 42).

Figura 42- Taxa de crescimento populacional aplicada no CICANASTRA (2022 – 2054)



Fonte: Adaptado: IBGE, 2022. Elaborada pelos autores, 2024.

Com a projeção de crescimento populacional, é possível dimensionar a área ideal para um aterro sanitário, considerando que o aumento populacional tende a resultar em um

maior volume de resíduos sólidos gerados. Dessa forma, o dimensionamento precisa ser proporcional ao crescimento previsto, utilizando-se como referência os dados mais recentes (2019 a 2023) da Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente (ABRAMA) e da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), que indicam uma média de 1,2445 kg/hab.dia de geração de resíduos na Região Sudeste do Brasil. Além disso, com uma taxa de crescimento populacional anual de 0,34% (SPÍNOLA, 2017), a Tabela 6 projeta a geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) até 2054 para o consórcio CICANASTRA.

Tabela 6 – Produção dos RSU ao Ano com Base no Crescimento Populacional do CICANASTRA (2022- 2054)

<b>Geração de RSU (ton/ano) no Consórcio Intermunicipal CICANASTRA</b>							
<b>2024</b>	<b>2025</b>	<b>2026</b>	<b>2027</b>	<b>2028</b>	<b>2029</b>	<b>2030</b>	<b>2031</b>
35275	35708	36146	36589	37038	37493	37953	38418
<b>2032</b>	<b>2033</b>	<b>2034</b>	<b>2035</b>	<b>2036</b>	<b>2037</b>	<b>2038</b>	<b>2039</b>
38889	39367	39849	40338	40833	41334	41841	42355
<b>2040</b>	<b>2041</b>	<b>2042</b>	<b>2043</b>	<b>2044</b>	<b>2045</b>	<b>2046</b>	<b>2047</b>
42874	43400	43933	44472	45017	45569	46128	46694
<b>2048</b>	<b>2049</b>	<b>2050</b>	<b>2051</b>	<b>2052</b>	<b>2053</b>	<b>2054</b>	<b>Acumulado em 30 anos</b>
47267	47847	48434	49028	49630	50238	50855	<b>1.320.813</b>

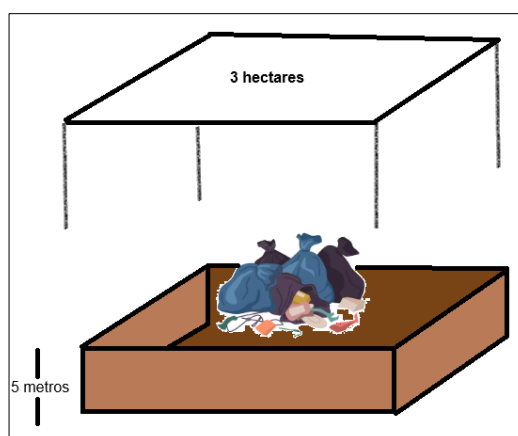
Fonte: Adaptado: IBGE, 2022. Elaborada pelos autores, 2024.

Em 2054, a geração acumulada de resíduos sólidos urbanos (RSU) será estimada em 1.260.690 toneladas ao longo de 30 anos, contando a partir de 2022 (Tabela 6). No entanto, de acordo com dados da ABRELPE (2023), cerca de 20,3% desses resíduos serão destinados à coleta seletiva, o que reduz o volume total a ser destinado ao aterro sanitário para, aproximadamente, 1.004.770 toneladas em 30 anos. Para determinar a área mínima necessária para a construção do aterro, considera-se o peso específico do resíduo compactado de 9,3 toneladas por metro cúbico (BROMWELL, 1978; MORAES, 2024).

Adicionalmente, deve-se considerar um acréscimo de 30% no volume total para o solo de cobertura, resultando em um volume estimado de 140.452 metros cúbicos. De acordo com a proposta de Moraes (2024), considerando-se uma altura de deposição de 5 metros, a área necessária para o aterro é por volta de 3 hectares, proporcionando capacidade adequada para a disposição final dos resíduos até o ano de 2054.

A Figura 43 simula a altura da pilha e a área total de preenchimento para volume total de resíduo produzido no consórcio intermunicipal CICANASTRA até 2054.

Figura 43 – Área Mínima Necessária para Implementação do Aterro Sanitário



Fonte: Elaborada pelos autores, 2024.

Para atender a essa futura demanda, a responsabilidade pela gestão dos resíduos sólidos pode ser distribuída entre os municípios consorciados, com base na densidade demográfica (Tabela 7).

Tabela 7 – Característica Demográfica do Consórcio CICANASTRA

Municípios	População (hab.) FONTE: IBGE (2022)	Área (km <sup>2</sup> )	Dens. Demo. (hab./km <sup>2</sup> )
Capitólio	10380	521.52	19.90
Córrego Fundo	6133	101.112	60.65
Doresópolis	1461	152.912	9.55
Medeiros	3900	414.895	9.39
Pimenta	8563	414.895	20.63
Piumhi	36062	902.468	39.95
São Roque de Minas	7129	2098.858	3.39
Vargem Bonita	2158	409.897	5.26
<b>Total</b>	<b>75786</b>	<b>5548.099</b>	<b>21.10</b>

Fonte: Adaptado: IBGE, 2022.

Com uma densidade demográfica média de 21,10 hab./km<sup>2</sup> (Tabela 16), os municípios de Córrego Fundo, Piumhi, Pimenta e Capitólio destacam-se por concentrarem as maiores populações em áreas relativamente menores, o que lhes confere maior representatividade dentro do consórcio. Esses municípios desempenham um papel essencial, influenciando diretamente o impacto das futuras operações, ou seja, logo após o estudo de viabilidade, além de contribuírem significativamente para o impulsionamento financeiro e o fortalecimento do apoio político necessário para a gestão consorciada.

No entanto, é fundamental que o estudo preliminar considere todos os municípios, independentemente de fatores como densidade populacional, limites territoriais ou influências políticas, assegurando a isonomia necessária para a futura implementação. Na etapa seguinte, serão abordados os cinco temas classificados, apresentando as restrições das áreas ancoradas pela norma e leis nacionais, convergindo, assim, para a elaboração do dado cartográfico final.

- **Núcleos Populacionais**

Os núcleos populacionais são definidos pela NBR 13896/1997 (p.2) como "localidade sem a categoria de sede administrativa, mas com moradias, geralmente em torno de igreja ou capela, com pequeno comércio". De acordo com a norma, recomenda-se somente uma distância mínima de 500 metros dessas áreas em relação ao aterro sanitário.

Para complementar a legislação e garantir a conservação local, foi utilizada a delimitação da mancha urbana disponibilizada pelo IBGE (2022), classificando seu polígono como inviável e aplicando um *buffer* para criar zonas de amortecimento, destinadas a reduzir os impactos da implementação do aterro sanitário. Na elaboração cartográfica, foram integrados dados referentes aos limites municipais, povoados, vilas, aglomerados rurais e manchas urbanas (Figura 44).

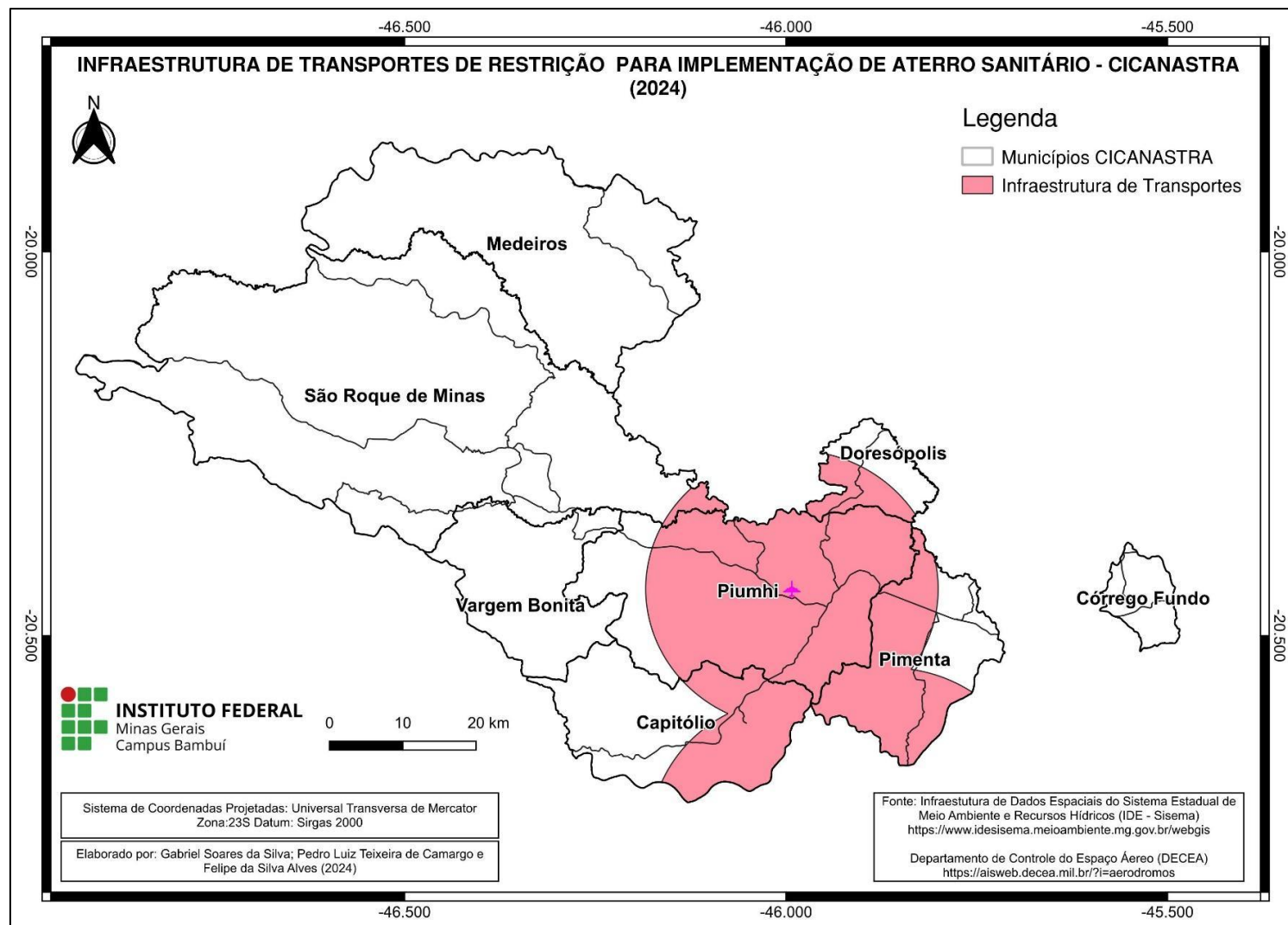


- **Infraestrutura de Transportes**

Neste grupo, foram incluídas as restrições relacionadas a aeródromos, em conformidade com a Lei n.º 12.725, de 16 de outubro de 2012, que determina um raio de 20 quilômetros como área restrita para qualquer atividade com potencial de causar perturbações aéreas. Ressalta-se que, na região Sul de Piumhi, existem outros dois aeroportos cuja presença influencia a delimitação das áreas restritas dentro do limite geográfico do consórcio.

Em relação ao eixo viário, a Lei Federal n.º 13.913, de 25 de novembro de 2019, determina uma faixa de 15 metros como área não edificante. Ambas as restrições foram classificadas como inviáveis para a implementação do aterro sanitário (Figura 45).

Figura 45 – Mapa da Infraestrutura de Transportes



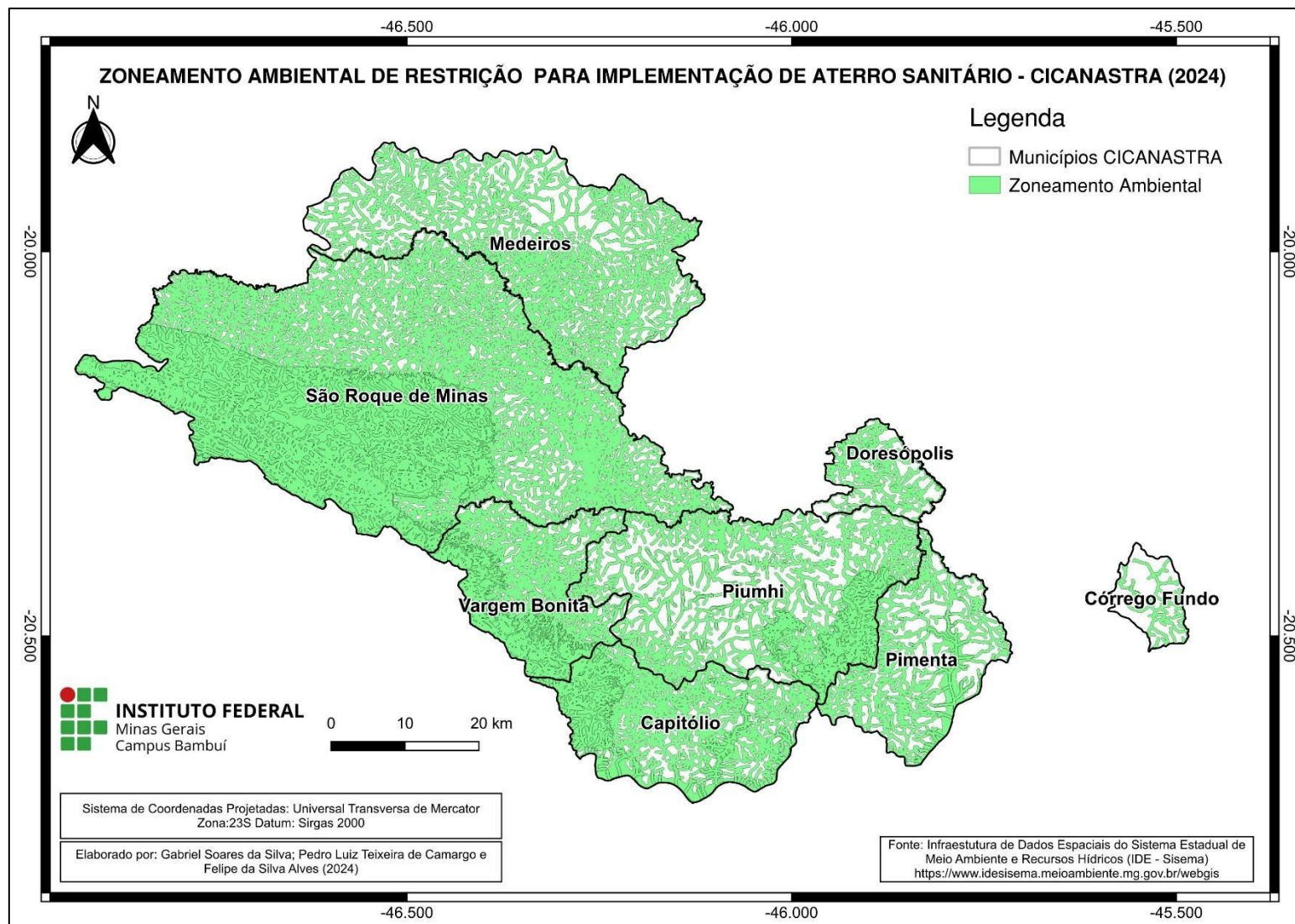
Fonte: Adaptado IDE-SISEMA, 2022; IBGE, 2024. Elaborada pelos autores, 2024.

- **Zoneamento Ambiental**

O aspecto ambiental exige critérios de restrição mais rigorosos. De acordo com a NBR 13.896/1997, Áreas de Proteção Ambiental (APA) e Unidades de Conservação (UC) são protegidas pela Lei Federal n.º 9.985/2000, que proíbe qualquer tipo de manejo do solo nesses locais. Além disso, áreas situadas a menos de 200 metros de cursos d'água são classificadas como inviáveis para a implementação de aterros sanitários.

A Figura 46 apresenta o mapa das zonas ambientais dentro do limite geográfico do consórcio CICANASTRA, destacando APA, UC e Áreas de Proteção Permanente (APP). O mapa ressalta a inviabilidade de implementar aterros sanitários em toda a área delimitada pelo polígono.

Figura 46 – Mapa do Zoneamento Ambiental

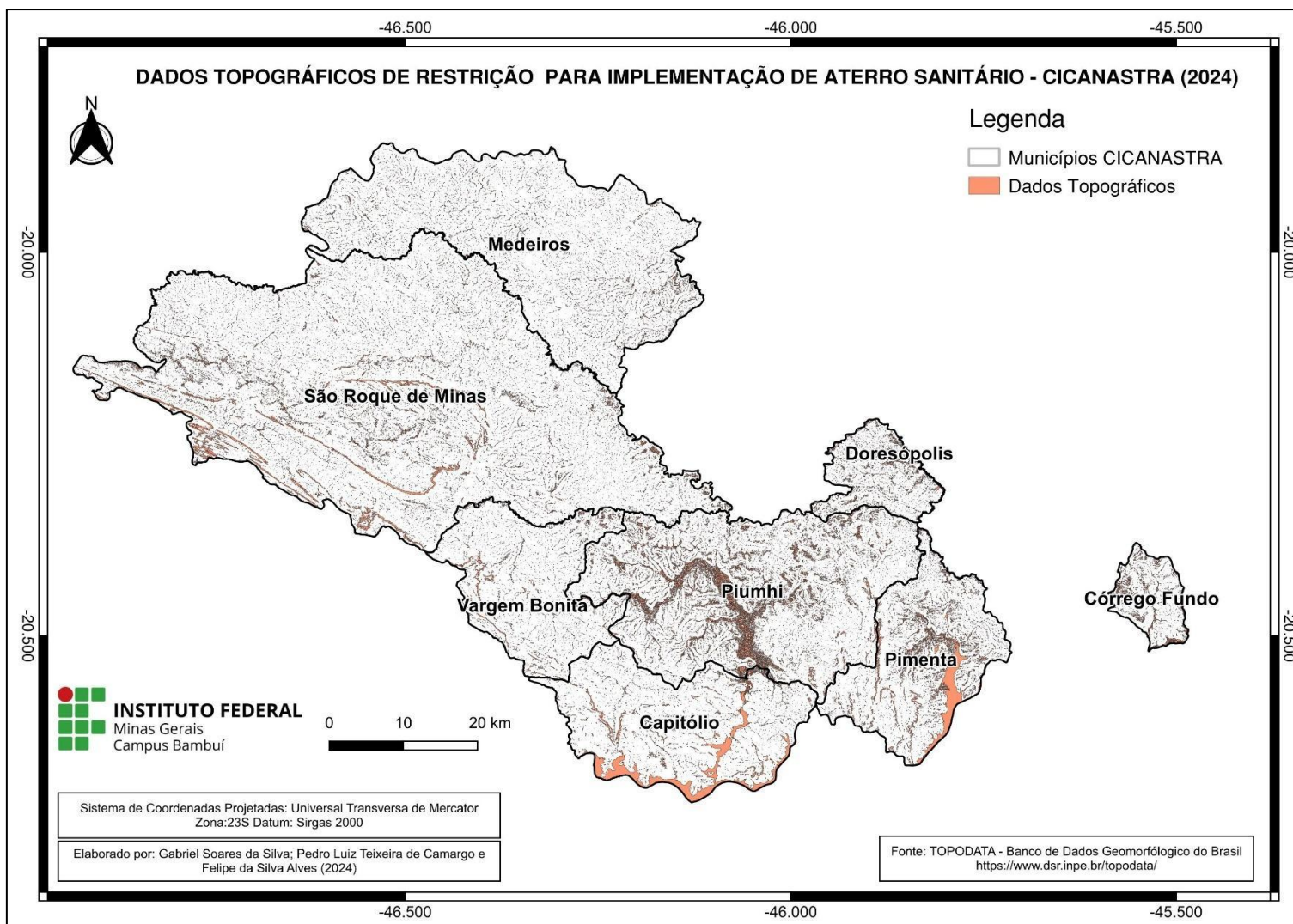


Fonte: Adaptado IDE-SISEMA, 2022. Elaborada pelos autores, 2024.

- **Dados Topográficos**

Com base no Projeto *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o levantamento topográfico foi fundamental para avaliar a declividade do terreno, em conformidade com a NBR 13.896/1997. O mapa abaixo destaca as áreas com declividades inferiores a 1% ou superiores a 30%, classificadas como inviáveis devido aos riscos de drenagem inadequada, inundações e instabilidade. Essas áreas estão representadas no polígono da Figura 47. A classificação em laranja representa os locais desfavoráveis dentro do limite geográfico, enquanto as áreas em branco indicam regiões adequadas para a implementação de um aterro sanitário.

Figura 47 – Mapa dos Dados Topográficos



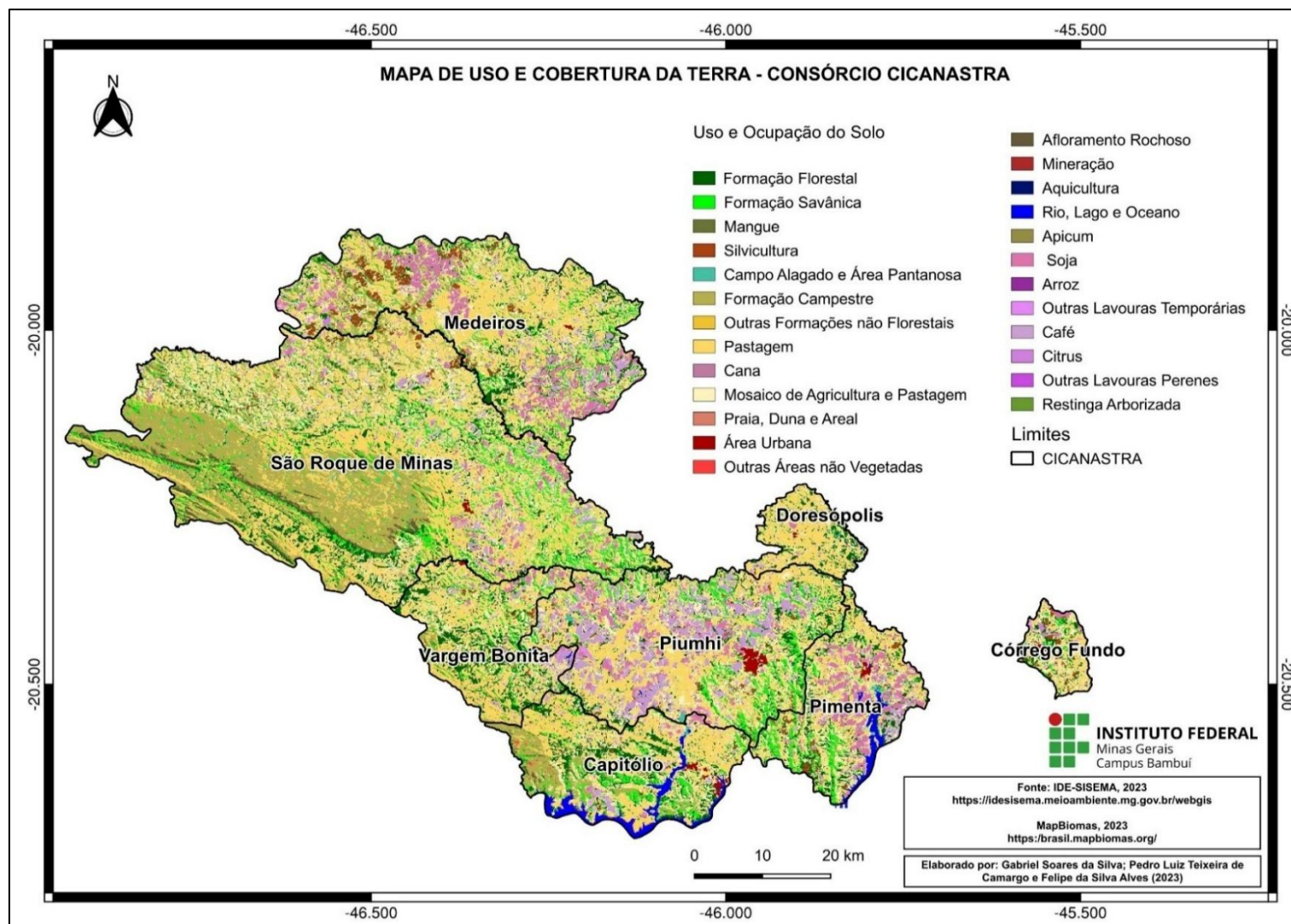
Fonte: Adaptado IDE-SISEMA, 2022; TOPODATA, 2024. Elaborada pelos autores, 2024.

- **Uso e ocupação da terra**

Embora não exista uma regulamentação específica que defina critérios para o uso e ocupação da terra, é recomendável utilizar dados confiáveis, como os disponibilizados pelo MapBiomas (2021). Com base nesses dados, classificaram-se tanto as condições naturais quanto os locais modificados antropicamente por atividades econômicas.

O polígono gerado restringe formações naturais, como florestas, savanas, campos, áreas alagadas e pantanosas, afloramentos rochosos, rios, lagos e oceanos, além de áreas antrópicas ou de grande impacto econômico, como zonas de mineração, áreas urbanas e plantações de café (Figura 48). As áreas em branco no mapa (pastagens, áreas não vegetadas e outras formações não florestais) correspondem às regiões que não se enquadram nas categorias descritas, tornando possível a implementação de aterro sanitário.

Figura 48 – Mapa de Uso e Ocupação da Terra



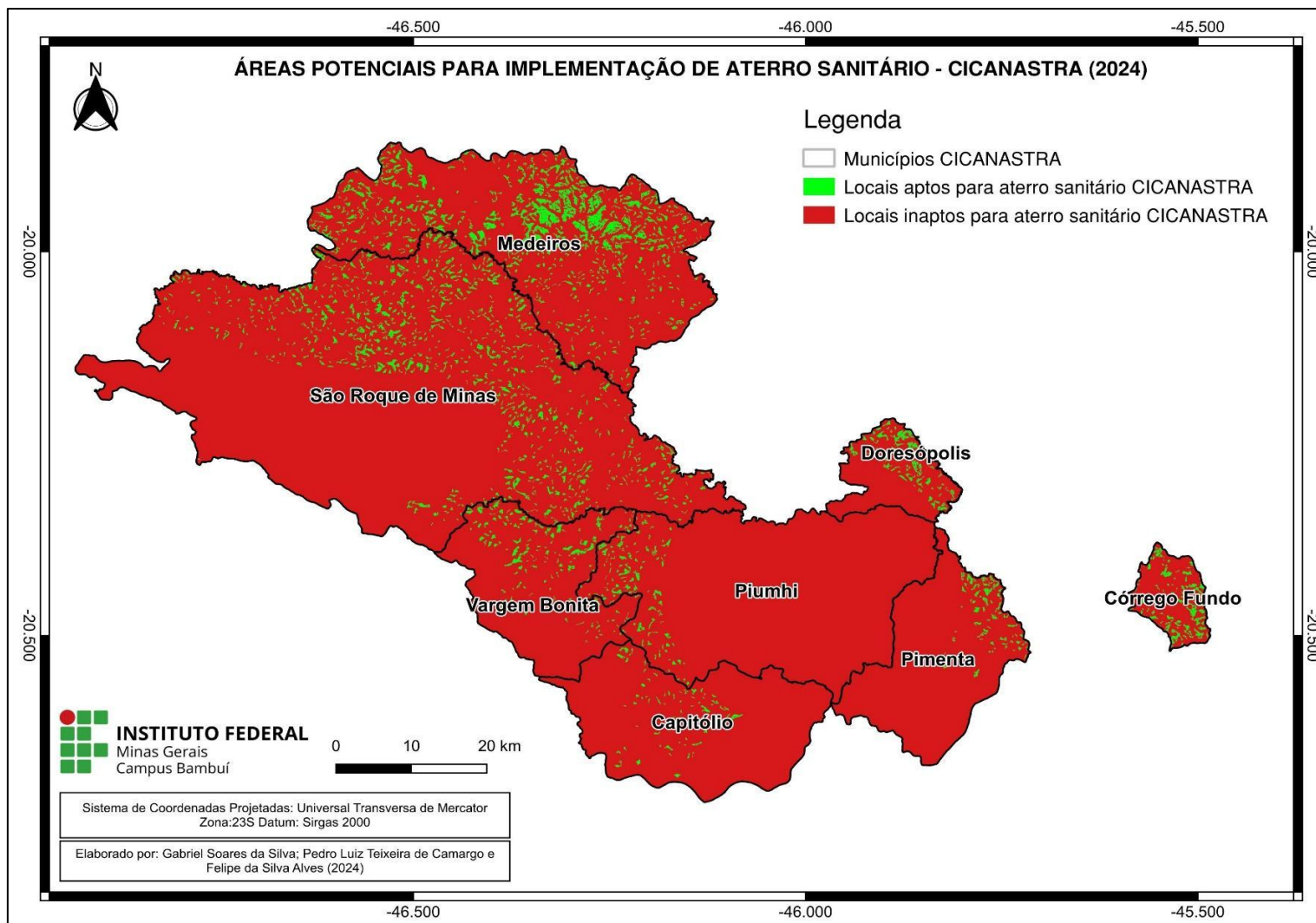
Fonte: Adaptado IBGE, 2022; IDE-SISEMA, 2022; TOPODATA, 2024; MapBiomias, 2022. Elaborada pelos autores, 2024.

A união dos dados temáticos foi realizada após o processamento individual de cada camada, conforme supracitado, integrando todas as restrições em um único *dataset*. As camadas correspondentes a uso e ocupação da terra, dados topográficos, zoneamento ambiental, infraestrutura de transportes e núcleos populacionais foram mescladas utilizando-se a ferramenta “Mesclar Camadas Vetoriais” (*Merge Vector Layers*). Esse procedimento consolidou todas as restrições em uma camada única, representando as áreas inviáveis para a instalação de aterros sanitários.

As geometrias resultantes dessa união foram, então, submetidas a um processo de dissolução, com o objetivo de eliminar sobreposições redundantes e criar polígonos simplificados que representassem as áreas inviáveis. Em seguida, por meio de uma operação de diferença simétrica (*Symmetrical Difference*), essas áreas inviáveis foram subtraídas da extensão total do limite geográfico, revelando as áreas restantes como potencialmente viáveis.

Por fim, as áreas viáveis identificadas foram refinadas para incluir apenas polígonos com tamanho superior a três hectares, garantindo sua adequação prática para a instalação de aterros sanitários (Figura 49).

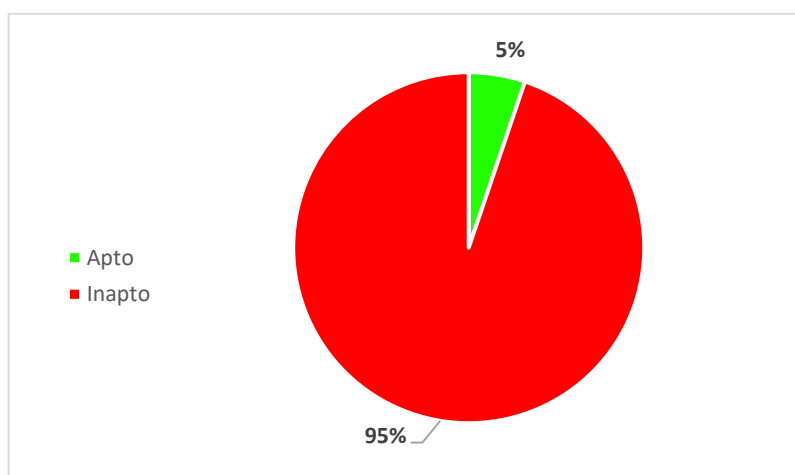
Figura 49 – Mapa com Áreas Aptas para Implementação de Aterro Sanitário



Fonte: Adaptado IBGE, 2022; IDE-SISEMA, 2022; TOPODATA, 2024. Elaborada pelos autores, 2024.

Observa-se, na Figura 50, que a maior parte da área mapeada é classificada como inapropriada, correspondendo a 95% do total, enquanto apenas 5% são considerados aptos, totalizando, aproximadamente, 28.821,879 hectares. Vale ressaltar que, para a implementação de um aterro sanitário com capacidade para atender aos municípios do CICANASTRA por 30 anos, será necessário um espaço de três hectares.

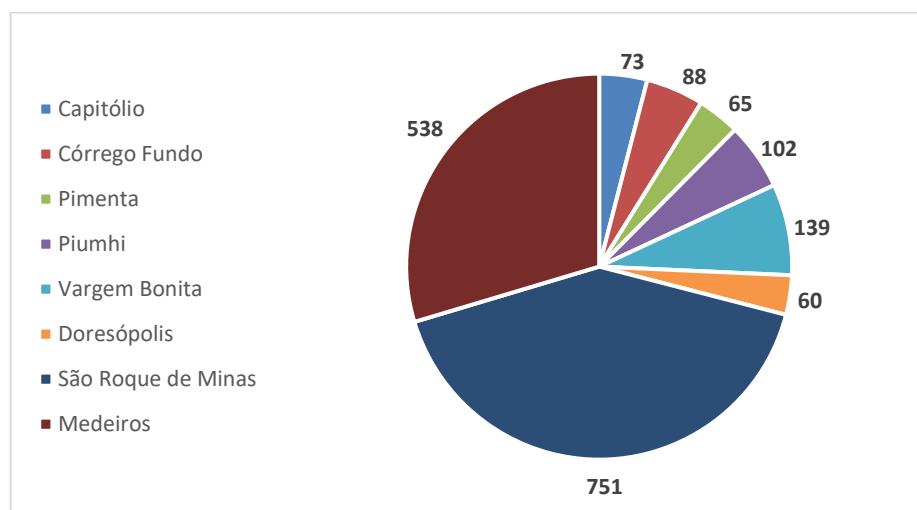
Figura 50 – Distribuição das Áreas Aptas e Inaptas para Implementação do AS com base no Mapa Gerado



Fonte: Adaptado IBGE, 2022. Elaborada pelos autores, 2024.

Ao analisar a quantidade de áreas aptas por município pertencente ao consórcio, observa-se que Medeiros e São Roque de Minas possuem o maior número de locais possíveis para a implementação (Figura 51).

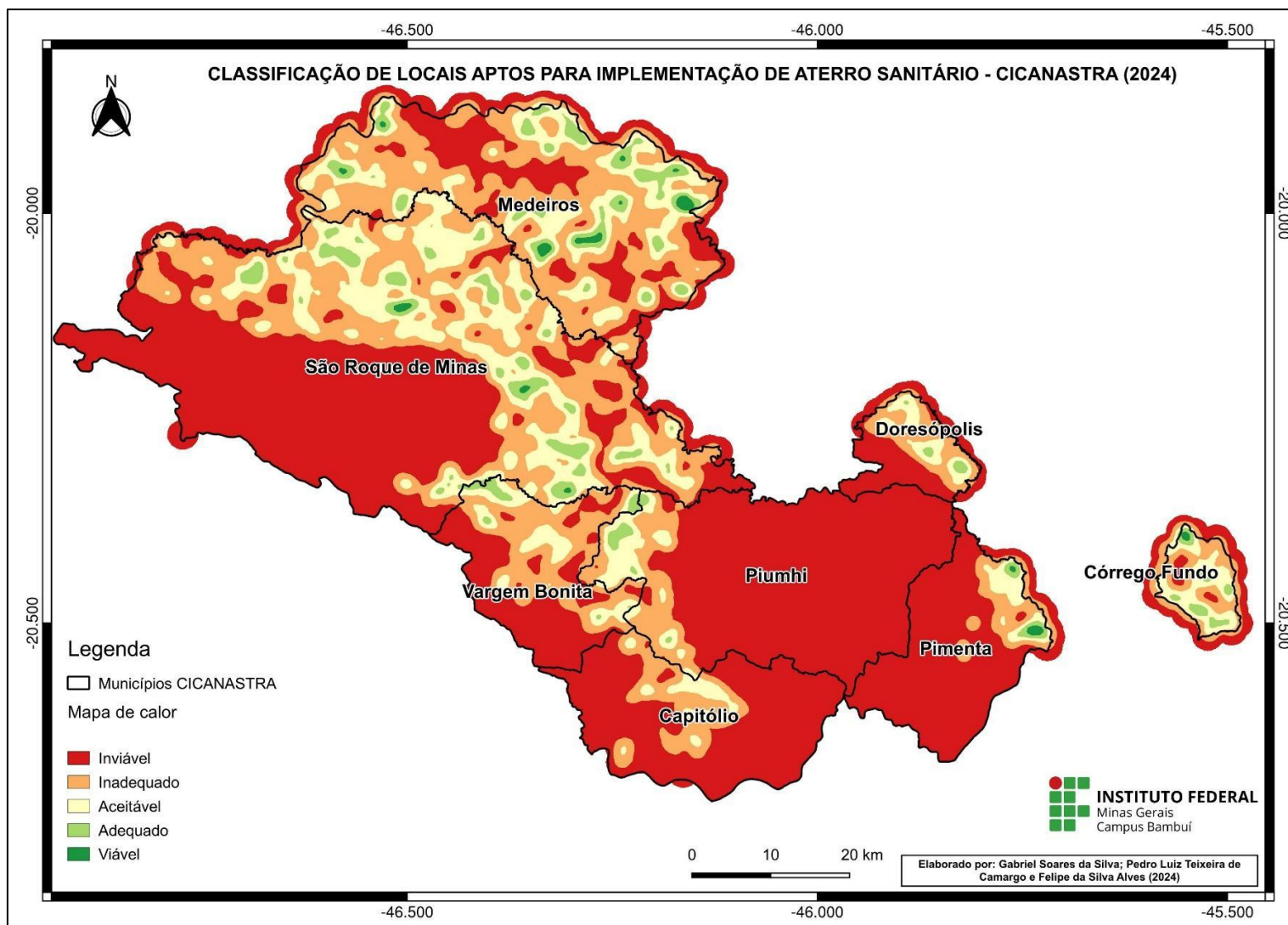
Figura 51 - Distribuição de Área Ideal Disponível por Município



Fonte: Adaptado IBGE, 2022. Elaborada pelos autores, 2024.

Todavia, a disponibilidade de locais aptos não está associada à densidade de áreas em potencial, ou seja, quanto maior a densidade de pontos indicando aptidão, torna-se mais indicado o local a ser avaliado *in loco*. O mapa de calor de kernel fornece um complemento a essa informação, ajudando a visualizar áreas com maior concentração de potencial.

Figura 52 – Mapa de Localização das Áreas Ideais e Adequadas

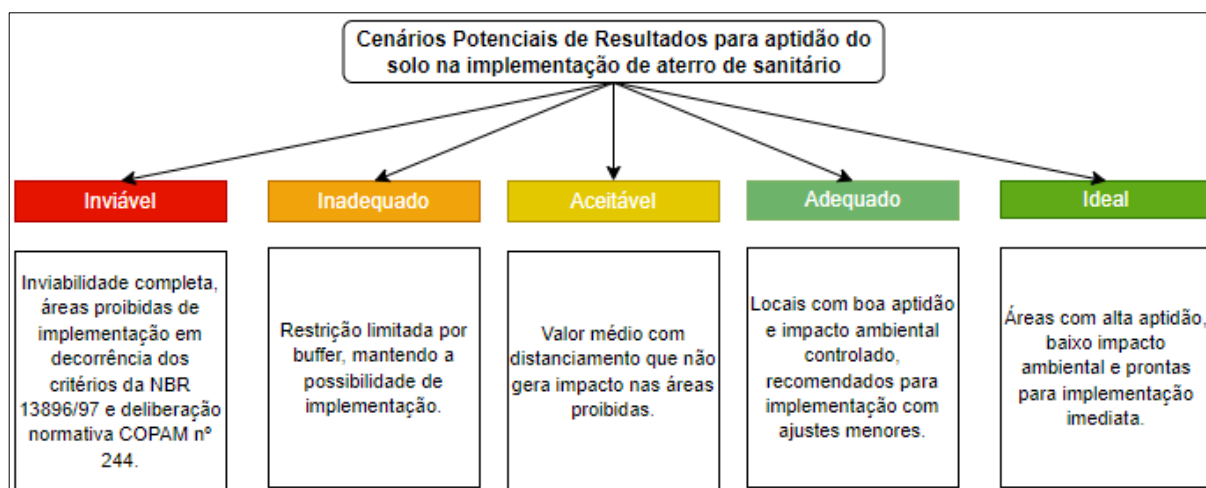


Fonte: Adaptado IBGE, 2022; IDE-SISEMA, 2022; TOPODATA, 2024; MapBiomias, 2022. Elaborada pelos autores, 2024.

O mapa de calor, gerado pela técnica de estimativa de densidade Kernel, avaliou, por meio de interpolação, em um raio de 2 km, os pontos centrais das áreas aptas, destacando as regiões com maior concentração de pontos viáveis para a implantação dos aterros sanitários. A escala de representação utilizada no mapa de calor apresenta cinco cenários distintos: inviável (0 pontos aptos), inadequado (1-2), aceitável (2-4), adequado (4-6) e viável (mais de 6) (Figura 53).

Essa visualização intuitiva permitiu identificar rapidamente as regiões mais promissoras para estudos de campo e futuras implementações. As áreas evidenciadas no mapa representam a síntese do processo analítico, desde a seleção de critérios até a aplicação de *buffers* e sobreposição de camadas temáticas.

Figura 53 – Classificação Gerada pela Interpolação



Fonte: Elaborada pelos autores, 2024.

A integração entre a metodologia computacional e as análises espaciais trouxe confiabilidade aos resultados. A lógica booleana aplicada no *script* permitiu a exclusão de áreas inviáveis e a classificação de regiões com potencial.

A distribuição das áreas aptas, conforme o mapa, reflete também a estratégia de priorização adotada. Regiões próximas a rodovias, como a MG-050 e a MG-341, foram destacadas devido à sua relevância logística, conforme recomendado pela FEAM, pois, assim, ganham escala na destinação dos RSU, o que contribui para a eficiência no transporte de resíduos.

Além disso, a implantação de soluções sustentáveis para a gestão de resíduos sólidos exige uma abordagem integrada entre os municípios consorciados, garantindo a participação social e o alinhamento com as políticas públicas existentes.

Os resultados obtidos atendem plenamente aos objetivos deste estudo, respondendo às necessidades atuais dos municípios integrantes do consórcio. Foi possível identificar um conjunto de locais adequados para a implementação do aterro sanitário intermunicipal, projetado para atender à demanda por um período de 30 anos.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como objetivo principal avaliar a eficácia do uso de ferramentas de sensoriamento remoto e geoprocessamento na identificação de áreas aptas para a implantação de aterros sanitários no âmbito do consórcio CICANASTRA. Com base na metodologia empregada, que utilizou lógica booleana e integração de dados temáticos, foi possível desenvolver um processo analítico robusto e estruturado, culminando na elaboração de mapas detalhados, como o mapa de calor aferindo regiões aptas para destinação dos resíduos sólidos urbanos. Os resultados alcançados confirmam que os objetivos propostos foram atingidos, uma vez que a metodologia permitiu identificar áreas que atendem aos critérios normativos e logísticos, fornecendo subsídios técnicos para o planejamento da gestão de resíduos sólidos.

Quanto às expectativas iniciais da pesquisa, os resultados confirmaram que o geoprocessamento e o sensoriamento remoto são, de fato, ferramentas eficazes para a identificação de áreas adequadas à implantação de aterros sanitários. Os resultados evidenciam o potencial dessas tecnologias em oferecer soluções otimizadas para análise preliminar, além de facilitar a seleção de regiões prioritárias para investigações complementares, como análises de campo e estudos ambientais mais detalhados.

Ainda assim, destaca-se a necessidade de validações adicionais, como análises de campo, para confirmar as condições do solo e do lençol freático, o que exige estudos detalhados de prospecção. A implementação prática das áreas identificadas dependerá de etapas complementares, incluindo visitas técnicas, realização de estudos específicos e atendimento às exigências para o licenciamento ambiental. Essas etapas devem avaliar as características geológicas, a profundidade do lençol freático e outros fatores essenciais para garantir a viabilidade técnica e ambiental dos locais selecionados.

A integração entre os municípios do consórcio, associada a um planejamento participativo e ao alinhamento com políticas públicas, serão essenciais para garantir que as soluções propostas sejam eficazes e sustentáveis. Nesse contexto, as ferramentas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) mostraram-se fundamentais para a análise e integração de dados espaciais, permitindo identificar áreas adequadas de forma rápida e precisa.

Além disso, iniciativas para a destinação correta dos resíduos sólidos urbanos (RSU) devem ser acompanhadas por programas contínuos de educação ambiental. A conscientização sobre práticas de redução, reciclagem e reutilização de resíduos, associada ao

consumo responsável, são cruciais para diminuir a pressão sobre os aterros sanitários e mitigar os impactos ambientais associados à deposição final.

Por fim, este trabalho deixa como legado não apenas uma base sólida para a tomada de decisão no âmbito do consórcio CICANASTRA, mas também a criação de um *script* automatizado desenvolvido especificamente para a análise e identificação de áreas aptas à implantação de aterros sanitários. Essa ferramenta, baseada em lógica booleana e integrada a metodologias de geoprocessamento, representa uma contribuição significativa para a disseminação de práticas sustentáveis na gestão de resíduos sólidos. Ao possibilitar a replicação do método em outras regiões, o *script* promove a democratização do uso de tecnologias avançadas, tornando acessíveis análises técnicas e ambientalmente embasadas. Assim, este estudo não apenas atende às demandas locais, mas também estabelece um marco para a aplicação de soluções inovadoras e compartilháveis, ampliando seu impacto para além dos limites do consórcio e contribuindo para uma gestão de resíduos mais sustentável em nível regional e nacional.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10004**: Resíduos Sólidos–Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8419**: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13896**: Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.
- ANDRADE, Conrado Oliveira de Pádua; CARVALHO, Rita de Cássia Ribeiro; GODINHO, Ricardo Ferreira; MAGRI, Rômulo Amaral Faustino. Elaboração e aplicação de uma rota de trekking em uma área do Parque Nacional da Serra da Canastra. **Revista Brasileira de Ecoturismo (RBEcotur)**, [S. l.], v. 9, n. 2, 2016. DOI: 10.34024/rbecotur.2016.v9.6523. Disponível em: <https://periodicos.unifesp.br/index.php/ecoturismo/article/view/6523>. Acesso em: 28 nov. 2024.
- ALHARBI, Talal. A Weighted Overlay Analysis for Assessing Urban Flood Risks in Arid Lands: A Case Study of Riyadh, Saudi Arabia. **Water**, v. 16, n. 3, p. 397, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/w16030397>. Acesso em: 04 dez. 2024.
- ALKMIM, Fernando Flecha. História Geológica de Minas Gerais. *In*: Recursos Minerais de Minas Gerais. **CODENGE**. 2018. Disponível em: <http://recursomineralmg.codemge.com.br/historia-geologica-de-minas-gerais/>. Acesso em: 04 dez. 2024.
- ALMEIDA, Francis Paulo Dias. **Finanças públicas do império (1822-1889): a frágil e lenta evolução fiscal do estado brasileiro**. 2022. 119 f., il. Dissertação (Mestrado em Economia) — Universidade de Brasília, Brasília, 2022.
- ALMEIDA, Simone Nóbrega Ribeiro. **Aplicação de geoprocessamento na identificação de áreas para implantação de aterro sanitário para o município de Pombal - PB**. 2016. 88f. (Dissertação de Mestrado Profissional). Programa de Pós-graduação em Sistemas Agroindustriais, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande – Pombal – Paraíba – Brasil, 2016
- ALVARENGA, Luciano José; CASTRO, Paulo Tarso Amorim; BERNARDO, João Manuel; CAMPOS, Lara Christina. Paisagem cultural e geoconservação: contributos conceituais aplicados na Serra da Canastra, Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 41, p. 241-251, 2018. Disponível em: [http://www.anuario.igeo.ufrj.br/2018\\_2/2018\\_2\\_241\\_251.pdf](http://www.anuario.igeo.ufrj.br/2018_2/2018_2_241_251.pdf). Acesso em: 11 abr. 2023.
- ALVES, Nascimento Gabriel; MACHADO, Santos Charliton José; NEVES, Nascimento Sabino Vanusa. Ruralismo, Educação e Trabalho na Paraíba: A escola profissional presidente João Pessoa e o professor Sizenando costa em 1930. **Colóquio do Museu Pedagógico-ISSN 2175-5493**, v. 14, n. 1, p. 2737-2741, 2022.

ARISTÓTELES. **Política**. Tradução de Mário da Gama Kury. 3. ed. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1998.

BABA, Hiroki; ASAMI, Yasushi. Municipal population size and the benefits of inter-municipal cooperation: panel data evidence from Japan. **Local Government Studies**, v. 45, n. 3, p. 371-393, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/03003930.2019.1624257> Acesso em: 15 abr. 2023.

BAIERLE, Bruno; MUNIZ, Mariana Souza, TOMAZONI, Julio Caetano, MANOSSO, Fernando Cesar (2016) Seleção de área adequada para a implantação de aterro sanitário no município de Marmeleiro – PR, através de técnicas de geoprocessamento. **Engenharia Ambiental: Pesquisa Tecnologia**, 13(2), 110-127.

BASTOS, Aureliano Cândido Tavares. **A província: estudo sobre a descentralização no Brasil**. BL Garnier, 1870.

BARGOS, Danubia Caporusso; MIROSEVIC, Ellen. Obsolescência programada e conscientização ambiental: estudo de caso com graduandos de engenharia ambiental. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 17, n. 5, p. 175-189, 2022.

BESEN, Gina Rizpah; RIBEIRO, Helena; GUNTHER, Wanda Maria Risso; JACOBI, Pedro Roberto. Coleta seletiva na região metropolitana de São Paulo: impactos da Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Ambiente & Sociedade**, v. 17, p. 259-278, 2014.

BERCOVICI, Gilberto. A formação da " Democracia Oligárquica" no Brasil Imperial. **Revista Brasileira de Direito Constitucional**, v. 3, n. 1, p. 93-115, 2004.

BIANCHINI, Cleberton Diego; OLIVEIRA, GG de. Geoprocessamento aplicado à identificação de áreas aptas para a implantação de unidades de conservação no Vale do Taquari, RS. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 71, n. 2, p. 513-541, 2019.

BOLFE, Édson Luis; MATIAS, Lindon Fonseca; FERREIRA, Marcos César. Sistemas de informação geográfica: uma abordagem contextualizada na história. **Geografia**, v. 33, n. 1, p. 69-88, 2008.

BONHAM-CARTER, Graeme. Geographic information systems for geoscientists: modelling with GIS. **Elsevier**, 1994.

BOURDIEU, Pierre. **O poder simbólico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1989. Disponível em: <https://nepegeo.paginas.ufsc.br/files/2018/06/BOURDIEU-Pierre.-O-poder-simb%C3%B3lico.pdf> Acesso em: 08 abr. 2023.

BUTTERS, Lucas Mageste; PEREIRA, Alexandre Cardoso; CHARMELO, Leopoldo Concepción; LORETO, Alessandro Saraiva. Uso de sistema de informações geográficas para identificação da capacidade de susceptibilidade à movimentos de massa na bacia hidrográfica do Rio Caratinga, Minas Gerais. **ForScience**, v. 8, n. 2, p. e00541-e00541, 2020.

BDIA. **Banco de Dados e Informações Ambientais**. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/home>. Acesso em: 08 abr. 2024.

**BRASIL.** [Constituição (1824)]. **Constituição Política do Império do Brasil 1824.** Brasília, DF: Presidência da República, 2024. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao24.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao24.htm). Acesso em: 10 jan. 2024.

**BRASIL.** Coleção de Leis do Império do Brasil. **Lei nº 16, de 12 de agosto de 1834.** Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/leimp/1824-1899/lei-16-12-agosto-1834-532609-norma-pl.html>. Acesso em: 04 abr. 2024.

**BRASIL.** Presidência da República. **Lei Complementar nº 87, de 13 de setembro de 1996.** Dispõe sobre o Imposto dos Estados e do Distrito Federal sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação (ICMS). Brasília, DF: Presidência da República, 1996. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/lcp/lcp87.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp87.htm). Acesso em: 04 abr. 2024.

**BRASIL.** Presidência da República. **Lei Complementar nº 101, de 4 de maio de 2000.** Estabelece normas de finanças públicas voltadas para a responsabilidade na gestão fiscal e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2000. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/lcp/lcp101.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp101.htm). Acesso em: 04 abr. 2024.

**BRASIL.** Presidência da República. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000.** Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2000. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19985.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm). Acesso em: 14 abr. 2024.

**BRASIL.** Presidência da República. **Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005.** Dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2005. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2005/lei/111107.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/111107.htm). Acesso em: 08 jun. 2023.

**BRASIL.** Presidência da República. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2010. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm). Acesso em: 04 abr. 2024.

**BRASIL.** Presidência da República. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006, e revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989. Brasília, DF: Presidência da República, 2012. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm). Acesso em: 14 abr. 2024.

CAMPOS, Yussef Daibert Salomão. **Imaterialidade do Patrimônio e Identidade Social: uma análise da lei Robin Hood de Minas Gerais.** 2010. 113 f. Dissertação (Mestrado em Memória Social e Patrimônio Cultural) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2010.

CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu. Conceitos básicos em Geoprocessamento. **Geoprocessamento: teoria e aplicação (livro on-line)**. São José dos Campos: INEP, 1999.

CÂMARA, Gilberto. Desenvolvimento de sistemas de informação geográfica no Brasil: desafios e oportunidades. **Semana de Geoprocessamento do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, 1996.

CÂMARA, Gilberto; ORTIZ, Manoel Jimenez. Sistemas de informação geográfica para aplicações ambientais e cadastrais: uma visão geral. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola: Cartografia, Sensoriamento e Geoprocessamento**. 1998. p. 59-88.

CAMARA, Mauro Gonçalves; PINHEIRO, Clarice Rodrigues; PIRES, Carolina Gonçalves; GIRARD, Livia Barreto Carvalhaes; FERREIRA, Gisele de Lima. **1808 - O impacto na formação política, social e econômica brasileiras na visão de Caio Prado Júnior**. OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA, [S. l.], v. 21, n. 10, p. 15955–15974, 2023. DOI: 10.55905/oelv21n10-079. Disponível em: <https://ojs.observatoriolatinoamericano.com/ojs/index.php/olel/article/view/1586>. Acesso em: 15 jan. 2025.

CAMARGO, Pedro Luiz. Teixeira. **Soluções biogeográficas de geoconservação com ênfase nas relações entre solo, água e planta na bacia do Rio Pardo e suas adjacências, São Francisco, norte de Minas Gerais**. 2018. 404 f. Tese (Doutorado em Evolução Crustal e Recursos Naturais) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018.

CARDOSO, Paulo Rodrigues. **O desenvolvimento na Canastra: estudo de caso da produção do queijo canastra em Medeiros e São Roque de Minas observando os seus capitais intangíveis**. 2021. 137 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Administração) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2021.

CARMO, Laiane Oliveira; MELO NOBRE, Fernanda Silva; RUIZ-ESPARZA, Daniela Pinheiro Bitencurti. Geoprocessamento como ferramenta para a avaliação de áreas para a construção de aterros sanitários. **Scientia Plena**, v. 12, n. 7, 2016.

CÁRDENAS-GUTIÉRREZ, Javier Alfonso; JÁCOME CARRASCAL, José Leonardo; VERGEL ORTEGA, Mawency. V Determinación de la precipitación media anual en la cuenca del arroyo Aguablanca mediante SIG y el método IDW. **Revista Boletín Redipe**, v. 10, n. 5 (2021), p. 199-207, 2021.

CARVALHO NETO, Romário Moraes. Desenvolvimento de plugin para análise multicritério ponderada no QGIS. 2021.

CARVALHO, Douglas Antônio; OLIVEIRA-FILHO, Ary Teixeira; VILELA, Enivanis Abreu; CURI, Nilton; BERG, Eduardo Van Den; FONTES, Marco Aurélio Leite; BOTEZELLI, Luciana. Distribuição de espécies arbóreo-arbustivas ao longo de um gradiente de solos e topografia em um trecho de floresta ripária do Rio São Francisco em Três Marias, MG, Brasil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 28, n. 2, p. 329-345, 2005.

CARVALHO, Thiago Morato; FERREIRA, Manuel Eduardo; BAYER, Maximiliano. Análise integrada do uso da terra e geomorfologia do bioma Cerrado: um estudo de caso para Goiás.

**Revista Brasileira de Geografia Física, Recife**, v. 1, n. 1, p. 1-11, ago. 2008. Disponível em: <http://jbb.ibict.br/handle/1/705> Acesso em: 25 jul. 2023

CARVALHO, Yuri. “Graças a Deus somos reacionários”: o movimento municipalista brasileiro e as conspirações golpistas pré-1964. **Faces de Clio**, v. 7, n. 14, p. 209-232, 2021.

CARVALHO, Jônatas Melo. **Aplicação do processo oxidativo avançado Fenton para o tratamento de lixiviado de aterro sanitário**. 2017. 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Processos Ambientais) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

CIOCCARI, Deysi; PERSICHETTI, Simonetta. O Brasil agrário: o conservadorismo e a direita na bancada ruralista. **Em Tese**, v. 17, n. 1, p. 7-32, 2020.

COELHO, Victor Hugo Rabelo; MONTEGRO, Suzana Maria Gico Lima; ALMEIDA, Cristiano Neves; LIMA, Eduardo Rodrigues Viana; NETO, Alfredo Ribeiro; MOURA, Glawbber Spindola Saraiva. Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 64-72, 2014.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (CMMAD). **Nosso futuro comum** Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1988.

COSTA DE OLIVEIRA, Cláudia Elaine Costa de Oliveira. Cerrado Brasileiro - Hotspot. **Revista de Estudos Interdisciplinares do Vale do Araguaia - REIVA**, [S. l.], v. 5, n. 02, p. 13, 2022. Disponível em: <https://reiva.unifaj.edu.br/reiva/article/view/302>. Acesso em: 28 nov. 2024.

CHEN, David Meng-Chuen; BODIRSKY, Benjamin Leon; KRUEGER, Tobias; MISHRA, Abhijeet; POPP, Alexander. The world's growing municipal solid waste: trends and impacts. **Environmental Research Letters**, v. 15, n. 7, p. 074021, 2020.

DAVIS, Paula Guelman; BIONDINI, Isabella Virgínia Freire. Endividamento público de Minas Gerais: histórico e recentes propostas de recuperação. **Cadernos Gestão Pública e Cidadania**, v. 23, n. 76, 2018.

DOLBEER, Richard; WRIGHT, Sandra; CLEARY, Edward. Ranking the hazard level of wildlife species to aviation. **Wildlife Society Bulletin**, p. 372-378, 2000.

DUTRA, Débora Joana; SILVA, Laura Magalhães Rocha; VIMIEIRO, Gisele Vidal; COELHO, Carlos Wagner Gonçalves Andrade. Seleção de área para construção de aterro sanitário no município de Esmeraldas, MG, a partir da utilização de ferramentas de geoprocessamento. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 13, n. 2, p. 106-118, 2019

EASTMAN, Ronald; JIN, Weigen; KYEM, Peter; TOLEDANO, James. ,1995, Raster procedures form multi-criteria/multi-objective decisions. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v61, n 5, may, p. 539-547.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Território Mata Sul Pernambucana: Características do Território - Recursos Naturais - Solos**. Disponível em:

<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/territorios/territorio-mata-sul-pernambucana/caracteristicas-do-territorio/recursos-naturais/solos>. Acesso em: 18 abr. 2024.

ELKHRACHY, Ismail. Solid waste assessment and management using remote sensing data and GIS tools: A case study of Najran City, KSA. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. **IOP Publishing**, 2022. p. 012041.

ESRI. Spatialization. [cognição]. **A transformação de dados complexos, multivariados, não espaciais em uma representação espacial localizada em um espaço de informações, que mostra os relacionamentos entre eles**. Disponível em: <https://support.esri.com/pt-br/gis-dictionary/spatialization#:~:text=%5Bcognition%5D%20A%20transforma%C3%A7%C3%A3o%20de%20dados,mostra%20os%20relacionamentos%20entre%20eles>. Acesso em: 26 abr. 2024.

FADINI, Pedro Sérgio; FADINI, Almerinda Antônia Barbosa. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola. **Divisão de Ensino de Química da Sociedade Brasileira de Química**, n. 1, 2001.

FARIAS, Amanda Paiva. **Evolução espaço-temporal do uso e ocupação do solo em área de Aterro Sanitário no Semiárido Brasileiro**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Pós-Graduação em Gestão de Recursos do Semiárido - Instituto Federal da Paraíba, Picuí – PB, 2023.

FEAM - Fundação Estadual de Meio Ambiente. **Plano Preliminar de Regionalização da Gestão de Resíduos Sólidos para o Estado de Minas Gerais**. 2014. Volume IV – Plano Preliminar. Disponível em: [https://www.feam.br/images/stories/2021/RESIDUOS/PLANO\\_PRELIMINAR\\_compressed.pdf](https://www.feam.br/images/stories/2021/RESIDUOS/PLANO_PRELIMINAR_compressed.pdf) Acesso em: 02 abr. 2024.

FEAM - Fundação Estadual de Meio Ambiente. **Cartilha de Orientações aos Consórcios**. 2016. Disponível em: [https://www.feam.br/images/stories/2016/RESIDUOS/MINAS\\_SEM\\_LIX%C3%95ES/CARTILHA\\_DE\\_ORIENTA%C3%87%C3%95ES\\_AOS\\_CONS%C3%93RCIOS\\_base\\_3.pdf](https://www.feam.br/images/stories/2016/RESIDUOS/MINAS_SEM_LIX%C3%95ES/CARTILHA_DE_ORIENTA%C3%87%C3%95ES_AOS_CONS%C3%93RCIOS_base_3.pdf) Acesso em: 02 abr. 2024.

FEATHERSTONE, Mike. Localismo, globalismo e identidade cultural. **Sociedade e Estado**, v. 11, n. 01, p. 9-42, 1996.

FELICORI, Thaís de Carvalho; MARQUES, Eduardo Antonio Gomes; SILVA, Tatiana Quintão; PORTO, Bárbara Batista; BRAVIN, Tamila Caliman; SANTOS, Kássia Mara Cota. Identificação de áreas adequadas para a construção de aterros sanitários e usinas de triagem e compostagem na mesorregião da Zona da Mata, Minas Gerais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, p. 547-560, 2016.

FERNÁNDEZ-GONZALEZ, José Manuel., GRINDLAY, Alejandro Luis, SERRANO-BERNARDO, Francisco, RODRÍGUEZ-ROJAS, María Isabel, ZAMORANO, Montserrat. (2017). Economic and environmental review of Waste-to-Energy systems for municipal solid waste management in medium and small municipalities. **Waste Management**, v. 67, p. 360-374, 2017.

FERNANDES, Cassio Aparecido Borges; CARÍSSIMO, Cláudio Roberto. Endividamento público: um estudo sobre as dívidas públicas dos municípios da microrregião de Varginha dos anos de 2015 e 2016. **Economia & Região**, v. 10, n. 3, p. 68-84, 2022.

FERNANDES, Natalia Barbosa. **Gestão de resíduos sólidos gerados pelo turismo em parques nacionais: análise comparativa entre Brasil e Canadá**. 2021. 121 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento, Tecnologia e Sociedade) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2021.

FERREIRA, Marinaldo Loures; ANDRADE, André Medeiros; SANTIAGO, Wesley Esdras. Geoprocessamento aplicado à identificação de áreas propícias ao cultivo de café. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, p. e17410414050-e17410414050, 2021.

FERREIRA, Cynthia Fantoni Alves; JUCÁ, José Fernando Thomé. Metodologia para avaliação dos consórcios de resíduos sólidos urbanos em Minas Gerais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, p. 513-521, 2017.

FIUZA, Rafael Leite. **Partidos e política social: políticas sociais no governo Lula (2003-2010)**. 79 f. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Serviço Social) - Centro de Artes, Humanidades e Letras, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cachoeira, 2016.

FONSECA, Antonio Angelo Martins da. Localismo, desempenho institucional e (in) justiça territorial. **Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía**, v. 29, n. 2, p. 473-492, 2020.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FRANÇA, Iara Soares. Planejamento, gestão urbana e os seus desafios em escalas não metropolitanas. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 3, n. 43, p. 103-128, 2021.

GOES, Dalvan. A contribuição do aterro sanitário na gestão de resíduos sólidos: um breve estudo de caso no Aterro de Paulo Afonso, BA. 2016.

GOMES, Manuela Gasparetto; VARGAS, Tiago; BELLADONA, Rossano; ADAMI, Marcio Vicente Duarte. Aplicação do interpolador IDW para elaboração de mapas hidrogeológicos paramétricos na região da Serra Gaúcha. **Scientia cum industria**, v. 6, n. 3, p. 38-43, 2018.

GOMES, Laura Graziela; MOTTA, Antonio; DE SOUZA LIMA, Antonio Carlos. Apresentação: Por uma antropologia das elites no Brasil Apresentação: Por uma antropologia das elites no Brasil. **Antropolítica - Revista Contemporânea De Antropologia**, (53). <https://doi.org/10.22409/antropolitica2021.i53.a52471>

GOMES, Laurentino. **1808: como uma rainha louca, um príncipe medroso e uma corte corrupta enganaram Napoleão e mudaram a História de Portugal e do Brasil**. São Paulo: Planeta do Brasil, 2007

HUPSEL, Edite. Consórcios Públicos um Federalismo Cooperativo. **Revista Brasileira de Direito Público [recurso eletrônico]**, 2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/pt/inicio.html>. Acesso em: 22 fev. 2024

ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Informações sobre visitação - Parna da Serra da Canastra.** Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/cerrado/lista-de-ucs/parna-da-serra-da-canastra/informacoes-sobre-visitacao-parna-da-serra-da-canastra>. Acesso em: 29 abr. 2024.

ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Plano de Manejo do Parque Nacional da Serra da Canastra.** Disponível em: [https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/cerrado/lista-de-ucs/parna-da-serra-da-canastra/arquivos/plano\\_manejo\\_pnsc.pdf](https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/cerrado/lista-de-ucs/parna-da-serra-da-canastra/arquivos/plano_manejo_pnsc.pdf). Acesso em: 22 abr. 2024

IEF-MG - Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais. **WebGIS.** Disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>. Acesso em: 22 fev. 2024

IBAM - Instituto Brasileiro de Administração Municipal. (2001). **Manual: gerenciamento integrado de resíduos sólidos.** Rio de Janeiro: IBAM/SEDU-PR.

KARIMI, Hazhir; HERKI, Benin; GARDI, Sirwa Qader; GALALIZADAH, Saman; HOSSINI, Hooshyar; MIRZAEI, Karamreza; PIRSAHEB, Meghdad. Site selection and environmental risks assessment of medical solid waste landfill for the City of Kermanshah-Iran. **International journal of environmental health research**, v. 32, n. 1, p. 155-167, 2022.

LADWIG, Nilzo Ivo. O Sistema de Informação Geográfica (SIG) no planejamento e na gestão territorial sustentável. LADWIG, NI; SCHWALM, H. **Gestão Socioambiental das cidades no século XXI: teorias, conflitos e desafios.** Florianópolis: Insular, p. 205-227, 2013.

LARANJEIRA, Lia Raineri. **Utilização da lógica difusa na caracterização de áreas favoráveis à disposição de resíduos sólidos no município de Americana (SP).** 2003. vii, 103 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2003.

LEÃO, Lucas; ANDRADE BASTOS, Suzana Quinet; RIBEIRO, Hilton Manoel Dias. Relação entre consórcios públicos e desenvolvimento municipal: uma análise a partir do tamanho e diversidade das redes intermunicipais em Minas Gerais. **Gestão & Regionalidade**, v. 39, p. e20237779-e20237779, 2023.

LISBINSKI, Fernanda Cigainski; FLORES, Carlos Eduardo Balestrin; SILVA, Danni Maisa; BISOGNIN, Ramiro Pereira; BOHRER, Robson Evaldo Gehlen. A importância dos consórcios públicos na gestão dos resíduos sólidos urbanos: uma análise do consórcio intermunicipal CIGRES. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, n. 2, p. 3-36, 2020.

LONGOBUCCO, Breno. Consorciamento público no estado de Minas Gerais: análise da eficácia da Lei nº 11.107/2005 e dos fatores que limitam a atuação dos consórcios públicos. 2021. **Repositório Institucional da UFMG.** Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/43502>. Acesso em: 22 abr. 2024.

LUIZ, Lindomar Teixeira. A ideologia do consumismo. In: **Colloquium Humanarum**. ISSN: 1809-8207. 2005. p. 39-44.

NETO, Antônio Teixeira. Geografia da história ou história da geografia. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 7, n. 1, p. 167-191, 1988.

NETO, Paulo Nascimento Neto Nascimento; MOREIRA, Tomás Antônio. Consórcio intermunicipal como instrumento de gestão de resíduos sólidos urbanos em regiões metropolitanas: reflexões teórico-conceituais. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 8, n. 3, 2012.

NICOLETTO, Sônia Cristina Stefano; CORDONI JR, Luiz; COSTA, Nilson do Rosário. Consórcios intermunicipais de saúde: o caso do Paraná, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 21, p. 29-38, 2005.

NODA, Yu. Cooperação intermunicipal, formas de integração e verticalização e efeitos horizontais no Japão. **Administrador Público Rev.**, [S.l.], v. 1, p. 1-25, 2022. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/puar.13569> Acesso em: 15 abr. 2023.

NOVAES, Weber Galvão; ALVAREZ, Martin Roberto Del Valle. Relação entre resíduo sólido urbano e urubus-de-cabeça-preta (*Coragyps atratus*): um perigo para as aeronaves no Aeroporto de Ilhéus (SBIL). **Revista Conexão SIPAER**, v. 5, n. 1, p. 22-29, 2013.

**MAPBIOMAS. Coleções** **MapBiomás**, 2021. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas/>. Acesso em: 30 out. 2023.

MACIEL, Eliane Cruz; SANTOS, Jânio. Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) no Território do Sisal entre 2007 e 2014: a dimensão das políticas públicas em cidades pequenas. **Geoconexões online**, v. 1, n. 1, 2021.

MACALAM, Francis Jhun; ARREZA, Kaleb; MAGPANTAY, Angélica; RABAÑO, Kristine. Landfill Site Suitability Assessment Using Geographic Information System (GIS) and Analytic Hierarchy Process (AHP) in Butuan City, Philippines. **Journal of Environmental & Earth Sciences**, v. 5, n. 1, p. 95-107, 2023.

MARTELETO, Regina Maria; PIMENTA, Ricardo, Medeiros. **Pierre Bourdieu e a produção social da cultura, do conhecimento e da informação**. - 01. ed. - Rio de Janeiro: Garamond, 2017.

MARTINS FILHO, Amilcar; MARTINS, Roberto B. Slavery in a nonexport economy: nineteenth-century Minas Gerais Revisited. **Hispanic American Historical Review**, v. 63, n. 3, p. 537-567, 1983.

MATOS, Elis Maria Barboza, SANT'ANNA, Marília Mendonça Moraes. Consórcios Públicos Intermunicipais e sua importância para uma gestão pública mais igualitária: Uma análise do crescimento regional ocasionado no Estado da Bahia. **Interfaces Científicas - Direito**, 9(1), 192–207. Disponível em: <https://doi.org/10.17564/2316-381X.2022v9n1p192-207> Acesso em: 12 mar. 2024.

MALCZEWSKI, Jacek. GIS and multicriteria decision analysis. **John Wiley & Sons, Inc**, 1999.

MELO, M. A. B. C. Municipalismo, nation building e a modernização do Estado no Brasil. **O IBGE na história do municipalismo e sua atuação nos municípios**, p. 49, 1993.

MENDES, Constantino Cronemberger; VASCONCELLOS, Ronaldo Ramos; NASCIMENTO, Igor Ferreira do. Consórcios Públicos: Arranjo Federativo e Desenvolvimento Regional. **Boletim Regional, Urbano e Ambiental (BRU)**: n. 19, dez. 2018.

MENGARDA, Uliana Helena. Gestão sustentável de resíduos sólidos urbanos por consórcios públicos intermunicipais: o caso do Consórcio Intermunicipal do Médio Vale do Itajaí. **Revista de Gestão e Organizações Cooperativas**, v. 11, n. 22, p. e88065-e88065, 2024.

MESSIAS, Cassiano Gustavo. Transformações demográficas e espaciais nos municípios que compõem o Parque Nacional da Serra da Canastra, entre 1950 e 2010. **Simpósio Nacional de Geografia e Gestão Territorial e Semana Acadêmica de Geografia da Universidade Estadual de Londrina**, v. 1, p. 1726-1741, 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Consórcios públicos**. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/cons%C3%B3rcios-p%C3%BAblicos.html> Acesso em: 22 abr. 2024.

MINAS GERAIS. **Lei nº18031, de 12 de janeiro de 2009. Dispõe sobre a Política Estadual Resíduos Sólidos**. Assembleia Legislativa de Minas Gerais, Minas Gerais, 12 de janeiro de 2009. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/texto/LEI/18031/2009/?cons=1> Acesso em: 22 abr. 2024.

MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa COPAM Nº 244, de 27 de janeiro de 2022**. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Belo Horizonte, 2022. Disponível em: <https://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=55442> Acesso em: 19 out. 2024.

MINAS GERAIS. **Minas receberá R\$ 8,7 bilhões por acordo firmado sobre perdas da Lei Kandir**. Disponível em: <https://advocaciageral.mg.gov.br/minas-recebera-r-87-bilhoes-por-acordo-firmado-sobre-perdas-da-lei-kandir/>. Acesso em: 22 maio 2024

MONTESQUIEU, Charles de Secondat. **O Espírito das Leis**. 4. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2000. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2963710/mod\\_resource/content/0/Montesquieu-O-espirito-das-leis\\_completo.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2963710/mod_resource/content/0/Montesquieu-O-espirito-das-leis_completo.pdf) Acesso em: 15 abr. 2023.

MORAN, Carlos. **Era of cooperation for cities**. National Municipal Review, v. 34, n. 10, p. 499-502, 1945.

MORAES, Antônio Carlos Robert. Geografia, história e história da geografia. **Terra Brasilis. Revista da Rede Brasileira de História da Geografia e Geografia Histórica**, n. 2, 2000.

MUNARO, Viviane Oliveira Machado; NOERNBERG, Mauricio Almeida. Análise Multicritério na Seleção de Áreas para Implantação de Aterros Sanitários no Litoral do Paraná. **Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto**, v. 4, n. 3, 2023.

OLINTO, Gilda. Capital cultural, classe e gênero em Bourdieu. **INFORMARE - Cadernos do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação**, v.1, n.2, 1995. p.24-36

PAIVA, Clotilde Andrade; GODOY, Marcelo Magalhães. Território de contrastes: economia e sociedade das Minas Gerais do século XIX. **Anais do X Seminário sobre a Economia Mineira**, p. 1-58, 2002.

OLIVEIRA, Benone Otávio Souza; MEDEIROS, Gerson Araújo de. Evolução e desafios no gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos nos estados da região norte, Brasil. **Revista Valor**, v. 4, n. 1, p. 749-761, 2019.

OLIVEIRA, Rita Cunha Leal Menezes de. **Idade, petrografia e geoquímica do magmatismo anorogênico criogeniano e toniano no sul do estado da Bahia**. 2010. Orientador: Hebert Conceição. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade Federal da Bahia, Bahia, 2010.

OLIVEIRA, Gilson Batista; LIMA, José Edmilson Souza. Elementos endógenos do desenvolvimento regional: considerações sobre o papel da sociedade local no processo de desenvolvimento sustentável. **Revista da FAE**, v. 6, n. 2, 2003.

PAMPOLINI, Diógenes Guilherme; LANA, Cláudio Eduardo. Uso de geoprocessamento para indicação de áreas favoráveis à construção de aterro sanitário no município de Ouro Preto (MG). **Caderno de Geografia**, v. 27, n. 49, p. 368-382, 2017.

PEREIRA, João Alves; DAMASCENO, Renata Fiúza; VIEIRA, Marta Raquel Mendes; PAULA, Alfredo Maurício Batista; PINTO, Rafaela Silveira; LEAL, Daniele Lopes; HAIKAL, Desirée Sant'Ana. A Avaliação de indicadores sociais e de saúde em municípios de Minas Gerais conforme tipologia rural-urbano. *Saúde em Debate* [online]. v. 48, n. 140 [Acessado 22 Abril 2024], e8449. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2358-289820241408449> Acesso em: 18 mar. 2024.

PIMENTA, Lianne Borja; BELTRÃO, Norma Ely Santos; GEMAQUE, Amanda Madalena da Silva; TAVARES, Paulo Amador. Processo Analítico Hierárquico (AHP) em ambiente SIG: temáticas e aplicações voltadas à tomada de decisão utilizando critérios espaciais. **Interações (Campo Grande)**, v. 20, p. 407-420, 2019.

POZ, João Dal. A etnia como sistema: contato, fricção e identidade no Brasil indígena. **Sociedade e Cultura**, Goiânia, v. 6, n. 2, 2007. DOI: 10.5216/sec.v6i2.918. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/fcs/article/view/918> Acesso em: 18 mar. 2024.

PREFEITURA MUNICIPAL DE HORTOLÂNDIA. **Brasão, Bandeira e Hino do Município** [online]. Disponível em: <http://www2.hortolandia.sp.gov.br/brasao-bandeira-e-hino-do-municipio> Acesso em: 25 mar. 2024.

PÖLDNURK, Jana. Optimisation of the economic, environmental and administrative efficiency of the municipal waste management model in rural areas. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 97, p. 55-65, 2015.

QUEIRÓS, César Augusto. “Vão-se os partidos, mas fica a ARENA”: a formação da ARENA e do MDB e as disputas políticas no Amazonas (1964-1966). **Politeia-História e Sociedade**, v. 20, n. 1, p. 226-242, 2021.

RADAMBRASIL, Projeto. **Levantamento de recursos naturais. Ministério das Minas e Energia, Departamento Nacional da Produção Mineral**, Projeto Radambrasil, 1973.

RADAMBRASIL, Projeto. **Folhas SF. 23/24 Rio de Janeiro/Vitória: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. 1983.

RIBEIRO, José Mendes. Os consórcios intermunicipais no SUS. Parceria e cooperação técnica. **Espaç. saúde**, p. 41-2, 1994

RIBEIRO, Darcy. **O povo brasileiro: a formação e o sentido do Brasil**. São Paulo: Companhia das Letras, 1995

ROCHA, Luis Eduardo Santos; NOGUEIRA, Adriana Ema. **Geoprocessamento para identificar áreas propícias para plantio de soja em Ariquemes**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso - Bacharelado em Agronomia, Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA, Ariquemes - RO, 2021.

SAATY, T. L. How to make a decision: The analytic hierarchy process. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, v. 48. P. 9 - 26, 1990.

SAATY, T. L. Multicriteria Decision Making: The analytic hierarchy process. **Planning, Priority Setting, Resource Allocation**. New York: McGraw-Hill, 1980.

SANTOS, Ana Carolina Mendes dos; ALBUQUERQUE, Cláudia Campos; GUIMARÃES, Bruna Soares; ARAÚJO, Alessandra Silva; FILHO, Argemiro Teixeira Leite; FILHO, Britaldo Silveira Soares. **A relevância do setor de resíduos sólidos em Minas Gerais no cumprimento dos compromissos climáticos**. 2021. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Argemiro-Leite-Filho/publication/357188027\\_Policy\\_Brief\\_A\\_relevancia\\_do\\_setor\\_de\\_residuos\\_solidos\\_em\\_Minhas\\_Gerais\\_no\\_cumprimento\\_dos\\_compromissos\\_climaticos/links/61c10348a6251b553ad30581/Policy-Brief-A-relevancia-do-setor-de-residuos-solidos-em-Minas-Gerais-no-cumprimento-dos-compromissos-climaticos.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Argemiro-Leite-Filho/publication/357188027_Policy_Brief_A_relevancia_do_setor_de_residuos_solidos_em_Minhas_Gerais_no_cumprimento_dos_compromissos_climaticos/links/61c10348a6251b553ad30581/Policy-Brief-A-relevancia-do-setor-de-residuos-solidos-em-Minas-Gerais-no-cumprimento-dos-compromissos-climaticos.pdf) Acesso em: 01 abr. 2024.

SANTOS, Amanda Alves. **Paisagem do Parque Nacional da Serra da Canastra e de sua zona de amortecimento-MG: análise de padrões espaciais a partir de árvore de decisão e métricas de paisagem**. 2014. Dissertação (Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

SANTOS, Paloma Caroliny de Melo. FARIA, Jamila Palhares de Jesus; SILVA, Larissa Cristina Kalks; RIBEIRO, Laryssa Freitas. Avaliação dos requisitos para adesão do Consórcio Intermunicipal da Serra da Canastra Alto São Francisco e Médio Rio Grande (CICANASTRA) ao sistema brasileiro de inspeção de produtos de origem animal–SISBI-POA. **Revista GeTeC**, v. 10, n. 27, 2021.

SANTOS, Priscila. **Consórcios Intermunicipais de Saúde: Uma análise do sistema de arranjo e cooperação dos municípios da microrregião de Itajubá**. 2016. 147 f. Dissertação

(Mestrado em em Desenvolvimento, Tecnologias e Sociedade) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2016

SANTOS, José Carlos. **Avanços e conflitos da gestão social no conselho municipal de desenvolvimento sustentável de Itabaiana/SE**. 2019. 139 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2019.

SANTOS, Jessyca Ingles Nepomuceno; BARROS, Raphael Tobias de Vasconcelos. Unidades de triagem e compostagem de Minas Gerais: dificuldades e aspectos. *In: ANAIS CONGRESSO ABES FENASAN*, 2017, São Paulo.

SANTOS, Milton; SILVEIRA, Maria Laura. O Brasil: território e sociedade no início do século XXI. São Paulo: Editora Record, 2001. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, Sobral/CE, v. 22, n. 2, p. 55-69, 2020.

SANTOS, Milton. A urbanização Brasileira. São Paulo: Editora de Humanismo. **Ciência e Tecnologia**, 1993.

SANTOS, Milton. Por uma outra globalização: do pensamento único à consciência universal. **São Paulo: Record**, 2000.

SANTOS, Mauro Roberto Rosa. **O uso da lógica booleana matemática no ensino básico**. 2024,92f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Rede - Matemática em Rede Nacional/CCET) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2024.

SANTANA, Monique Silva; FARONI, Walmer; SANTOS, Nálbia Araújo; CASSUCE, Francisco Carlos Cunha. Endividamento público em municípios do Estado de Minas Gerais: Uma análise de dados em painel. **Revista Universo Contábil**, v. 15, n. 2, p. 24, 2019.

SEREJO, Maria Aparecida; BRITO NASCIMENTO, Lucas; CANTANHÊIDE, Camylla Gonçalves. Lixo: realidade e alternativas em Santa Inês-MA. **Revista ACTA Tecnológica**, v. 6, n. 1, p. 1-10, jan.-jun. 2011. ISSN 1982-422X.

SIMÃO, Nathalia Machado; NEBRA, Silvia Azucena; DE MELLO SANTANA, Paulo Henrique. A educação para o consumo sustentável como estratégia para redução de resíduos sólidos urbanos. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 4, n. 1, p. 1007-1020, 2021.

RIANI, Flávio; ALBUQUERQUE, Célio Marcos Pontes de. A Lei Complementar 87/96 (Lei Kandir): balanço de perdas e ganhos e proposta de mudança—o caso de Minas Gerais. *In: ANAIS DO IX SEMINÁRIO SOBRE A ECONOMIA MINEIRA*, v. 9, 2000.

SILVA, Antônio Marcos; SILVA, Marx Leandro Naves; CURI, Nilton; LIMA, José Maria; AVANZI, Junior Cesar; FERREIRA, Mozart Martins. Perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico em Cambissolo e Latossolo sob chuva natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 12, p. 1223-1230, 2005.

SILVA, Jose Adailton Barros; RODRIGUES, Auro Jesus; BARROSO, Rita Cássia Amorim; VIERA, José Daniel. O surgimento da ciência geográfica: Alexander Von Humboldt e Karl

Ritter. **Caderno de Graduação-Ciências Humanas e Sociais-UNIT-SERGIPE**, v. 2, n. 2, p. 221-230, 2014.

SILVA, Monique Maianne. **Beija-flores e seus recursos florais no Parque Nacional da Serra da Canastra**. 2021. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/14069> Acesso em: 10 abr. 2024.

SILVA, Thaís Cristina Pereira. **Diagnóstico da fragilidade ambiental como subsídio ao zoneamento ambiental do município de Pains/MG**. Monografia (especialização de geoprocessamento), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/IGCM-9UXMRJ> Acesso em: 10 abr. 2024.

SILVA, Gabriel Soares; CAMARGO, Pedro Luiz Teixeira; SILVA ALVES, Felipe. Utilização de sensoriamento remoto para cálculo de uso e ocupação no córrego do Grotão, Capitólio– Minas Gerais. **Revista de Ciência e Inovação**, v. 9, n. 1, p. 1-17, 2023.

SILVA, Roberto Marinho Alves; NUNES, Emanuel Márcio. Agricultura familiar e cooperativismo no Brasil: uma caracterização a partir do Censo Agropecuário de 2017. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 61, p. e252661, 2022.

SILVA, Willian Geraldo, MACHADO, Vinícius Moraes; CHAGAS, Manuel Victor Silva; FLORES, William Menezes Ferreira. Susceptibilidade a erosão utilizando o processo de análise hierárquica (AHP) e sistema de informação geográfica. **Cerrado Agrociências**, v. 7, p. 66-78, 2016.

SILVA, Karoline Castro; ROSAS, Layelle Samantha; OLIVEIRA, Susane Regina Nazaré. Gestão dos Resíduos Sólidos do Brasil evolução e desafios a caminho: Uma Revisão Integrativa. **Scientia Amazonia**, v. 7, n. 2, 2018.

SILVEIRA, Rosí Cristina Espindola. Consórcios públicos de resíduos sólidos no Brasil: uma análise do perfil da gestão compartilhada no território. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 11, n. 3, p. 468-484, 2019. DOI: <https://doi.org/10.21168/rbgurb/2019.03.012>

SOUZA, Kassio Henrique Gama. **Uso da Análise Multicritério para Identificação das Zonas Compatíveis a Implantação de Aterro Sanitário em Consórcio Intermunicipal**. 2023. 50 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia 2023. DOI <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2023.8057>.

SCHWARTZMAN, Simon. **As causas da pobreza**. Rio de Janeiro: FGV, 2004.

STRUK, Michal; BAKOŠ, Eduard. Long-term benefits of intermunicipal cooperation for small municipalities in waste management provision. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 4, p. 1449, 2021.

TASTEATLAS. Queijo Canastra. Disponível em: <https://www.tasteatlas.com/queijo-canastra> Acesso em: 10 abr. 2023.

TOMIO, Fabricio Ricardo de Limas. A criação de municípios após a Constituição de 1988. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, v. 17, p. 61-89, 2002.

TSUTIYA, Milton. Abastecimento de água. 3ªed. São Paulo. Departamento de engenharia hidráulica e sanitária da escola politécnica da universidade de São Paulo. 2006.

UNIÃO EUROPEIA. **Diretiva 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de novembro de 2008.** Relativa aos resíduos e que revoga certas diretivas. Jornal Oficial da União Europeia, Estrasburgo, 2008. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0098&from=en> Acesso em: 30 mar. 2024.

**APÊNDICES**

## PRODUTO TÉCNICO 1 - RELATÓRIO TÉCNICO CONCLUSIVO

### 1 APRESENTAÇÃO

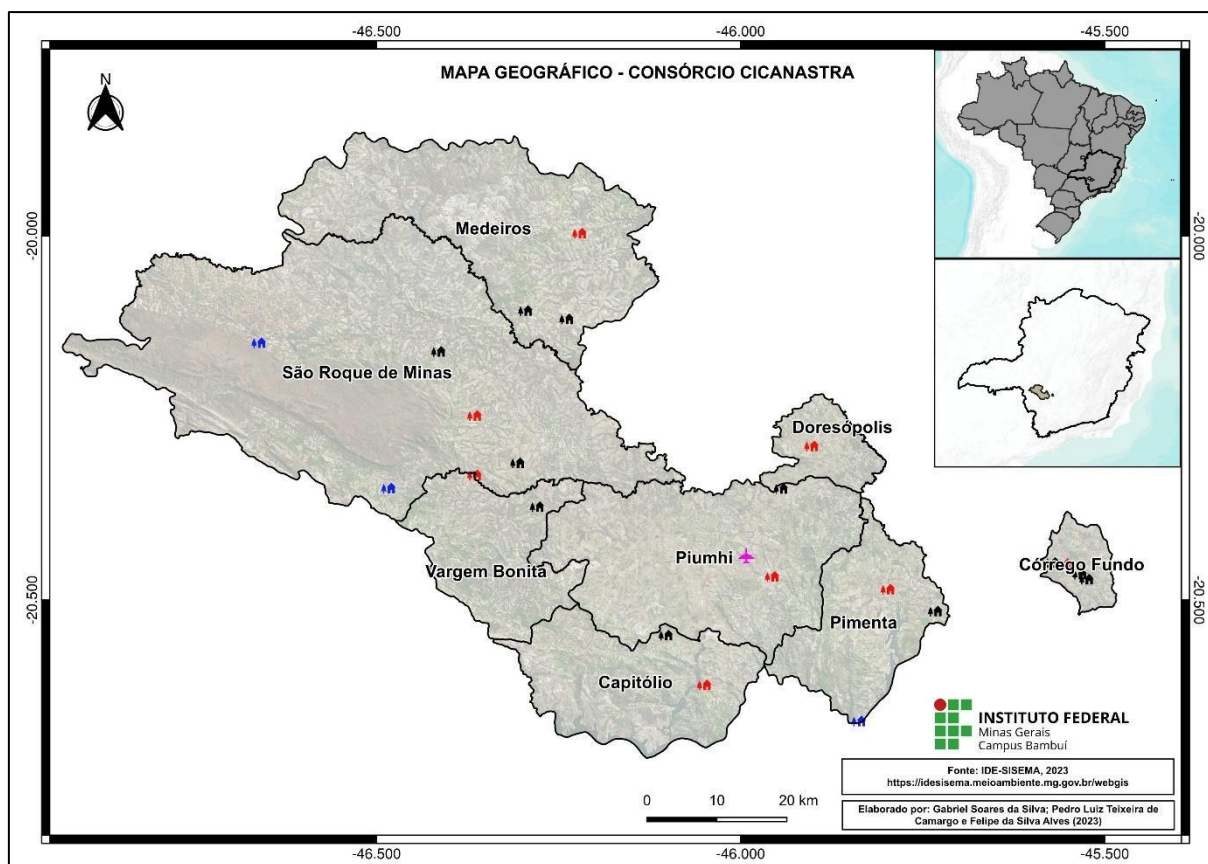
Este relatório técnico conclusivo apresenta os resultados do trabalho desenvolvido sobre a disposição final ambientalmente adequada de resíduos sólidos urbanos em municípios de pequeno porte. O objetivo foi fornecer subsídios ao arranjo intermunicipal para a identificação de áreas aptas à implementação de um aterro sanitário. O estudo concentrou-se nos municípios de Capitólio, Córrego Fundo, Doresópolis, Pimenta, Piumhi, Medeiros, São Roque de Minas e Vargem Bonita. Esse arranjo intermunicipal é denominado Consórcio Intermunicipal da Serra da Canastra, Alto São Francisco e Médio Rio Grande (CICANASTRA).

O CICANASTRA, inicialmente denominado Consórcio Intermunicipal de Manejo de Resíduos Sólidos da Microrregião de Piumhi (CIMARES), na época, envolvia os municípios de Piumhi, Capitólio, Doresópolis, São Roque de Minas e Vargem Bonita, em 2013 (CICANASTRA, 2013). No ano de 2014, passou por reformulação com o objetivo de atender às demandas do Serviço de Inspeção Municipal<sup>24</sup> (SIM) e promover ações voltadas à coleta seletiva e à gestão de resíduos sólidos nos municípios consorciados. E, em 2021, foi incluído o município de Medeiros como membro do CICANASTRA. A Figura 54 apresenta a localização geográfica do consórcio.

---

<sup>24</sup> Órgão que realiza fiscalização e inspeção dos estabelecimentos produtores de alimentos de origem animal.

Figura 54 – Localização do Consórcio CICANAstra



Fonte: Adaptado IBGE, 2022; IDE-SISEMA, 2022; TOPODATA, 2024; MapBiomias, 2022. Elaborada pelos autores, 2024.

Atualmente, o consórcio possui sua sede localizada na Praça Dr. Avelino de Queiroz, n.º 144, no município de Piumhi-MG. O presidente em exercício do CICANAstra é Danilo Oliveira Campos (PSD), que também ocupa o cargo de prefeito de Córrego Fundo.

Diante do exposto, o estudo realizado avaliou o crescimento populacional dos municípios do consórcio para estimar a taxa de produção de resíduos sólidos, com uma projeção de 30 anos de vida útil para o aterro.

Esse dimensionamento foi complementado pela aplicação de técnicas de geoprocessamento, utilizando dados públicos, e por uma booleana, que indicou as áreas aptas para a implementação do aterro sanitário. Na sequência deste relatório, estão detalhadas as metodologias utilizadas, os resultados obtidos e a conclusão do estudo.

## 2 METODOLOGIA

Este trabalho tem como objetivo fornecer subsídios para a elaboração de um plano de ação voltado à integração intermunicipal, por meio de um consórcio público, visando ao atendimento conjunto das demandas dos municípios participantes. Para tanto, a proposta apresenta dados cartográficos gerados a partir de uma análise exploratória, realizada mediante coleta de dados secundários de instituições federais (ANA, IBGE, INPE, MapBiomas e IDE-SISEMA), com o intuito de identificar áreas aptas para a implantação de um aterro sanitário.

A seguir, são apresentados os dados gerais do consórcio CICANASTRA:

**Municípios envolvidos:** Capitólio, Córrego Fundo, Dorésópolis, Piumhi, Pimenta, São Roque de Minas, Medeiros, Vargem Bonita.

**Área total:** 5548,099 km<sup>2</sup>

**População total atual:** 75.786 habitantes

Para a projeção populacional até 2054, considerando-se uma vida útil de 30 anos, foi empregada a equação de crescimento geométrico populacional:

Equação 5 – Projeção de crescimento geométrico populacional

Onde:

**P** = população estimada no ano; **Pi** = População inicial; **Kg** = coeficientes; **t** = ano estimado; **ti** = ano inicial; **p1;p2** = populações nos anos-base **t1;t2** = anos-base

Tabela 8 – Projeção populacional

Municípios	IBGE			Projeção geométrica				
	2000	2010	2022	2032	2042	2052	2053	2054
Capitólio	7737	8185	10380	11863	13559	15496	15705	15916
Córrego Fundo	5179	5821	6133	6623	7152	7723	7783	7843
Dorésópolis	1350	1440	1461	1514	1570	1627	1633	1639
Medeiros	3038	3444	3900	4369	4894	5483	5545	5609
Pimenta	7824	8236	8563	8922	9295	9684	9724	9764
Piumhi	28783	31885	36062	39954	44265	49042	49547	50058
São Roque de Minas	6325	6686	7129	7527	7948	8393	8438	8484
Vargem Bonita	2212	2163	2158	2134	2110	2086	2084	2082
<b>CICANASTRA</b>	<b>62448</b>	<b>67860</b>	<b>75786</b>	<b>82757</b>	<b>90368</b>	<b>98680</b>	<b>99552</b>	<b>100432</b>

Fonte: Elaborada pelos autores, 2024.

Com a projeção de crescimento populacional estimada em 100.342 habitantes para 2054, foi calculada a geração anual de resíduos em toneladas.

Segundo a Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente (ABREMA, 2023), a média de produção de resíduos no Sudeste brasileiro é de 1,2445 kg/habitante/dia. Levando-se em conta a população atual de 75.786 habitantes, a geração total de resíduos corresponde a 94.316 kg por habitante ao ano. As considerações iniciais para o cálculo foram:

**População atendida projetada:** 100.342 habitantes

**Vida útil do aterro sanitário:** 30 anos

**Produção diária de resíduos padrão Sudeste brasileiro (PD):** 1,2445 kg/hab/dia (ABREMA, 2023)

**Massa específica dos resíduos:** 9,3 ton/m<sup>3</sup> (BROMWELL, 1978)

**Altura do empilhamento de resíduos:** 5 metros (MORAES, 2024)

**Taxa de crescimento de produção do resíduo:** 0,34% (SPINOLA *et al.*, 2017)

Para a projeção de geração de lixo até **2054**, o cálculo feito foi:

Equação 6 – Produção de resíduo

$$\text{Geração de RSU per capita (kg/hab/dia)} = PD_{t-1} * taxa_{crescimento}$$

$$\text{Geração de RSU (kg/dia)} = \text{Geração de RSU per capita (kg/hab/dia)} * \text{População}$$

$$\text{Geração de RSU (ton/ano)} = \frac{\text{Geração de RSU (kg/dia)}}{1000 * 365}$$

Onde:

**PD<sub>t-1</sub>** = Produção diária de resíduos do ano anterior.

A Tabela 9 apresenta a projeção da população e da geração de resíduos sólidos urbanos (RSU), ao longo do período de **30 anos**, sendo que a geração de RSU acompanha o crescimento populacional e o aumento da geração diária por habitante, totalizando **1.320.813 toneladas de resíduos gerados**.

Tabela 9 - Tabela de Geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU)

Ano	População (hab)	Geração de RSU per capita (kg/hab/dia)	Geração de RSU (kg/dia)	Geração de RSU (ton/ano)
2024	77131	1.2530	96644	35275
2025	77813	1.2572	97830	35708
2026	78501	1.2615	99030	36146
2027	79195	1.2658	100245	36589
2028	79895	1.2701	101474	37038
2029	80601	1.2744	102719	37493
2030	81313	1.2788	103980	37953
2031	82032	1.2831	105255	38418
2032	82757	1.2875	106546	38889
2033	83488	1.2918	107853	39367
2034	84226	1.2962	109177	39849
2035	84970	1.3006	110516	40338
2036	85721	1.3051	111872	40833
2037	86479	1.3095	113244	41334
2038	87243	1.3140	114634	41841
2039	88014	1.3184	116040	42355
2040	88792	1.3229	117463	42874
2041	89577	1.3274	118904	43400
2042	90368	1.3319	120363	43933
2043	91167	1.3364	121840	44472
2044	91973	1.3410	123334	45017
2045	92786	1.3455	124848	45569
2046	93606	1.3501	126379	46128
2047	94433	1.3547	127930	46694
2048	95268	1.3593	129499	47267
2049	96110	1.3639	131088	47847
2050	96959	1.3686	132696	48434
2051	97816	1.3732	134324	49028
2052	98680	1.3779	135972	49630
2053	99552	1.3826	137640	50238
2054	100432	1.3873	139328	50855
			<b>Total de RSU gerado em 30 anos</b>	<b>1.320.813 ton</b>

Fonte: Elaborada pelos autores, 2024.

Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABREMA) (2023), 20,3% dos resíduos gerados são destinados à coleta seletiva, o que reduziria o total de resíduo projetado em 79,7%, correspondente a **1.052.688 toneladas**.

A Equação 7 calcula o dimensionamento necessário para ocupar o volume de resíduo calculado.

Equação 7 – Cálculo do volume de resíduos

$$V_{RSU} = \frac{P_{RSU}}{\gamma}$$

Onde:

$V_{RSU}$  = Volume de resíduos destinado ao aterro

$P_{RSU}$  = 1.052.688 ton (massa total de RSU em 30 anos)

$\gamma$  = 9,3 kN/m<sup>3</sup> (peso específico do resíduo compactado, convertido de kN/m<sup>3</sup> para ton/m<sup>3</sup>)

Equação 8 – Cálculo do volume de solo para cobertura

$$V_{solo} = 0,3 * V_{RSU}$$

Onde:

$V_{RSU}$  = é o volume calculado no item anterior

O fator 0,3 corresponde a 30% do volume dos resíduos, que será destinado para a cobertura de solo.

Equação 9 – Volume total de resíduos e solo

$$V_{total} = V_{RSU} + V_{solo}$$

O valor obtido corresponde a um volume esperado de 147.150 m<sup>3</sup> em 30 anos. Para o cálculo da área requerida, foi considerada uma vala com altura máxima de 5 metros.

Equação 10 – Área necessária considerando a altura da pilha

$$A = \frac{V_{total}}{h}$$

Onde:

$h$  = 5 m é a altura da pilha

A é a área em metros quadrados. Para converter para hectares: 1 hectare=10.000 m<sup>2</sup>

Dessa forma, a área obtida foi de 29.430 m<sup>2</sup>, o que corresponde a, aproximadamente, a área ideal de **três (3) hectares**.

A próxima etapa consiste em processos de geoprocessamento de análise de multicritérios para identificação de áreas aptas nos limites geográficos do consórcio CICANASTRA.

As cinco camadas de dados (Tabela 10) utilizados contêm critérios técnicos para implementação de aterro sanitário que segue a NBR 13.896/97 e Deliberativa Normativa COPAM n.º 244, de janeiro de 2022. Por meio desses dados, torna-se possível executar técnica de soma ponderada entre os temas, produzindo uma classificação definida como sendo: Inviável; Inadequado; Aceitável; Adequado e Ideal.

Tabela 10 – Parâmetros Técnicos para Modelagem de Aptidão Territorial

Grupo	Arquivos	Escala	Resolução espacial	Restrição	Referência
Núcleos Populacionais	Limites Municipais (polígono)	1:250 000		N/A	N/A
	Povoado (pontos)	1:250 000			
	Vila (pontos)	1:250 000	N/A	<500 m	NBR 13896/1997
	Aglomerado Rural (pontos)	1:250 000			
	Limites Municipais (polígono)	1:250 000			
	Mancha Urbana (polígono)	1:50 000		Restrição total: Polígono	IBGE, 2022
Zoneamento Ambiental	APA Serras e Piumhi (polígono)	N/A	N/A	Restrição total: Polígono	Lei Ordinária n.º 2.767, de 24 de setembro de 2024
	Unidade de Conservação (polígono)	1:5 000 a 1:100 000	N/A	Restrição total: Polígono	Lei n.º 9.985, de 18 de julho de 2000
	Hidrografia (linha)	1:100000 1:50 000	Projeto SRTM com pixel de 30 m	<200 m	IDE-SISEMA, 2021. NBR 13896/1997
Infraestruturas de Transporte	Aeródromos (DECEA) (pontos)	1:250 000	N/A	<20 km	Lei n.º 12.725, de 16 de outubro de 2012
	Rodovia (linha)	1:250 000	N/A	<15 metros	Lei n.º 13.913, de 25 de novembro de 2019
Dados Topográficos	Declividade (raster)	1:250 000	Projeto SRTM com pixel de 30 m	Declividade superior a 1% e inferior a 30%	NBR 13896/1997, INPE FOLHA 20s465
Uso e Ocupação da Terra	Formação Florestal; Formação Savânica; Formação Campestre; Campo Alagado e Área Pantanosa; Afloramento Rochoso; Área Urbana; Rio, Lago e Oceano; Mineração; Soja; Café; Silvicultura; Citrus; Outras Áreas não Vegetadas; Outras Lavouras Temporárias; Outras Lavouras Perenes; Cana; Mosaico de Agricultura e Pastagem (raster)	1:100 000	Pixel de 30m	Restrição total: Formação natural e áreas antrópicas consolidadas	MapBiomias, 2021

Fonte: Adaptado IBGE, 2022; IDE-SISEMA, 2022; TOPODATA, 2024; MapBiomias, 2022. Elaborada pelos autores, 2024.

A metodologia utilizada para a análise da lógica booleana envolveu a integração de diversos critérios temáticos no *software* QGIS, aplicando operações de geoprocessamento e desenvolvimento da lógica booleana para a determinação da aptidão de áreas específicas. O processo foi estruturado em etapas sequenciais, descritas a seguir.

- **Entradas de Dados**

O *script* trabalha com diversas camadas de dados vetoriais e raster, que representam características do território, incluindo:

- ❖ Dados vetoriais: aeródromos, rodovias, ferrovias, massas d'água, hidrografia, mancha urbana, áreas de proteção ambiental (APAs), sedes, vilas e povoados.
- ❖ Dados raster: declividade e uso/ocupação da terra.

Esses dados são reprojatados para o sistema de coordenadas SIRGAS 2000 UTM Fuso 23 S (EPSG:31983), garantindo consistência espacial.

- **Aplicação de Restrições**

O *script* define critérios de exclusão (áreas inviáveis) com base nos seguintes passos:

a. Geração de *Buffers*

São criados buffers ao redor de elementos geográficos para proteger áreas sensíveis.

Exemplos incluem:

- ❖ Massas d'água e hidrografia: *buffer* de 200 m.
- ❖ Aeródromos: *buffer* de 20 km.
- ❖ Mancha urbana e núcleos populacionais (vilas, sedes, povoados): *buffer* de 500 metros.
- ❖ Rodovias e ferrovias: *buffer* de 15 metros.

Esses buffers eliminam áreas próximas desses elementos, consideradas inaptas devido a restrições legais ou operacionais.

b. Uso e Ocupação da Terra

A camada de uso e cobertura da terra foi submetida a um processo de filtragem para exclusão de classes consideradas inadequadas à implantação do projeto. Entre essas, destacam-se corpos d'água, florestas protegidas, áreas urbanizadas e demais categorias do

MapBiomias que apresentam restrições legais ou ambientais: (Formação Florestal; Formação Savânica; Formação Campestre; Campo Alagado e Área Pantanosa; Afloramento Rochoso; Área Urbana; Rio, Lago e Oceano; Mineração; Soja; Café; Silvicultura; Citrus; Outras Áreas não Vegetadas; Outras Lavouras Temporárias; Outras Lavouras Perenes; Cana; Mosaico de Agricultura e Pastagem).

#### c. Declividade

A declividade é analisada, e áreas com valores fora da faixa ideal (1%-30%) são descartadas.

#### d. Integração de Restrições

As áreas inviáveis identificadas em cada etapa são unificadas, gerando um mapa consolidado de exclusão.

Após a remoção das áreas inviáveis, as regiões remanescentes são avaliadas como potenciais para implantação de aterros sanitários. O fluxograma a seguir ilustra como os dados espaciais evoluem do pixel até a definição de zonas viáveis.

### **1 Cálculo de Área**

Filtram-se as regiões com menos de três hectares, mantendo apenas aquelas com tamanho mínimo adequado.

### **2 Geração dos Centroides**

Calcula-se o centro geométrico de cada área apta, base para análise de concentração espacial.

### **3 Mapa de Calor (Densidade Kernel)**

Os centroides são interpolados com raio de 2 km para destacar regiões com maior densidade de áreas aptas.

### **4 Classificação**

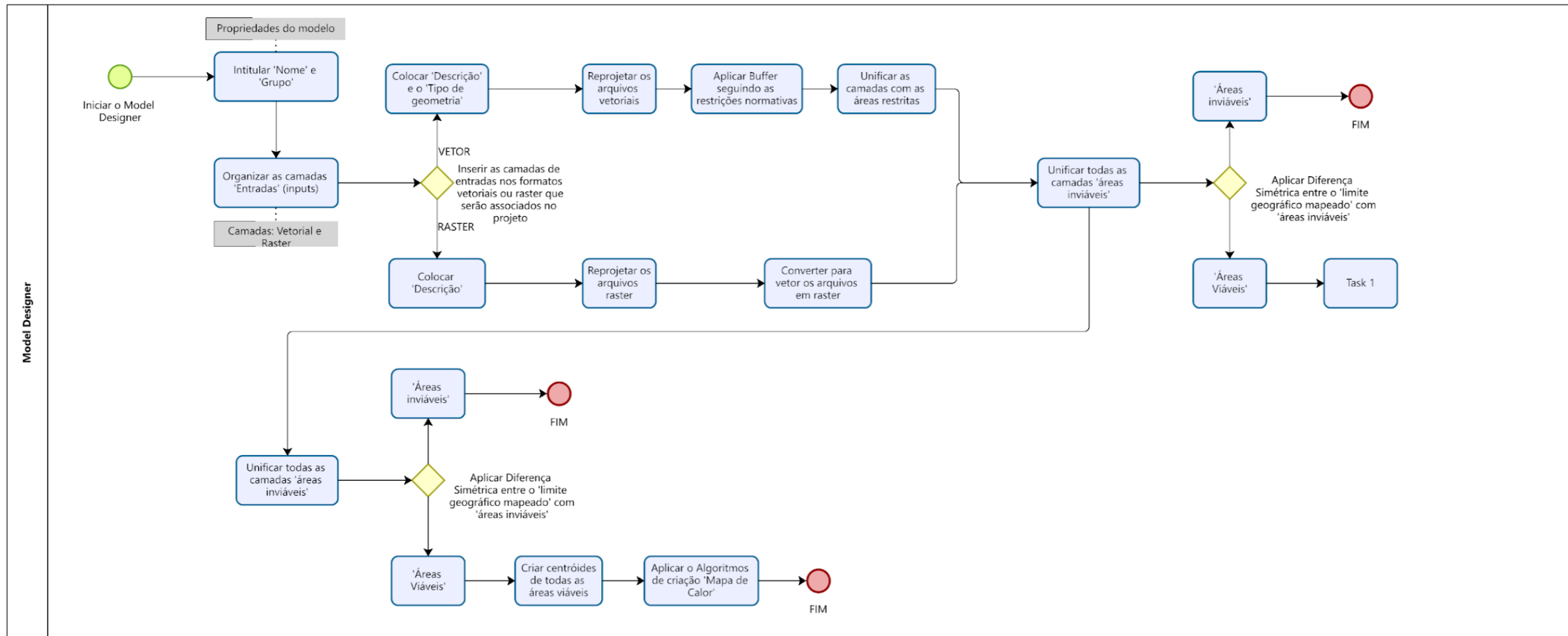
O mapa de calor é classificado em cinco categorias: inviável, inadequado, aceitável, adequado e viável.

### **5 Mapa Final**

Gera-se um mapa temático que orienta a escolha das zonas mais promissoras.

O fluxograma a seguir resume essa metodologia, da filtragem inicial até a definição espacial das áreas viáveis:

Figura 55 – Fluxograma do Modelo de Seleção Espacial de Áreas Potenciais para Aterros Sanitários



Fonte: Elaborada pelos autores, 2024.

- **Saídas do *Script***

1. Mapa de áreas aptas: mostra as regiões que atenderam a todos os critérios de seleção.
2. Mapa de áreas inviáveis: representa regiões excluídas por restrições.
3. Mapa de calor: visualiza a densidade das áreas aptas, auxiliando na priorização.

A lógica booleana automatizada permitiu integrar grandes volumes de dados e aplicar critérios de operação AND combinando termos em expressões, assumindo somente dois valores: Verdadeiro ou Falso, para uma tomada de decisão mais precisa e eficiente. O resultado é uma base técnica sólida para apoiar estudos de viabilidade e planejamento territorial.

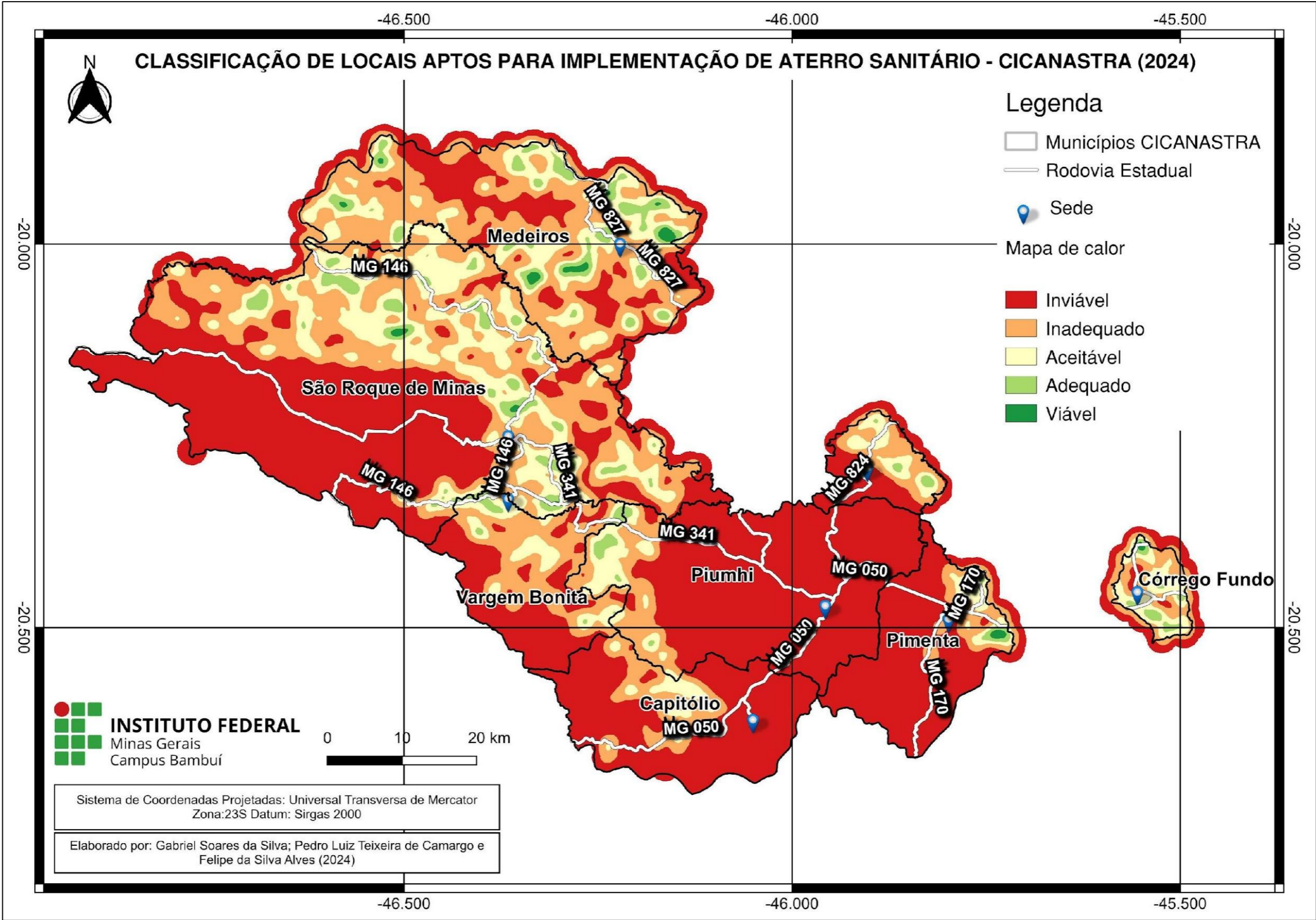
### 3 RESULTADOS

O mapa final apresenta a classificação da aptidão para a implementação de aterros sanitários no território do Consórcio Intermunicipal da Serra da Canastra, Alto São Francisco e Médio Rio Grande. Os resultados foram obtidos com base na análise multicritério, sem ponderações, aplicando operação booleana “AND” (baseada nas normas e leis) e interpolando os valores finais para mapa de densidade, por meio da integração de temas como topografia, zoneamento ambiental, infraestrutura de transporte, núcleos populacionais e uso e ocupação da terra, com exceção da análise de solo e litologia, que deverão ser avaliadas *in loco*. A classificação foi realizada de acordo com cinco categorias de aptidão: inviável, inadequado, aceitável, adequado e ideal.

A análise realizada classificou a maior parte do território avaliado como "inviável" (representado em vermelho), evidenciando áreas que apresentam restrições significativas para a instalação de aterros sanitários. Essas restrições incluem alta densidade populacional, proximidade de áreas ambientalmente sensíveis, limitações relacionadas à infraestrutura de transporte e critérios de zoneamento ambiental.

As áreas classificadas como "inadequadas" (em laranja) possuem restrições moderadas, podendo ser consideradas apenas na ausência de opções mais favoráveis. Já as áreas "aceitáveis" (em amarelo) e "adequadas" (em verde-claro) apresentam condições mais favoráveis, como menor impacto ambiental e maior afastamento de áreas urbanas e sensíveis. Destacam-se, ainda, as regiões "ideais" (em verde-escuro), que reúnem as melhores condições para a instalação de aterros sanitários, atendendo plenamente aos critérios técnicos e ambientais estabelecidos. Ressalta-se que apenas áreas superiores a três hectares foram consideradas para a análise (Figura 56).

Figura 56 – Mapa de aptidão de áreas favoráveis para implementação do aterro



Fonte: Adaptado IBGE, 2022; IDE-SISEMA, 2022; TOPODATA, 2024; MapBiomass, 2022. Elaborada pelos autores, 2024.

O mapa de calor gerado pela técnica de estimativa de densidade Kernel utilizou interpolação em um raio de 2 km para avaliar os pontos centrais das áreas consideradas aptas, destacando as regiões com maior concentração de locais viáveis para a implantação de aterros sanitários. A escala de representação (Quadro 11) foi adotada no mapa de calor, conforme exposto na Figura 56.

Quadro 11 – Escala dos Cenários de Viabilidades

Inviável	0 pontos (centroides) apto
Inadequado	1 a 2 pontos (centroides) aptos
Aceitável	2 a 4 pontos (centroides) aptos
Adequado	4 a 6 pontos (centroides) aptos
Viável	Mais de 6 pontos (centroides) aptos

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Essa visualização facilitou a identificação das regiões mais promissoras para estudos de campo e possíveis implementações. As áreas destacadas no mapa sintetizam o processo analítico realizado, que envolveu desde a seleção de critérios até a aplicação de *buffers* e sobreposição de camadas temáticas.

Para destacar as regiões com maior concentração de áreas viáveis, foi gerado um mapa de calor (Figura 56) que facilitou a visualização espacial das áreas mais promissoras, indicando *hotspots* nas proximidades de rodovias principais e longe de áreas urbanas, com concentração de áreas viáveis no centro-norte do consórcio. Os resultados indicam que o geoprocessamento, aliado a técnicas de análise multicritério, é uma ferramenta eficiente para apoiar a gestão territorial de RSU.

A integração entre as metodologias computacionais e as análises espaciais trouxe confiabilidade aos resultados obtidos. A lógica booleana empregada no *script* permitiu excluir áreas inviáveis e classificar regiões com maior potencial. A distribuição das áreas aptas, conforme apresentado no mapa, reflete também a estratégia de priorização adotada, que destacou regiões próximas às rodovias MG-050 e MG-341, devido à sua relevância logística. Essa proximidade foi recomendada pela FEAM como uma forma de otimizar o transporte e a destinação dos resíduos sólidos urbanos (RSU), aumentando a eficiência operacional.

Contudo, os resultados reforçam a necessidade de validações adicionais, como a realização de análises de campo para confirmar as condições do solo e do lençol freático. Tais informações requerem estudos de prospecção mais detalhados, para garantir a viabilidade técnica e ambiental dos locais selecionados.

Além disso, a gestão sustentável de resíduos sólidos exige uma abordagem integrada entre os municípios consorciados, promovendo a participação social e alinhando as ações com as políticas públicas existentes.

Os resultados obtidos atendem plenamente aos objetivos deste estudo, oferecendo aos municípios do consórcio um conjunto de locais adequados para a implementação de um aterro sanitário intermunicipal, projetado para atender à demanda regional pelos próximos 30 anos.

## REFERÊNCIAS

ABREMA – Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2023. São Paulo, 2023.** Disponível em: [https://www.abrema.org.br/wp-content/uploads/dlm\\_uploads/2024/03/Panorama\\_2023\\_P1.pdf](https://www.abrema.org.br/wp-content/uploads/dlm_uploads/2024/03/Panorama_2023_P1.pdf). Acesso em: 19 out. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13896: Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação.** Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

BROMWELL, Leslie George. (1978). Properties, behavior and treatment of waste fills. In: SEMINAR SERIES ON METHODS OF SOIL IMPROVEMENT, **Metropolitan Section, ASCE**, November, p.1-103.

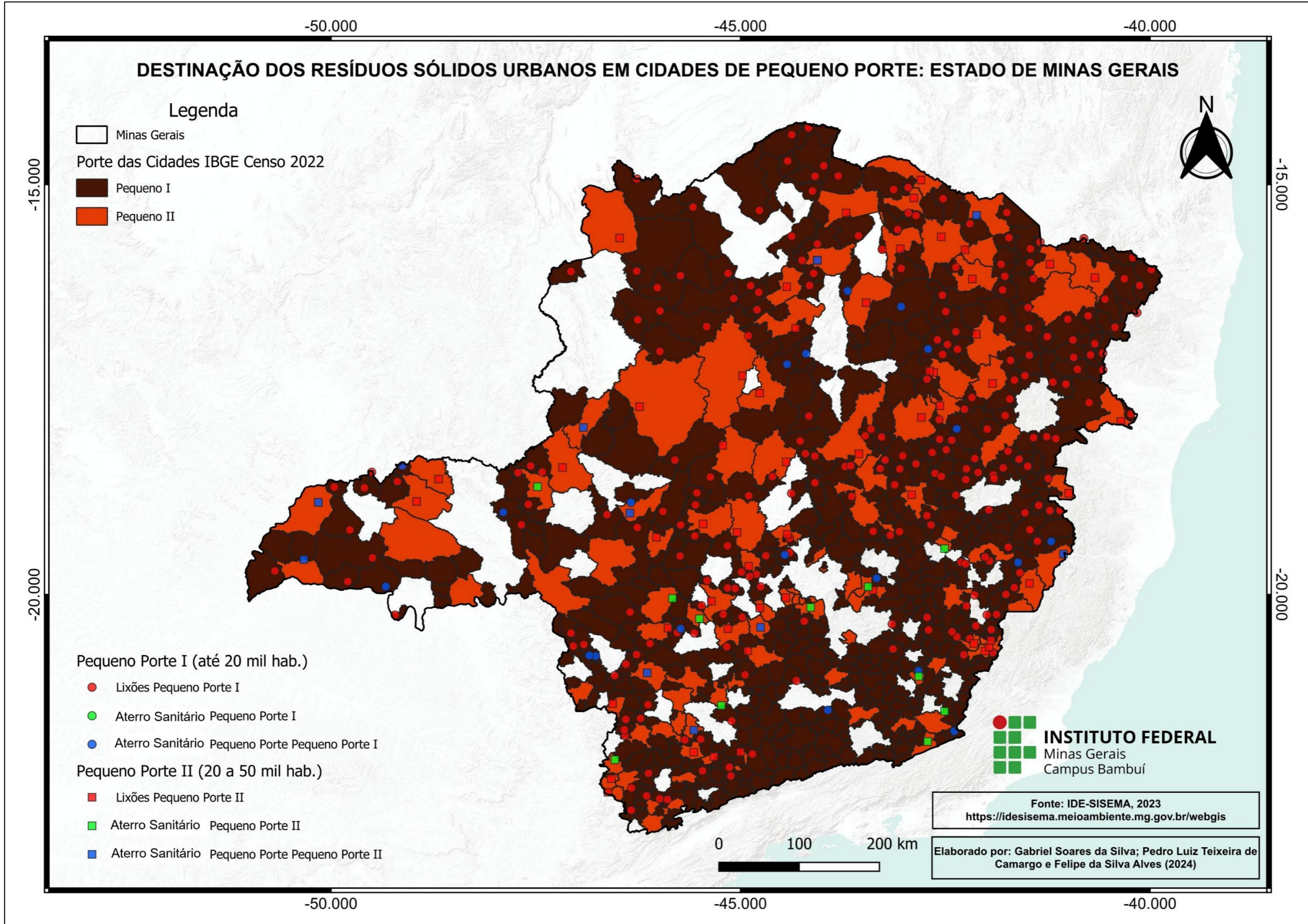
Consórcio Intermunicipal da Serra da Canastra, Alto São Francisco e Médio Rio Grande (CICANASTRA). **Portal oficial.** Disponível em: <https://www.cicanastra.mg.gov.br/>. Acesso em: 19 out. 2024.

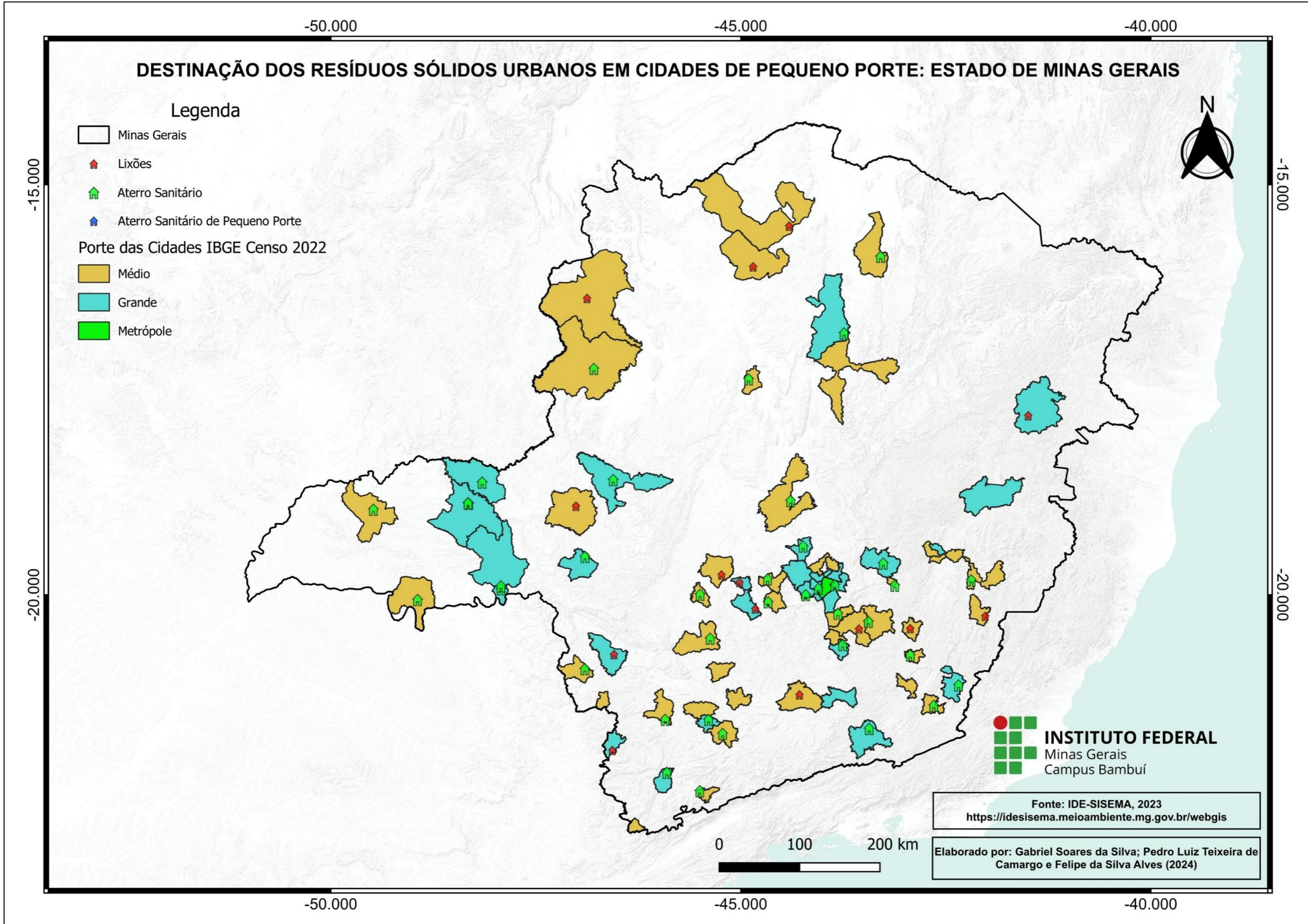
MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa COPAM N° 244, de 27 de janeiro de 2022.** Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Belo Horizonte, 2022. Disponível em: <https://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=55442> Acesso em: 19 out. 2024.

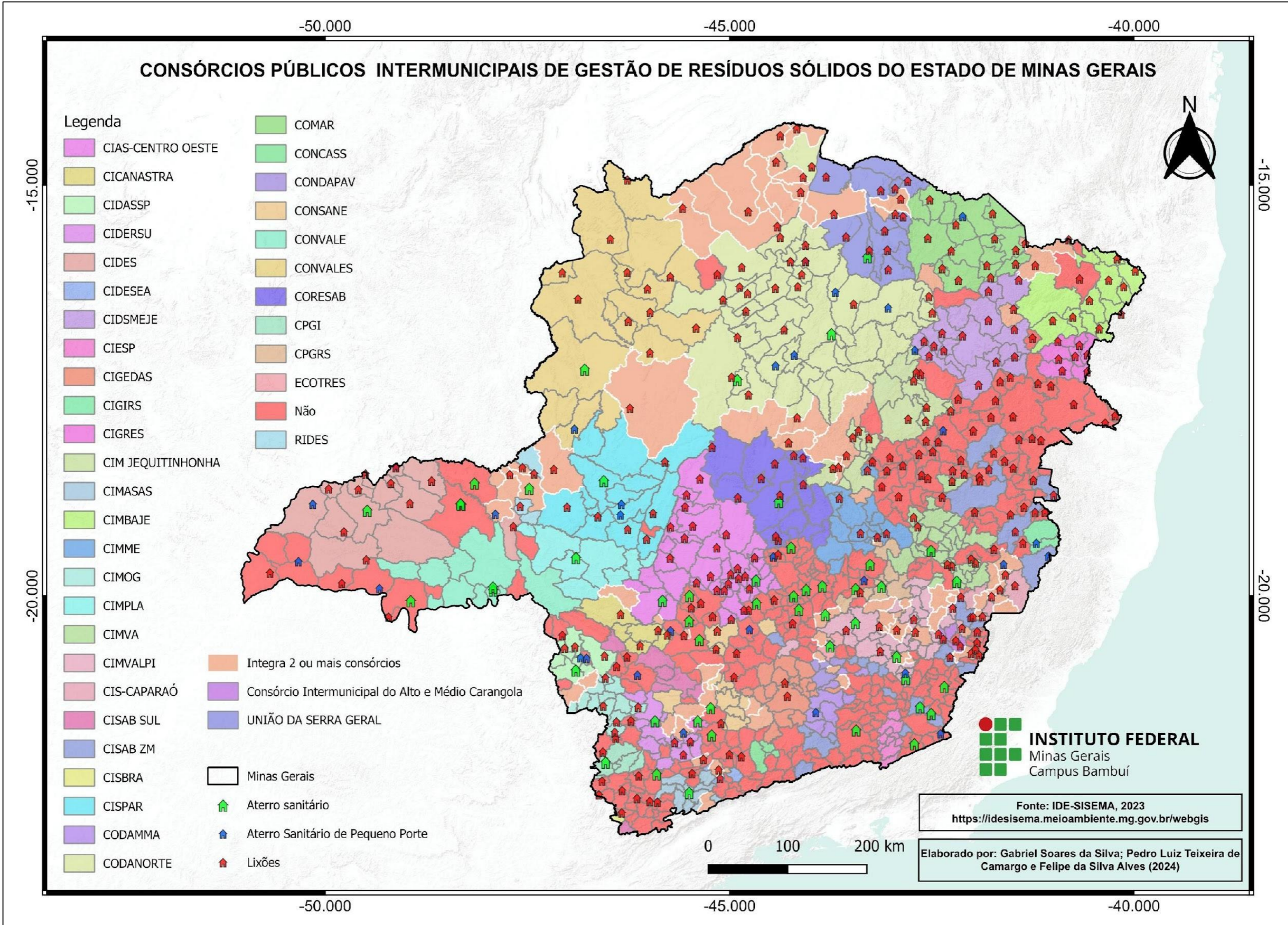
MORAES, Thiago Souza Ornelas. **Contribuição da atualização bayesiana na estimativa de recalques: estudo de caso de um aterro sanitário.** 2024. 282 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024.

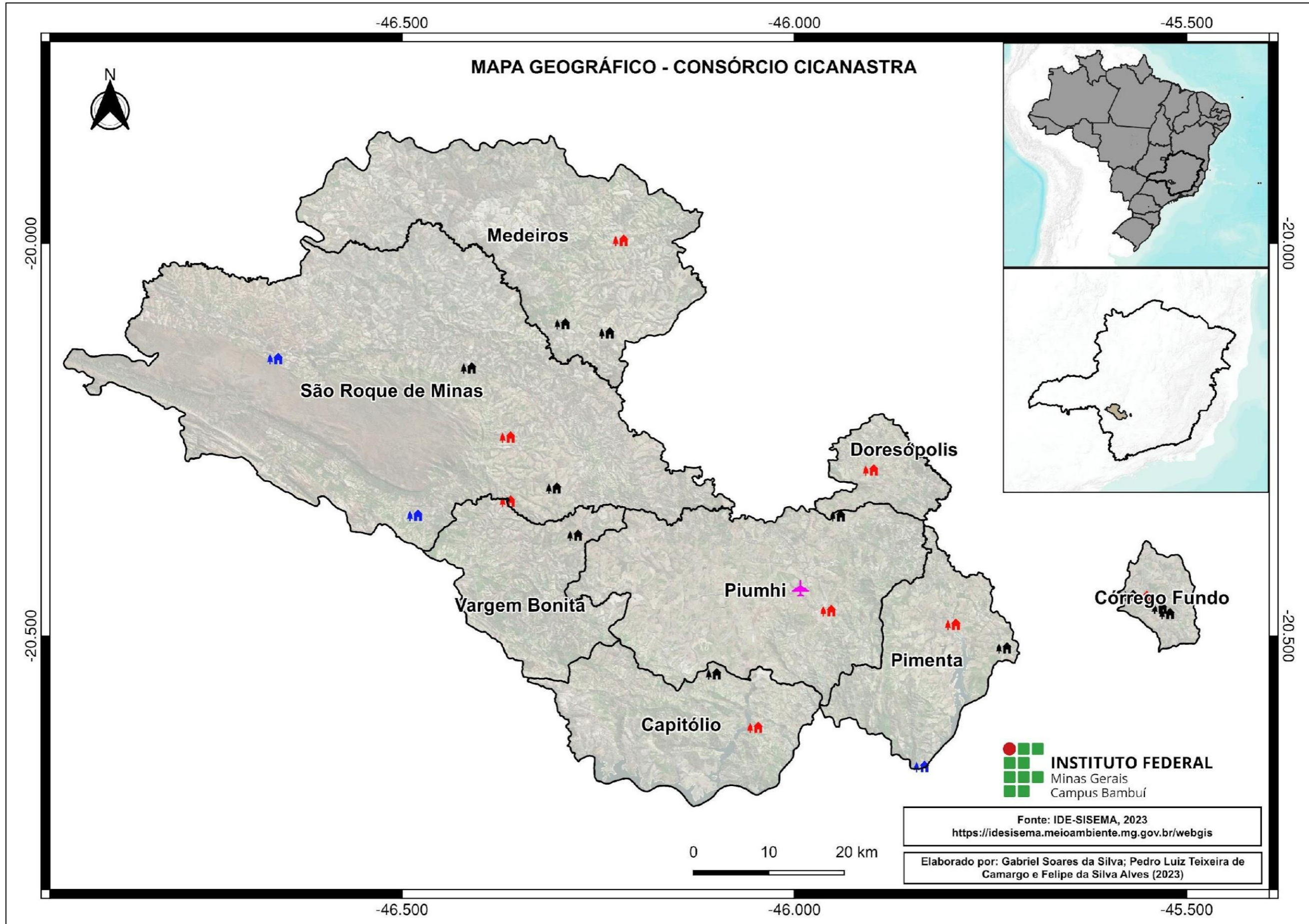
SPINOLA, Gabriela Monteiro Rodrigues; ANDRADE, Pedro Ribeiro; NASCIMENTO, Victor Fernandez. **Caracterização e dimensionamento de aterros sanitários para resíduos sólidos urbanos no Brasil e nos municípios paulistas.** Relatório final de projeto de iniciação científica. Inpe: São José dos Campos, SP, 2017.

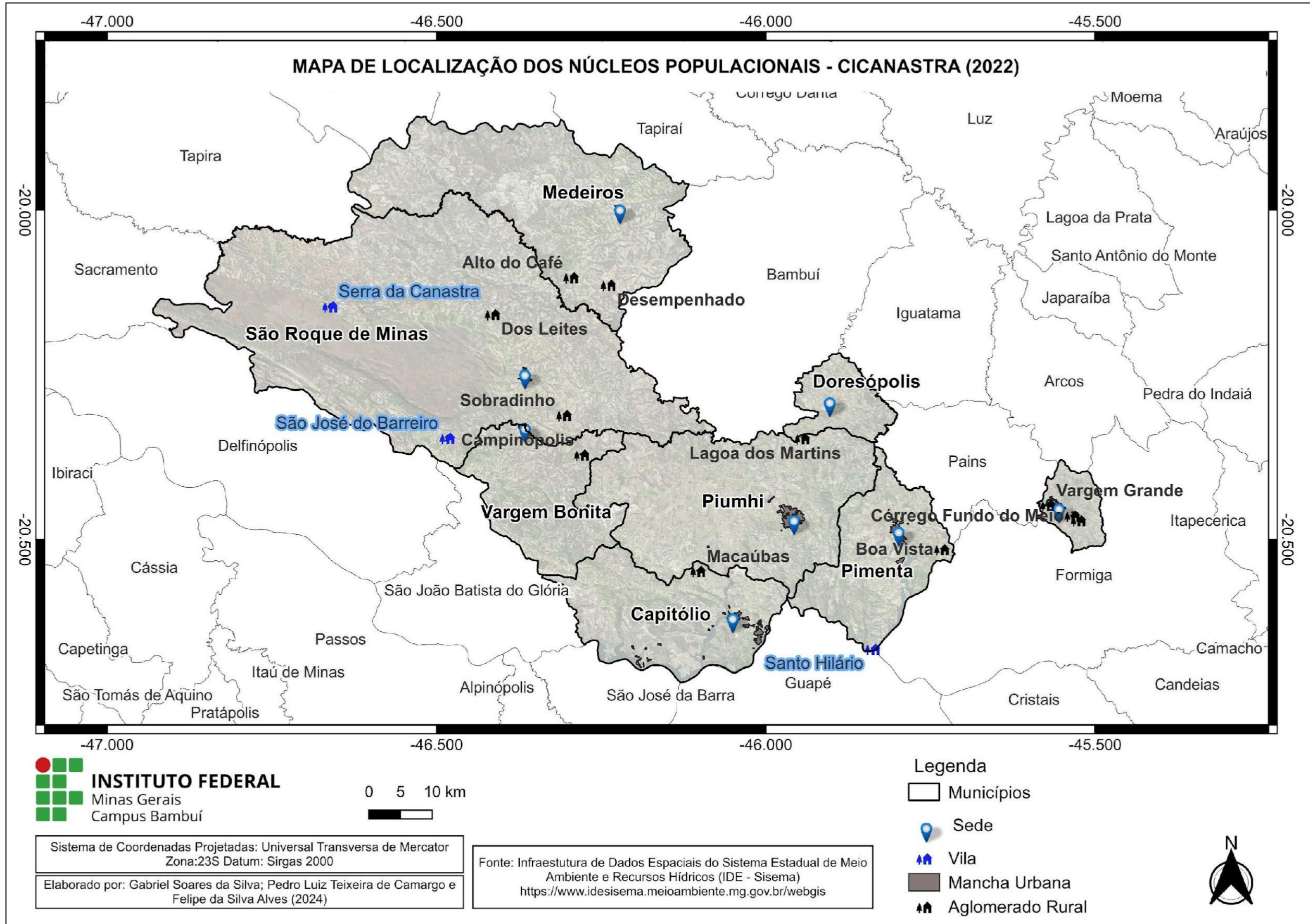
**PRODUTO TÉCNICO 2 – MISCELÂNEA CARTOGRÁFICA**

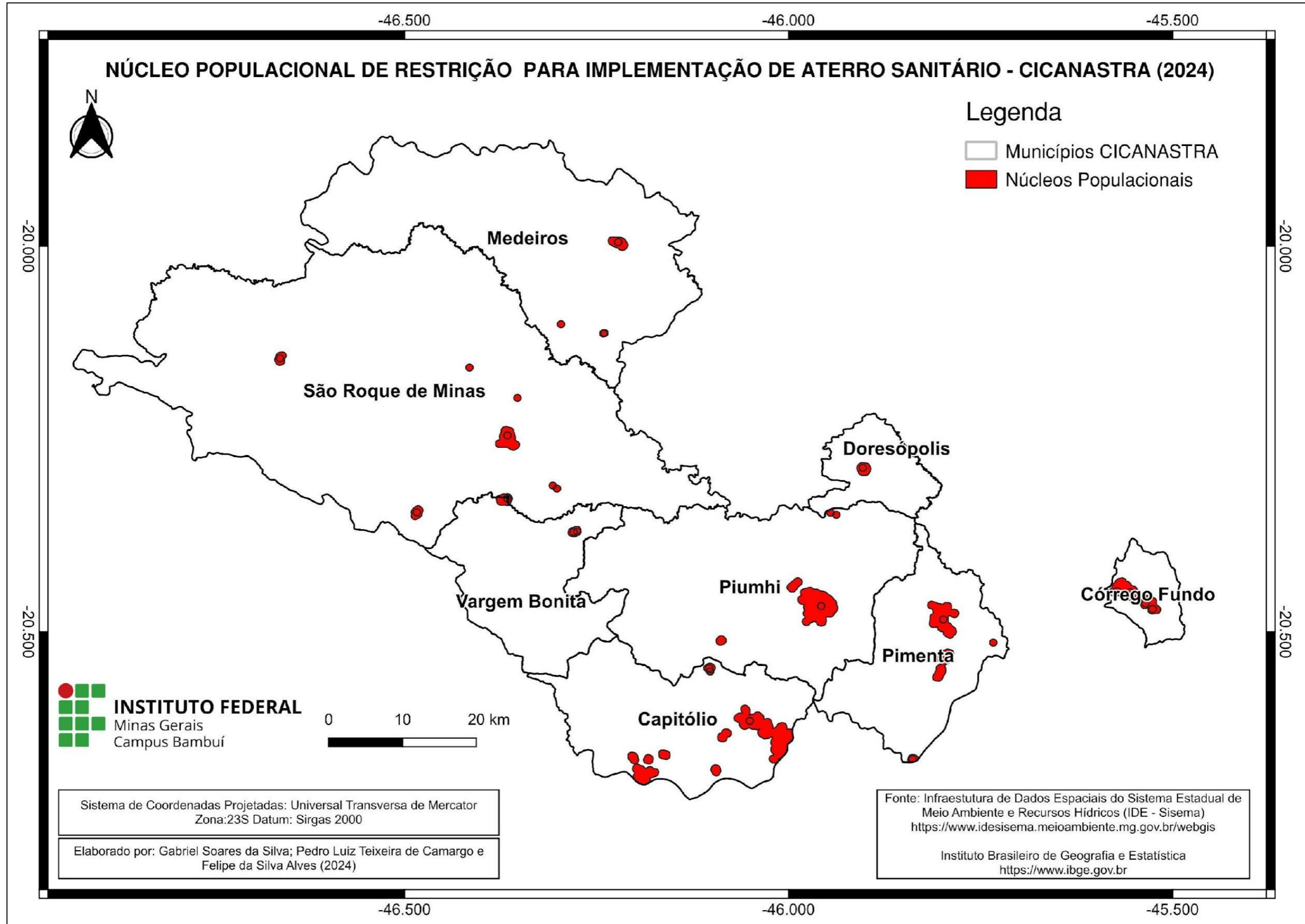




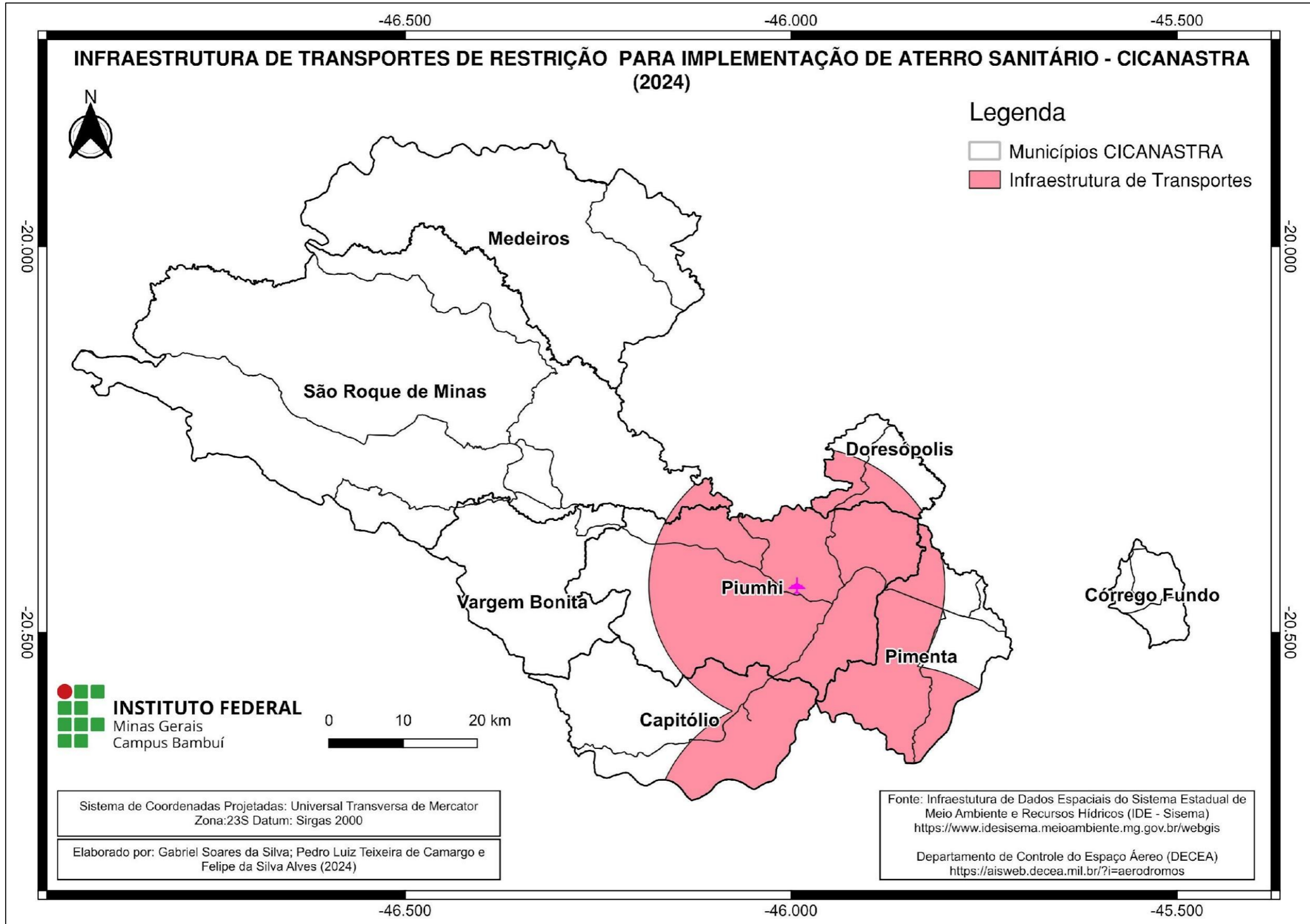




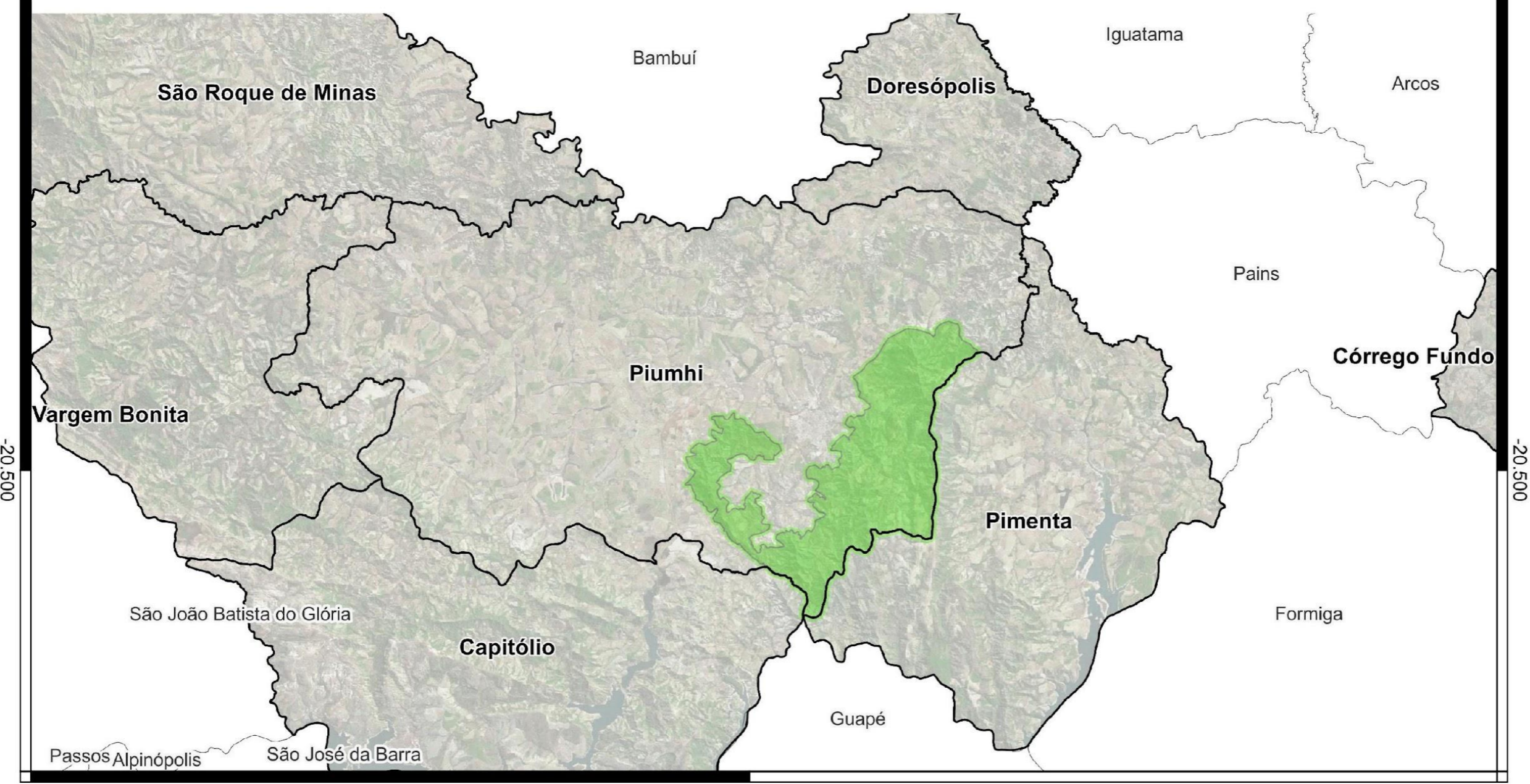








### MAPA DA ÁREA DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL (APA) SERRAS E ÁGUAS DE PIUMHI





 **INSTITUTO FEDERAL**  
Minas Gerais  
Campus Bambuí



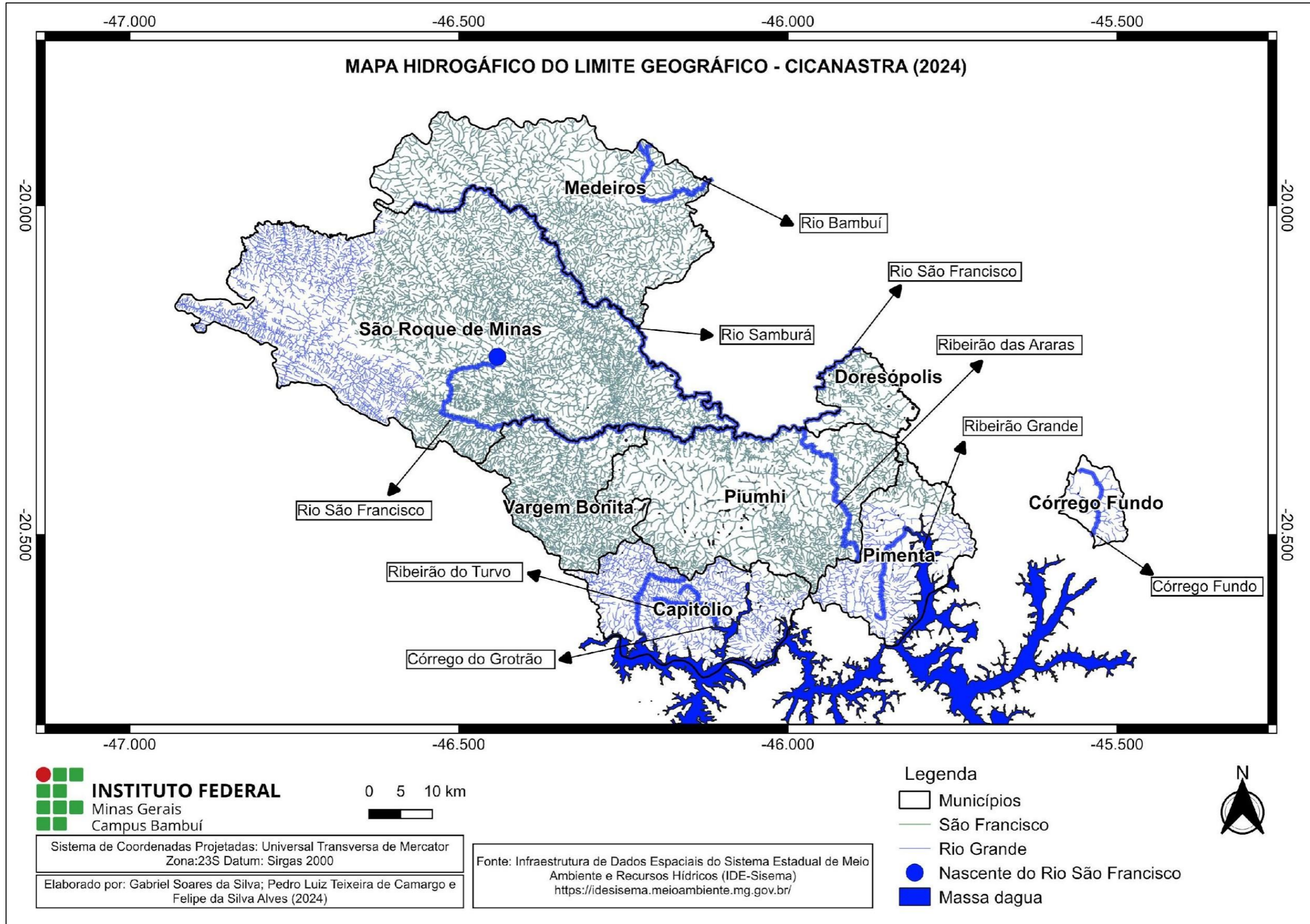
Sistema de Coordenadas Projetadas: Universal Transversa de Mercator  
Zona:23S Datum: Sirgas 2000

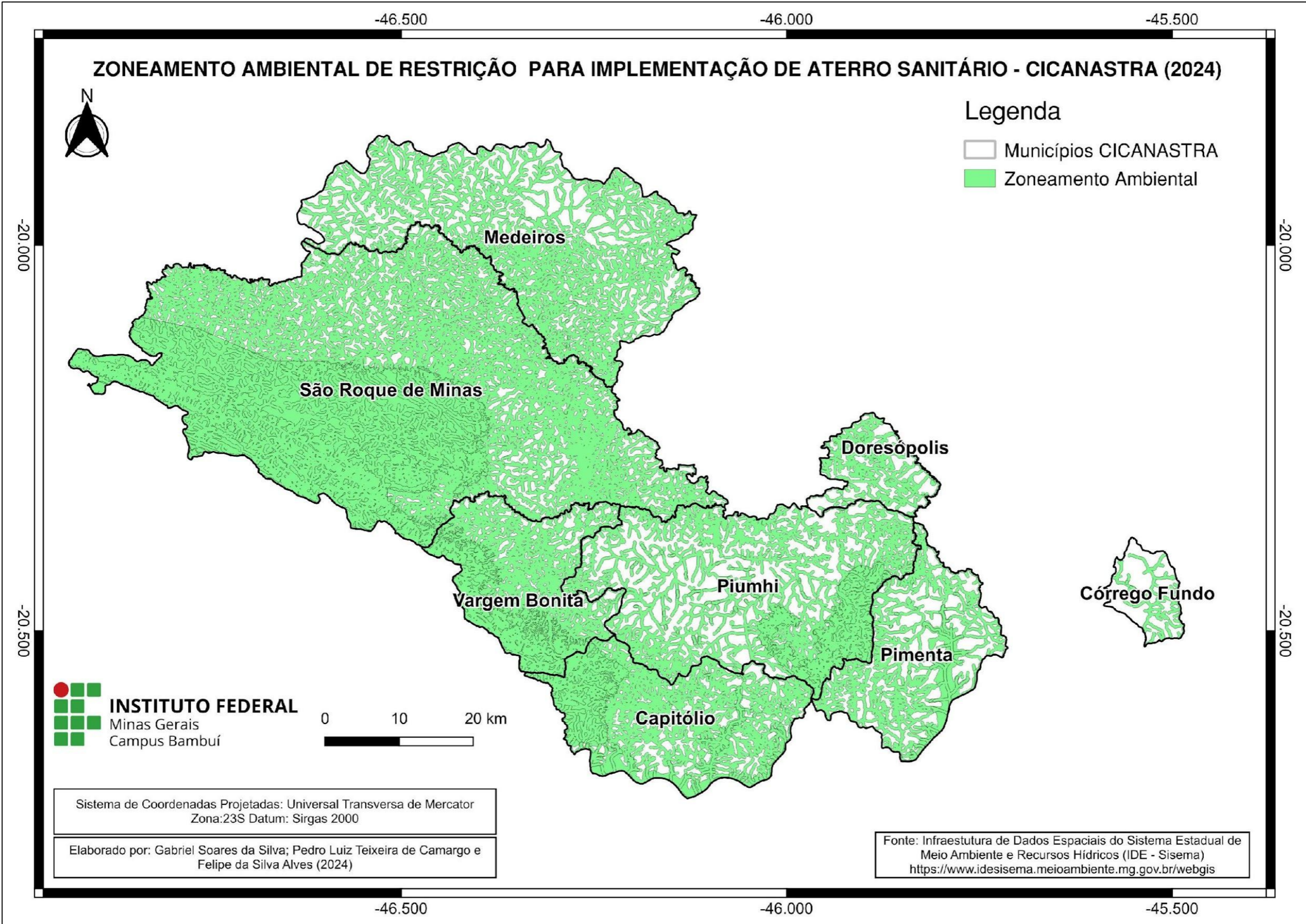
Elaborado por: Gabriel Soares da Silva; Pedro Luiz Teixeira de Camargo e Felipe da Silva Alves (2024)

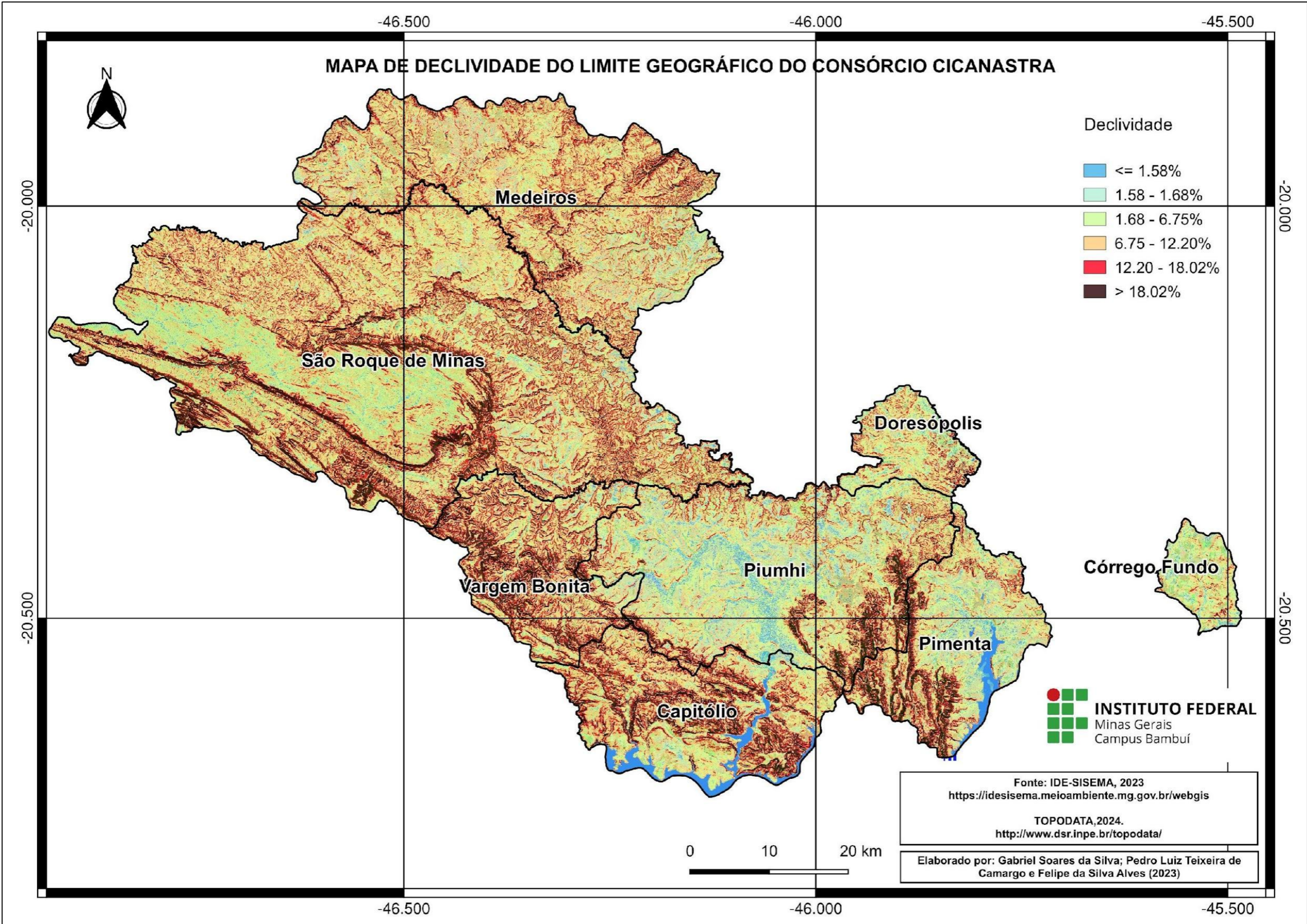
Fonte: Prefeitura Municipal de Piumhi, 2024

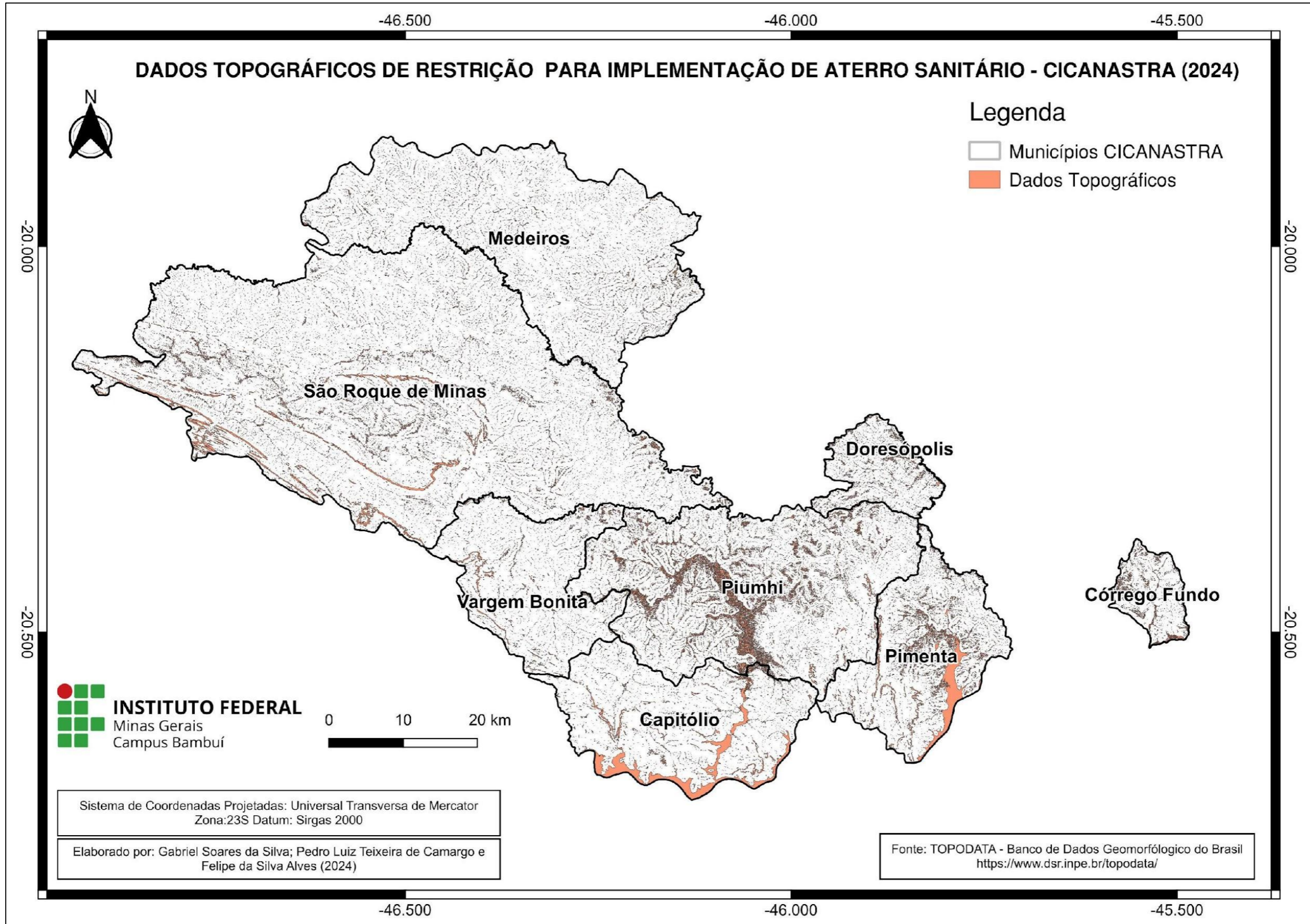
**Legenda**  
 Municípios  
 APA Serras e Águas de Piumhi

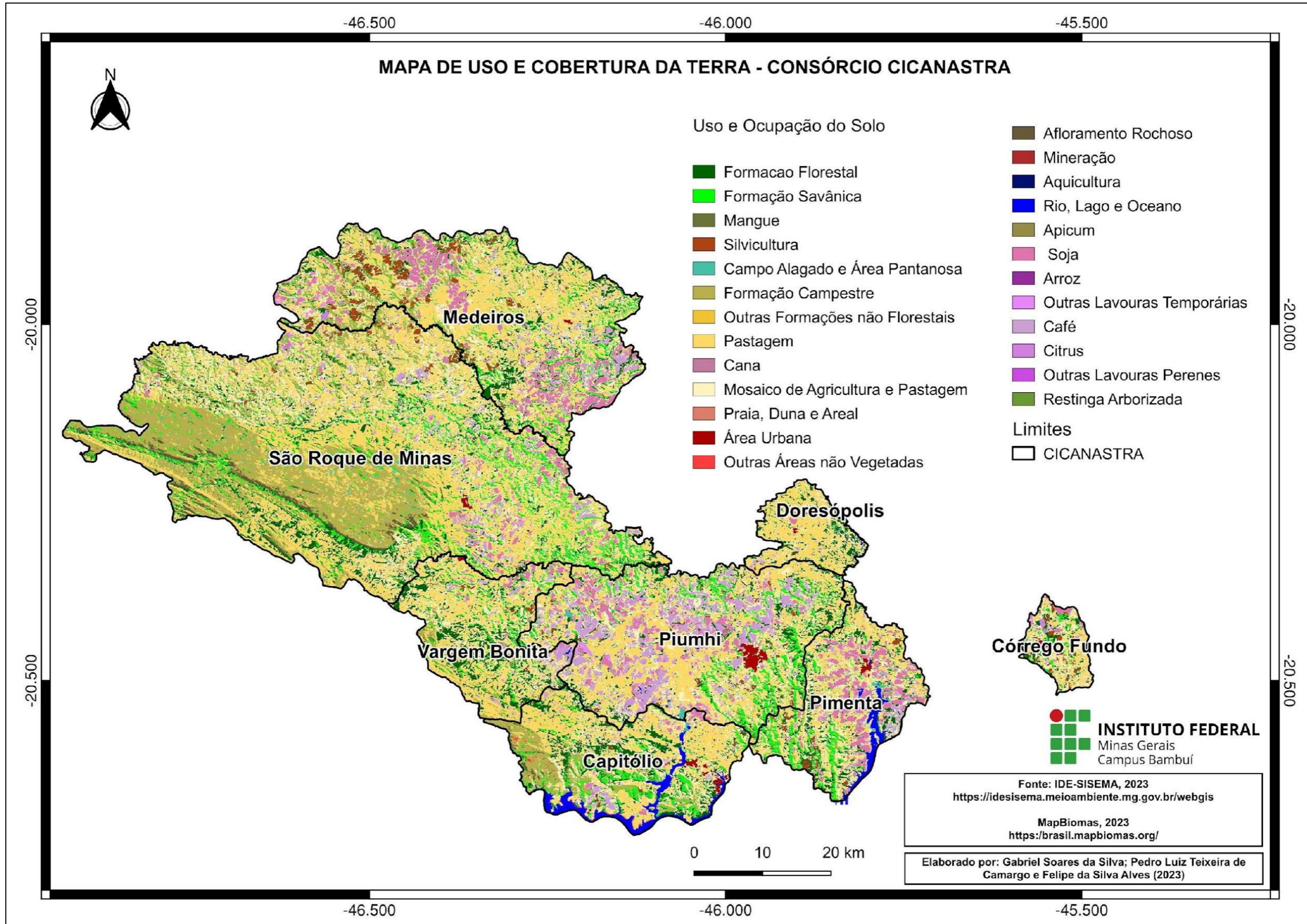


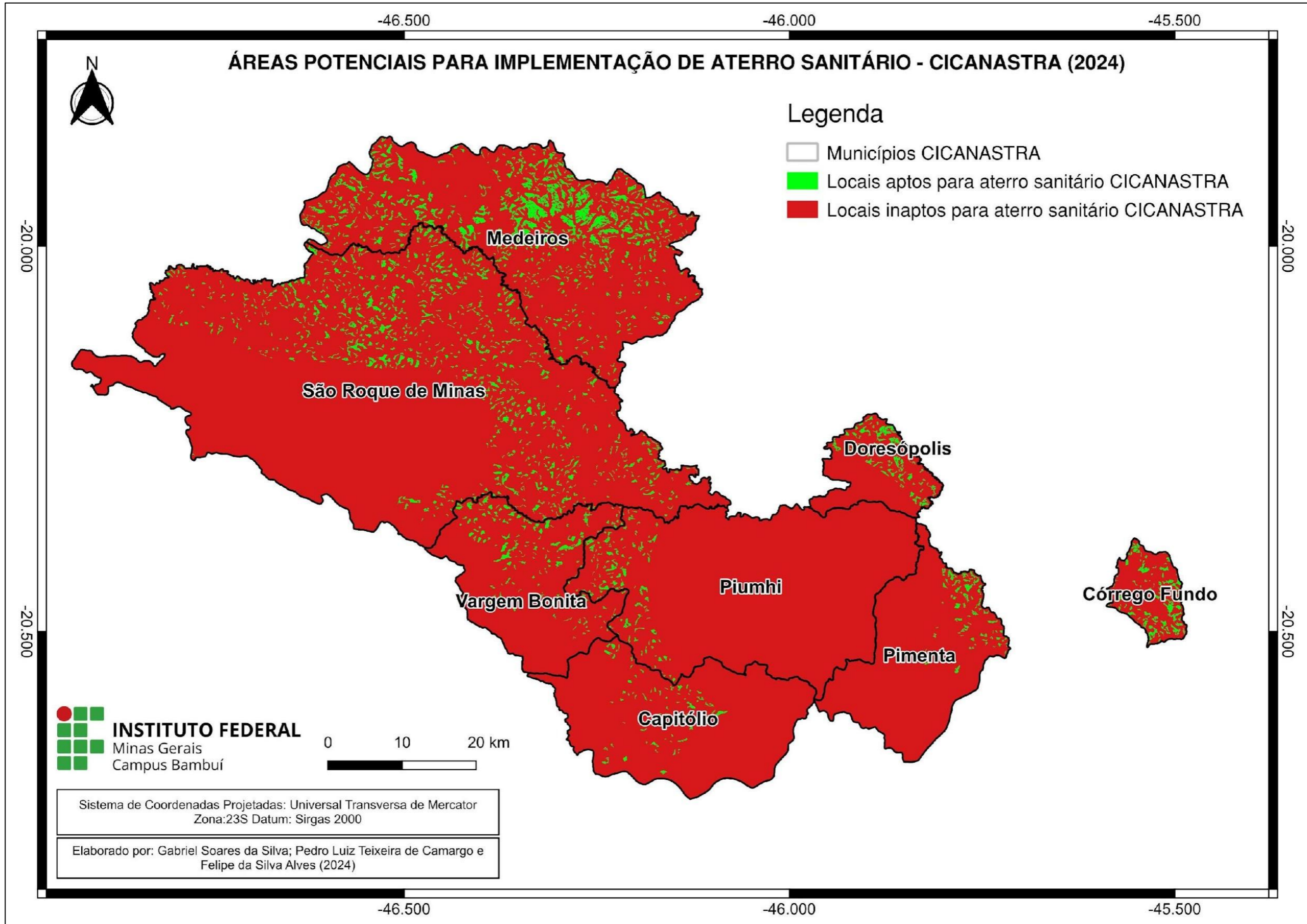


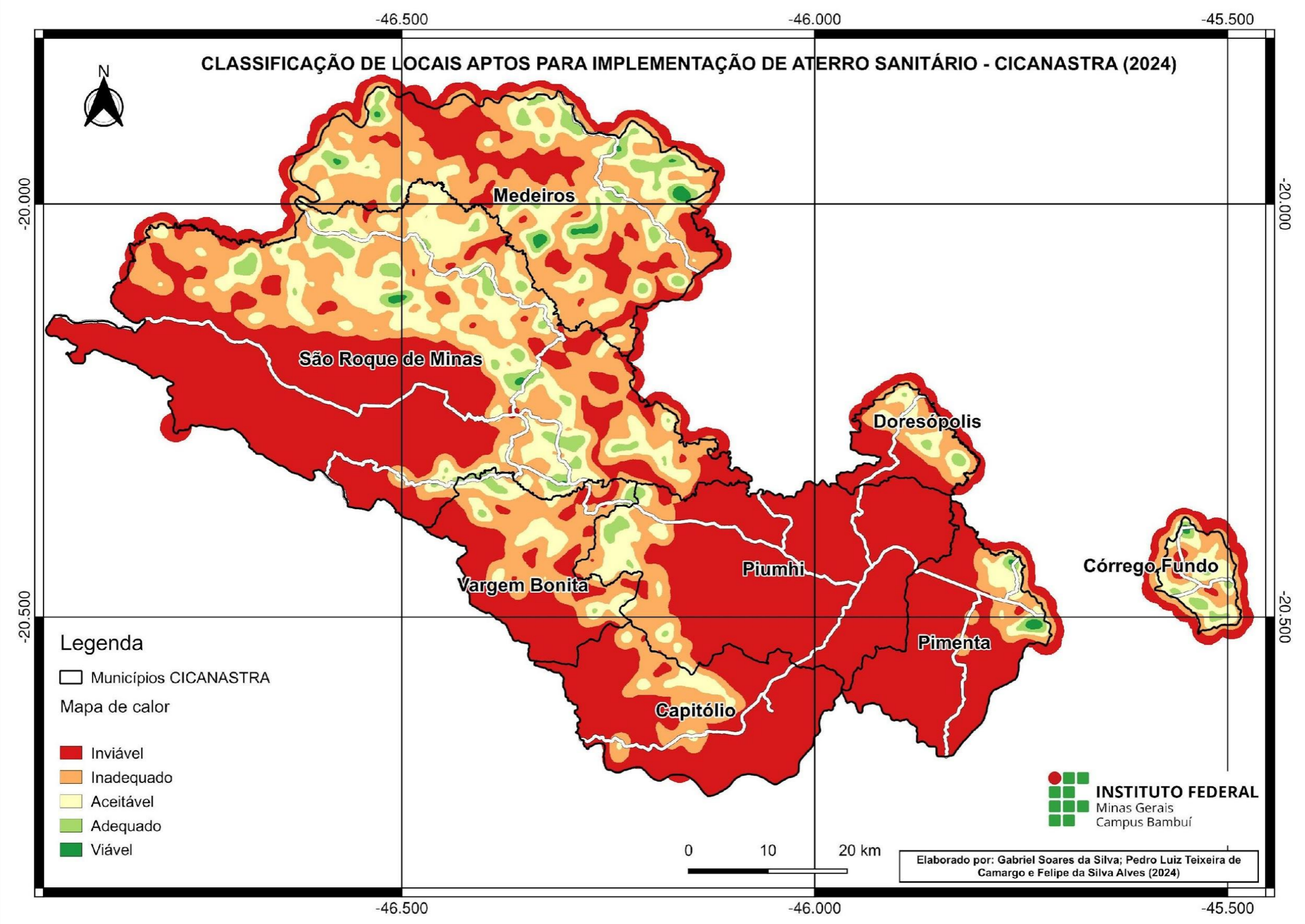












## PRODUTO TÉCNICO 3 – *SCRIPT* AUTOMATIZADO PARA IDENTIFICAÇÃO PRELIMINAR DE ATERROS SANITÁRIOS

Repositório *on-line* destinado à acomodação de *scripts*. A pasta criada está disponibilizada publicamente, e seu *README* orienta o usuário na aplicação da ferramenta. A Figura 57 mostra a *home-page*: <https://github.com/GSoaresSilva/AplicaGIS>.

Figura 57 – GitHub

The screenshot displays the GitHub interface for the repository 'GSoaresSilva / AplicaGIS'. At the top, there is a navigation bar with options like Code, Issues, Pull requests, Actions, Projects, Wiki, Security, Insights, and Settings. Below this, the repository name 'AplicaGIS' is shown as public. A commit history table lists recent updates to files like 'Analise\_Logica\_booleana\_Aterro\_Sa...' and 'README.md'. The main content area shows the 'README' file, which includes a title 'Script de Análise de Áreas Potenciais para Aterros Sanitários', a general description, an objective, and details about data reprojection, buffer creation, and logical analysis. The right sidebar contains repository statistics such as stars, forks, and watching users, along with sections for Releases, Packages, Languages (showing Python at 100.0%), and Suggested workflows.

File	Commit Message	Time
Analise_Logica_booleana_Aterro_Sa...	Update Analise_Logica_booleana_Aterro_S...	yesterday
README.md	Update README.md	yesterday

**README**

### Script de Análise de Áreas Potenciais para Aterros Sanitários

#### Descrição Geral

Este script é uma ferramenta de automação desenvolvida para o software QGIS, voltada à identificação de áreas potenciais para a instalação de aterros sanitários. Ele realiza operações de reprojeção, cria buffers de proteção em torno de feições geográficas relevantes (como corpos hídricos e infraestruturas sensíveis) e aplica análises lógicas para classificar as áreas em termos de viabilidade para a destinação final de resíduos sólidos urbanos (RSU).

#### Objetivo

O objetivo principal do script é auxiliar tomadores de decisão e profissionais de gestão ambiental e urbana na identificação de locais apropriados para aterros sanitários, utilizando um processo baseado em geoprocessamento. Ele considera critérios normativos e ambientais para gerar resultados que apoiem a implementação de soluções sustentáveis.

Funcionalidades

- Reprojeção de Dados: Reprojeta camadas para o sistema de referência de coordenadas EPSG:31983 (SIRGAS 2000 / UTM Zone 23S).
- Criação de Buffers: Calcula zonas de proteção em torno de elementos como:
  - Corpos d'água; Rodovias e ferrovias; Áreas urbanas e de preservação ambiental.
- Análise Lógica Booleana: Combina os buffers e outros critérios ambientais para identificar áreas como:

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

**SCRIPT**

```
"""
```

```
Model exported as python.
```

```
Name : Analise da Logica Booleana para Aterro Sanitário
```

```
Group : Builder
```

```
With QGIS : 33408
```

```
"""
```

```
from qgis.core import QgsProcessing
from qgis.core import QgsProcessingAlgorithm
from qgis.core import QgsProcessingMultiStepFeedback
from qgis.core import QgsProcessingParameterVectorLayer
from qgis.core import QgsProcessingParameterRasterLayer
from qgis.core import QgsProcessingParameterFeatureSink
from qgis.core import QgsProcessingParameterRasterDestination
from qgis.core import QgsCoordinateReferenceSystem
import processing
```

```
class AnaliseDaLogicaBooleanaParaAterroSanitrio(QgsProcessingAlgorithm):
```

```
    def initAlgorithm(self, config=None):
        self.addParameter(QgsProcessingParameterVectorLayer('aerodromos', 'Aeródromos',
types=[QgsProcessing.TypeVectorPoint], defaultValue=None))
        self.addParameter(QgsProcessingParameterVectorLayer('aglomerado_rural', 'Aglomerado Rural',
types=[QgsProcessing.TypeVectorPoint], defaultValue=None))
        self.addParameter(QgsProcessingParameterRasterLayer('declividade', 'Declividade', defaultValue=None))
        self.addParameter(QgsProcessingParameterVectorLayer('ferrovias', 'Ferrovias', defaultValue=None))
        self.addParameter(QgsProcessingParameterVectorLayer('hidrografia', 'Hidrografia',
types=[QgsProcessing.TypeVectorLine], defaultValue=None))
        self.addParameter(QgsProcessingParameterVectorLayer('limite_geografico', 'Limite Geográfico',
types=[QgsProcessing.TypeVectorPolygon], defaultValue=None))
        self.addParameter(QgsProcessingParameterVectorLayer('limite_geografico2', 'Limite Geográfico',
defaultValue=None))
        self.addParameter(QgsProcessingParameterVectorLayer('limite_geografico3', 'Limite Geográfico',
defaultValue=None))
        self.addParameter(QgsProcessingParameterVectorLayer('mancha_urbana', 'Mancha Urbana',
types=[QgsProcessing.TypeVectorPolygon], defaultValue=None))
```

```

        self.addParameter(QgsProcessingParameterVectorLayer('massa_dagua', "Massa d'agua",
types=[QgsProcessing.TypeVectorPolygon], defaultValue=None))
        self.addParameter(QgsProcessingParameterVectorLayer('povoado', 'Povoado',
types=[QgsProcessing.TypeVectorPoint], defaultValue=None))
        self.addParameter(QgsProcessingParameterVectorLayer('rea_de_proteo_ambiental_ap', 'Área de Proteção
Ambiental (APA)', types=[QgsProcessing.TypeVectorPolygon], defaultValue=None))
        self.addParameter(QgsProcessingParameterVectorLayer('rodovias', 'Rodovias',
types=[QgsProcessing.TypeVectorLine], defaultValue=None))
        self.addParameter(QgsProcessingParameterVectorLayer('sede', 'Sede',
types=[QgsProcessing.TypeVectorPoint], defaultValue=None))
        self.addParameter(QgsProcessingParameterVectorLayer('unidade_de_conservao_estadual', 'Unidade de
Conservação Estadual', defaultValue=None))
        self.addParameter(QgsProcessingParameterVectorLayer('unidade_de_conservao_federal', 'Unidade de
Conservação Federal', types=[QgsProcessing.TypeVectorPolygon], defaultValue=None))
        self.addParameter(QgsProcessingParameterRasterLayer('uso_e_ocupao_da_terra', 'Uso e Ocupação da
Terra', defaultValue=None))
        self.addParameter(QgsProcessingParameterVectorLayer('vila', 'Vila',
types=[QgsProcessing.TypeVectorPoint], defaultValue=None))
        self.addParameter(QgsProcessingParameterFeatureSink('Multiparte', 'Multiparte',
type=QgsProcessing.TypeVectorPoint, createByDefault=True, supportsAppend=True, defaultValue=None))
        self.addParameter(QgsProcessingParameterFeatureSink('LocaisAptosParaAterroSanitrio', 'Locais aptos para
aterro sanitário ', type=QgsProcessing.TypeVectorAnyGeometry, createByDefault=True,
defaultValue='TEMPORARY_OUTPUT'))
        self.addParameter(QgsProcessingParameterFeatureSink('LocaisInaptosParaAterroSanitrio', 'Locais inaptos
para aterro sanitário ', type=QgsProcessing.TypeVectorAnyGeometry, createByDefault=True,
defaultValue='TEMPORARY_OUTPUT'))
        self.addParameter(QgsProcessingParameterFeatureSink('AterrosSanitrios', 'Aterros Sanitários',
type=QgsProcessing.TypeVectorAnyGeometry, createByDefault=True,
defaultValue='TEMPORARY_OUTPUT'))

self.addParameter(QgsProcessingParameterRasterDestination('MapaDeCalorEstimativaDeDensidadeKernel',
'Mapa de calor (Estimativa de densidade Kernel)', createByDefault=True, defaultValue=None))

def processAlgorithm(self, parameters, context, model_feedback):
    # Use a multi-step feedback, so that individual child algorithm progress reports are adjusted for the
    # overall progress through the model
    feedback = QgsProcessingMultiStepFeedback(51, model_feedback)
    results = {}
    outputs = {}

```

```

# Aglomerado Rural (Reprojetado)
alg_params = {
    'CONVERT_CURVED_GEOMETRIES': False,
    'INPUT': parameters['aglomerado_rural'],
    'OPERATION': "",
    'TARGET_CRS': QgsCoordinateReferenceSystem('EPSG:31983'),
    'OUTPUT': QgsProcessing.TEMPORARY_OUTPUT
}
outputs['AglomeradoRuralReprojetado'] = processing.run('native:reprojectlayer', alg_params,
context=context, feedback=feedback, is_child_algorithm=True)

feedback.setCurrentStep(1)
if feedback.isCanceled():
    return {}

# Aeródromos (Reprojetado)
alg_params = {
    'CONVERT_CURVED_GEOMETRIES': False,
    'INPUT': parameters['aerodromos'],
    'OPERATION': "",
    'TARGET_CRS': QgsCoordinateReferenceSystem('EPSG:31983'),
    'OUTPUT': QgsProcessing.TEMPORARY_OUTPUT
}
outputs['AerodromosReprojetado'] = processing.run('native:reprojectlayer', alg_params, context=context,
feedback=feedback, is_child_algorithm=True)

feedback.setCurrentStep(2)
if feedback.isCanceled():
    return {}

# Massa D'agua (Reprojetado)
alg_params = {
    'CONVERT_CURVED_GEOMETRIES': False,
    'INPUT': parameters['massa_dagua'],
    'OPERATION': "",
    'TARGET_CRS': QgsCoordinateReferenceSystem('EPSG:31983'),
    'OUTPUT': QgsProcessing.TEMPORARY_OUTPUT
}
outputs['MassaDaguaReprojetado'] = processing.run('native:reprojectlayer', alg_params, context=context,
feedback=feedback, is_child_algorithm=True)

```

```

feedback.setCurrentStep(3)
if feedback.isCanceled():
    return {}

# Mancha Urbana (Reprojetado)
alg_params = {
    'CONVERT_CURVED_GEOMETRIES': False,
    'INPUT': parameters['mancha_urbana'],
    'OPERATION': "",
    'TARGET_CRS': QgsCoordinateReferenceSystem('EPSG:31983'),
    'OUTPUT': QgsProcessing.TEMPORARY_OUTPUT
}
outputs['ManchaUrbanaReprojetado'] = processing.run('native:reprojectlayer', alg_params, context=context,
feedback=feedback, is_child_algorithm=True)

feedback.setCurrentStep(4)
if feedback.isCanceled():
    return {}

# Rodovias (Reprojetado)
alg_params = {
    'CONVERT_CURVED_GEOMETRIES': False,
    'INPUT': parameters['rodovias'],
    'OPERATION': "",
    'TARGET_CRS': QgsCoordinateReferenceSystem('EPSG:31983'),
    'OUTPUT': QgsProcessing.TEMPORARY_OUTPUT
}
outputs['RodoviasReprojetado'] = processing.run('native:reprojectlayer', alg_params, context=context,
feedback=feedback, is_child_algorithm=True)

feedback.setCurrentStep(5)
if feedback.isCanceled():
    return {}

# Ferrovias (Reprojetado)
alg_params = {
    'CONVERT_CURVED_GEOMETRIES': False,
    'INPUT': parameters['ferrovias'],
    'OPERATION': "",

```

```

        'TARGET_CRS': QgsCoordinateReferenceSystem('EPSG:31983'),
        'OUTPUT': QgsProcessing.TEMPORARY_OUTPUT
    }
    outputs['FerroviasReprojetado'] = processing.run('native:reprojectlayer', alg_params, context=context,
    feedback=feedback, is_child_algorithm=True)

    feedback.setCurrentStep(6)
    if feedback.isCanceled():
        return {}

    # Área de Proteção Ambiental (Reprojetado)
    alg_params = {
        'CONVERT_CURVED_GEOMETRIES': False,
        'INPUT': parameters['rea_de_proteo_ambiental_apa'],
        'OPERATION': "",
        'TARGET_CRS': QgsCoordinateReferenceSystem('EPSG:31983'),
        'OUTPUT': QgsProcessing.TEMPORARY_OUTPUT
    }
    outputs['ReaDeProteoAmbientalReprojetado'] = processing.run('native:reprojectlayer', alg_params,
    context=context, feedback=feedback, is_child_algorithm=True)

    feedback.setCurrentStep(7)
    if feedback.isCanceled():
        return {}

    # Hidrografia (Reprojetado)
    alg_params = {
        'CONVERT_CURVED_GEOMETRIES': False,
        'INPUT': parameters['hidrografia'],
        'OPERATION': "",
        'TARGET_CRS': QgsCoordinateReferenceSystem('EPSG:31983'),
        'OUTPUT': QgsProcessing.TEMPORARY_OUTPUT
    }
    outputs['HidrografiaReprojetado'] = processing.run('native:reprojectlayer', alg_params, context=context,
    feedback=feedback, is_child_algorithm=True)

    feedback.setCurrentStep(8)
    if feedback.isCanceled():
        return {}

```

```

# Uso e Ocupação da Terra (Reprojetado)
alg_params = {
    'DATA_TYPE': 0, # Use Camada de entrada Tipo Dado
    'EXTRA': "",
    'INPUT': parameters['uso_e_ocupao_da_terra'],
    'MULTITHREADING': False,
    'NODATA': None,
    'OPTIONS': "",
    'RESAMPLING': 0, # Vizinho mais próximo
    'SOURCE_CRS': None,
    'TARGET_CRS': QgsCoordinateReferenceSystem('EPSG:31983'),
    'TARGET_EXTENT': None,
    'TARGET_EXTENT_CRS': None,
    'TARGET_RESOLUTION': None,
    'OUTPUT': QgsProcessing.TEMPORARY_OUTPUT
}
outputs['UsoEOcupaoDaTerraReprojetado'] = processing.run('gdal:warp', alg_params,
context=context, feedback=feedback, is_child_algorithm=True)

feedback.setCurrentStep(9)
if feedback.isCanceled():
    return {}

# Unidade de Conservação Estadual (Reprojetado)
alg_params = {
    'CONVERT_CURVED_GEOMETRIES': False,
    'INPUT': parameters['unidade_de_conservao_estadual'],
    'OPERATION': "",
    'TARGET_CRS': QgsCoordinateReferenceSystem('EPSG:31983'),
    'OUTPUT': QgsProcessing.TEMPORARY_OUTPUT
}
outputs['UnidadeDeConservaoEstadualReprojetado'] = processing.run('native:reprojectlayer', alg_params,
context=context, feedback=feedback, is_child_algorithm=True)

feedback.setCurrentStep(10)
if feedback.isCanceled():
    return {}

# Massa d'água (Buffer)
alg_params = {

```

```

'DISSOLVE': True,
'DISTANCE': 200,
'END_CAP_STYLE': 0, # Arredondado
'INPUT': outputs['MassaDaguaReprojetado']['OUTPUT'],
'JOIN_STYLE': 0, # Arredondado
'MITER_LIMIT': 20,
'SEGMENTS': 200,
'SEPARATE_DISJOINT': False,
'OUTPUT': QgsProcessing.TEMPORARY_OUTPUT
}
outputs['MassaDguaBuffer'] = processing.run('native:buffer', alg_params, context=context,
feedback=feedback, is_child_algorithm=True)

feedback.setCurrentStep(11)
if feedback.isCanceled():
    return {}

# Vila (Reprojetado)
alg_params = {
    'CONVERT_CURVED_GEOMETRIES': False,
    'INPUT': parameters['vila'],
    'OPERATION': "",
    'TARGET_CRS': QgsCoordinateReferenceSystem('EPSG:31983'),
    'OUTPUT': QgsProcessing.TEMPORARY_OUTPUT
}
outputs['VilaReprojetado'] = processing.run('native:reprojectlayer', alg_params, context=context,
feedback=feedback, is_child_algorithm=True)

feedback.setCurrentStep(12)
if feedback.isCanceled():
    return {}

# Povoado (Reprojetado)
alg_params = {
    'CONVERT_CURVED_GEOMETRIES': False,
    'INPUT': parameters['povoado'],
    'OPERATION': "",
    'TARGET_CRS': QgsCoordinateReferenceSystem('EPSG:31983'),
    'OUTPUT': QgsProcessing.TEMPORARY_OUTPUT
}

```

```

outputs['PovoadoReprojetado'] = processing.run('native:reprojectlayer', alg_params, context=context,
feedback=feedback, is_child_algorithm=True)

```

```

feedback.setCurrentStep(13)

```

```

if feedback.isCanceled():

```

```

    return {}

```

```

# Rodovia (Buffer)

```

```

alg_params = {

```

```

    'DISSOLVE': True,

```

```

    'DISTANCE': 15,

```

```

    'END_CAP_STYLE': 0, # Arredondado

```

```

    'INPUT': outputs['RodoviasReprojetado']['OUTPUT'],

```

```

    'JOIN_STYLE': 0, # Arredondado

```

```

    'MITER_LIMIT': 15,

```

```

    'SEGMENTS': 15,

```

```

    'SEPARATE_DISJOINT': False,

```

```

    'OUTPUT': QgsProcessing.TEMPORARY_OUTPUT

```

```

}

```

```

outputs['RodoviaBuffer'] = processing.run('native:buffer', alg_params, context=context, feedback=feedback,
is_child_algorithm=True)

```

```

feedback.setCurrentStep(14)

```

```

if feedback.isCanceled():

```

```

    return {}

```

```

# Aeródromo (buffer)

```

```

alg_params = {

```

```

    'DISSOLVE': True,

```

```

    'DISTANCE': 20000,

```

```

    'END_CAP_STYLE': 0, # Arredondado

```

```

    'INPUT': outputs['AerodromosReprojetado']['OUTPUT'],

```

```

    'JOIN_STYLE': 0, # Arredondado

```

```

    'MITER_LIMIT': 200,

```

```

    'SEGMENTS': 200,

```

```

    'SEPARATE_DISJOINT': False,

```

```

    'OUTPUT': QgsProcessing.TEMPORARY_OUTPUT

```

```

}

```

```

outputs['AerodromoBuffer'] = processing.run('native:buffer', alg_params, context=context,
feedback=feedback, is_child_algorithm=True)

```

```

feedback.setCurrentStep(15)
if feedback.isCanceled():
    return {}

# Unidade de Conservação Federal (Reprojetado)
alg_params = {
    'CONVERT_CURVED_GEOMETRIES': False,
    'INPUT': parameters['unidade_de_conservao_federal'],
    'OPERATION': "",
    'TARGET_CRS': QgsCoordinateReferenceSystem('EPSG:31983'),
    'OUTPUT': QgsProcessing.TEMPORARY_OUTPUT
}
outputs['UnidadeDeConservaoFederalReprojetado'] = processing.run('native:reprojectlayer', alg_params,
context=context, feedback=feedback, is_child_algorithm=True)

feedback.setCurrentStep(16)
if feedback.isCanceled():
    return {}

# Sede (Reprojetado)
alg_params = {
    'CONVERT_CURVED_GEOMETRIES': False,
    'INPUT': parameters['sede'],
    'OPERATION': "",
    'TARGET_CRS': QgsCoordinateReferenceSystem('EPSG:31983'),
    'OUTPUT': QgsProcessing.TEMPORARY_OUTPUT
}
outputs['SedeReprojetado'] = processing.run('native:reprojectlayer', alg_params, context=context,
feedback=feedback, is_child_algorithm=True)

feedback.setCurrentStep(17)
if feedback.isCanceled():
    return {}

# Povoado (Buffer)
alg_params = {
    'DISSOLVE': True,
    'DISTANCE': 500,
    'END_CAP_STYLE': 0, # Arredondado

```

```

'INPUT': outputs['PovoadoReprojetado']['OUTPUT'],
'JOIN_STYLE': 0, # Arredondado
'MITER_LIMIT': 50,
'SEGMENTS': 50,
'SEPARATE_DISJOINT': False,
'OUTPUT': QgsProcessing.TEMPORARY_OUTPUT
}
outputs['PovoadoBuffer'] = processing.run('native:buffer', alg_params, context=context, feedback=feedback,
is_child_algorithm=True)

feedback.setCurrentStep(18)
if feedback.isCanceled():
    return {}

# Mancha Urbana (Buffer)
alg_params = {
'DISSOLVE': True,
'DISTANCE': 500,
'END_CAP_STYLE': 0, # Arredondado
'INPUT': outputs['ManchaUrbanaReprojetado']['OUTPUT'],
'JOIN_STYLE': 0, # Arredondado
'MITER_LIMIT': 50,
'SEGMENTS': 50,
'SEPARATE_DISJOINT': False,
'OUTPUT': QgsProcessing.TEMPORARY_OUTPUT
}
outputs['ManchaUrbanaBuffer'] = processing.run('native:buffer', alg_params, context=context,
feedback=feedback, is_child_algorithm=True)

feedback.setCurrentStep(19)
if feedback.isCanceled():
    return {}

# Declividade (Reprojetado)
alg_params = {
'DATA_TYPE': 0, # Use Camada de entrada Tipo Dado
'EXTRA': "",
'INPUT': parameters['declividade'],
'MULTITHREADING': False,
'NODATA': None,

```

```

'OPTIONS': "",
'RESAMPLING': 0, # Vizinho mais próximo
'SOURCE_CRS': None,
'TARGET_CRS': QgsCoordinateReferenceSystem(""),
'TARGET_EXTENT': None,
'TARGET_EXTENT_CRS': None,
'TARGET_RESOLUTION': None,
'OUTPUT': QgsProcessing.TEMPORARY_OUTPUT
}
outputs['DeclividadeReprojetado'] = processing.run('gdal:warpproject', alg_params, context=context,
feedback=feedback, is_child_algorithm=True)

feedback.setCurrentStep(20)
if feedback.isCanceled():
    return {}

# Uso e Ocupação (Recortar raster pela extensão)
alg_params = {
    'DATA_TYPE': 0, # Use Camada de entrada Tipo Dado
    'EXTRA': "",
    'INPUT': outputs['UsoEOcupaoDaTerraReprojetado']['OUTPUT'],
    'NODATA': None,
    'OPTIONS': "",
    'OVERCRS': False,
    'PROJWIN': parameters['limite_geografico2'],
    'OUTPUT': QgsProcessing.TEMPORARY_OUTPUT
}
outputs['UsoEOcupaoRecortarRasterPelaExtensao'] = processing.run('gdal:cliprasterbyextent', alg_params,
context=context, feedback=feedback, is_child_algorithm=True)

feedback.setCurrentStep(21)
if feedback.isCanceled():
    return {}

# Hidrografia (Buffer)
alg_params = {
    'DISSOLVE': True,
    'DISTANCE': 200,
    'END_CAP_STYLE': 0, # Arredondado
    'INPUT': outputs['HidrografiaReprojetado']['OUTPUT'],

```

```

    'JOIN_STYLE': 0, # Arredondado
    'MITER_LIMIT': 20,
    'SEGMENTS': 20,
    'SEPARATE_DISJOINT': False,
    'OUTPUT': QgsProcessing.TEMPORARY_OUTPUT
}
outputs['HidrografiaBuffer'] = processing.run('native:buffer', alg_params, context=context,
feedback=feedback, is_child_algorithm=True)

feedback.setCurrentStep(22)
if feedback.isCanceled():
    return {}

# União dos dados Zonamento Ambiental
alg_params = {
    'INPUT': outputs['HidrografiaBuffer']['OUTPUT'],
    'OVERLAYS':
[outputs['MassaDguaBuffer']['OUTPUT'],outputs['HidrografiaBuffer']['OUTPUT'],outputs['UnidadeDeConserva
oFederalReprojetado']['OUTPUT'],outputs['UnidadeDeConservaoEstadualReprojetado']['OUTPUT'],outputs['Re
aDeProteoAmbientaReprojetado']['OUTPUT']],
    'OVERLAY_FIELDS_PREFIX': "",
    'OUTPUT': QgsProcessing.TEMPORARY_OUTPUT
}
outputs['UnioDosDadosZonamentoAmbienta'] = processing.run('native:multiunion', alg_params,
context=context, feedback=feedback, is_child_algorithm=True)

feedback.setCurrentStep(23)
if feedback.isCanceled():
    return {}

# Aglomerado Rural (Buffer)
alg_params = {
    'DISSOLVE': True,
    'DISTANCE': 500,
    'END_CAP_STYLE': 0, # Arredondado
    'INPUT': outputs['AglomeradoRuralReprojetado']['OUTPUT'],
    'JOIN_STYLE': 0, # Arredondado
    'MITER_LIMIT': 50,
    'SEGMENTS': 50,
    'SEPARATE_DISJOINT': False,

```

```

        'OUTPUT': QgsProcessing.TEMPORARY_OUTPUT
    }
    outputs['AglomeradoRuralBuffer'] = processing.run('native:buffer', alg_params, context=context,
feedback=feedback, is_child_algorithm=True)

    feedback.setCurrentStep(24)
    if feedback.isCanceled():
        return {}

# Declividade (Recortar raster pela extensão)
alg_params = {
    'DATA_TYPE': 0, # Use Camada de entrada Tipo Dado
    'EXTRA': "",
    'INPUT': outputs['DeclividadeReprojetado']['OUTPUT'],
    'NODATA': None,
    'OPTIONS': "",
    'OVERCRS': False,
    'PROJWIN': parameters['limite_geografico2'],
    'OUTPUT': QgsProcessing.TEMPORARY_OUTPUT
}
    outputs['DeclividadeRecortarRasterPelaExtensao'] = processing.run('gdal:clprasterbyextent', alg_params,
context=context, feedback=feedback, is_child_algorithm=True)

    feedback.setCurrentStep(25)
    if feedback.isCanceled():
        return {}

# Ferrovias (Buffer)
alg_params = {
    'DISSOLVE': False,
    'DISTANCE': 15,
    'END_CAP_STYLE': 0, # Arredondado
    'INPUT': outputs['FerroviasReprojetado']['OUTPUT'],
    'JOIN_STYLE': 0, # Arredondado
    'MITER_LIMIT': 15,
    'SEGMENTS': 15,
    'SEPARATE_DISJOINT': False,
    'OUTPUT': QgsProcessing.TEMPORARY_OUTPUT
}

```

```

    outputs['FerroviasBuffer'] = processing.run('native:buffer', alg_params, context=context,
feedback=feedback, is_child_algorithm=True)

```

```

feedback.setCurrentStep(26)

```

```

if feedback.isCanceled():

```

```

    return {}

```

```

# Declividade (Vetor)

```

```

alg_params = {

```

```

    'BAND': 1,

```

```

    'EIGHT_CONNECTEDNESS': False,

```

```

    'EXTRA': "",

```

```

    'FIELD': 'DN',

```

```

    'INPUT': outputs['DeclividadeRecortarRasterPelaExtenso']['OUTPUT'],

```

```

    'OUTPUT': QgsProcessing.TEMPORARY_OUTPUT

```

```

}

```

```

    outputs['DeclividadeVetor'] = processing.run('gdal:polygonize', alg_params, context=context,
feedback=feedback, is_child_algorithm=True)

```

```

feedback.setCurrentStep(27)

```

```

if feedback.isCanceled():

```

```

    return {}

```

```

# Sede (Buffer)

```

```

alg_params = {

```

```

    'DISSOLVE': True,

```

```

    'DISTANCE': 500,

```

```

    'END_CAP_STYLE': 0, # Arredondado

```

```

    'INPUT': outputs['SedeReprojetado']['OUTPUT'],

```

```

    'JOIN_STYLE': 0, # Arredondado

```

```

    'MITER_LIMIT': 50,

```

```

    'SEGMENTS': 50,

```

```

    'SEPARATE_DISJOINT': False,

```

```

    'OUTPUT': QgsProcessing.TEMPORARY_OUTPUT

```

```

}

```

```

    outputs['SedeBuffer'] = processing.run('native:buffer', alg_params, context=context, feedback=feedback,
is_child_algorithm=True)

```

```

feedback.setCurrentStep(28)

```

```

if feedback.isCanceled():

```

```

    return {}

# Vila (Buffer)
alg_params = {
    'DISSOLVE': True,
    'DISTANCE': 500,
    'END_CAP_STYLE': 0, # Arredondado
    'INPUT': outputs['VilaReprojetado']['OUTPUT'],
    'JOIN_STYLE': 0, # Arredondado
    'MITER_LIMIT': 50,
    'SEGMENTS': 50,
    'SEPARATE_DISJOINT': False,
    'OUTPUT': QgsProcessing.TEMPORARY_OUTPUT
}
outputs['VilaBuffer'] = processing.run('native:buffer', alg_params, context=context, feedback=feedback,
is_child_algorithm=True)

feedback.setCurrentStep(29)
if feedback.isCanceled():
    return {}

# Zonamento Ambiental
alg_params = {
    'INPUT': outputs['UnioDosDadosZonamentoAmbienta']['OUTPUT'],
    'OVERLAY': parameters['limite_geografico3'],
    'OUTPUT': QgsProcessing.TEMPORARY_OUTPUT
}
outputs['ZonamentoAmbienta'] = processing.run('native:clip', alg_params, context=context,
feedback=feedback, is_child_algorithm=True)

feedback.setCurrentStep(30)
if feedback.isCanceled():
    return {}

# Uso e Ocupação da Terra (Vetor)
alg_params = {
    'BAND': 1,
    'EIGHT_CONNECTEDNESS': False,
    'EXTRA': "",
    'FIELD': 'DN',

```

```

    'INPUT': outputs['UsoEOcupaoRecortarRasterPelaExtensao']['OUTPUT'],
    'OUTPUT': QgsProcessing.TEMPORARY_OUTPUT
}
outputs['UsoEOcupaoDaTerraVetor'] = processing.run('gdal:polygonize', alg_params, context=context,
feedback=feedback, is_child_algorithm=True)

feedback.setCurrentStep(31)
if feedback.isCanceled():
    return {}

# Declividade (Restrição)
alg_params = {
    'EXPRESSION': '"DN" <= 1 OR "DN" >= 30',
    'INPUT': outputs['DeclividadeVetor']['OUTPUT'],
    'OUTPUT': QgsProcessing.TEMPORARY_OUTPUT
}
outputs['DeclividadeRestrio'] = processing.run('native:extractbyexpression', alg_params, context=context,
feedback=feedback, is_child_algorithm=True)

feedback.setCurrentStep(32)
if feedback.isCanceled():
    return {}

# Dados Topográficos
alg_params = {
    'FIELD': [''],
    'INPUT': outputs['DeclividadeRestrio']['OUTPUT'],
    'SEPARATE_DISJOINT': False,
    'OUTPUT': QgsProcessing.TEMPORARY_OUTPUT
}
outputs['DadosTopogrficos'] = processing.run('native:dissolve', alg_params, context=context,
feedback=feedback, is_child_algorithm=True)

feedback.setCurrentStep(33)
if feedback.isCanceled():
    return {}

# Uso e Ocupação da Terra (Restrição)
alg_params = {

```

```

'EXPRESSION': '"DN" = 3 OR "DN" = 4 OR "DN" = 9 OR "DN" = 11 OR "DN" = 12 OR "DN" = 20 OR
"DN" = 21 OR "DN" = 24 OR "DN" = 29 OR "DN" = 30 OR "DN" = 33 OR "DN" = 39 OR "DN" = 41 OR "DN"
= 46 OR "DN" = 47 OR "DN" = 48 ',
'INPUT': outputs['UsoEOcupaoDaTerraVetor']['OUTPUT'],
'OUTPUT': QgsProcessing.TEMPORARY_OUTPUT
}
outputs['UsoEOcupaoDaTerraRestrio'] = processing.run('native:extractbyexpression', alg_params,
context=context, feedback=feedback, is_child_algorithm=True)

feedback.setCurrentStep(34)
if feedback.isCanceled():
    return {}

# União dos dados Infraestrutura de Transportes
alg_params = {
'INPUT': outputs['AerromoBuffer']['OUTPUT'],
'OVERLAYS':
[outputs['AerromoBuffer']['OUTPUT'],outputs['FerroviasBuffer']['OUTPUT'],outputs['RodoviaBuffer']['OUTP
UT']],
'OVERLAY_FIELDS_PREFIX': ",
'OUTPUT': QgsProcessing.TEMPORARY_OUTPUT
}
outputs['UnioDosDadosInfraestruturaDeTransportes'] = processing.run('native:multiunion', alg_params,
context=context, feedback=feedback, is_child_algorithm=True)

feedback.setCurrentStep(35)
if feedback.isCanceled():
    return {}

# União dos dados Núcleos Populacionais
alg_params = {
'INPUT': outputs['PovoadoBuffer']['OUTPUT'],
'OVERLAYS':
[outputs['VilaBuffer']['OUTPUT'],outputs['SedeBuffer']['OUTPUT'],outputs['PovoadoBuffer']['OUTPUT'],outpu
ts['ManchaUrbanaBuffer']['OUTPUT'],outputs['AglomeradoRuralBuffer']['OUTPUT']],
'OVERLAY_FIELDS_PREFIX': ",
'OUTPUT': QgsProcessing.TEMPORARY_OUTPUT
}
outputs['UnioDosDadosNcleosPopulacionais'] = processing.run('native:multiunion', alg_params,
context=context, feedback=feedback, is_child_algorithm=True)

```

```

feedback.setCurrentStep(36)
if feedback.isCanceled():
    return {}

# Uso e Ocupação da Terra
alg_params = {
    'FIELD': [],
    'INPUT': outputs['UsoEOcupaoDaTerraRestrio']['OUTPUT'],
    'SEPARATE_DISJOINT': False,
    'OUTPUT': QgsProcessing.TEMPORARY_OUTPUT
}
outputs['UsoEOcupaoDaTerra'] = processing.run('native:dissolve', alg_params, context=context,
feedback=feedback, is_child_algorithm=True)

feedback.setCurrentStep(37)
if feedback.isCanceled():
    return {}

# Infraestrutura de Transportes
alg_params = {
    'INPUT': outputs['UnioDosDadosInfraestruturaDeTransportes']['OUTPUT'],
    'OVERLAY': parameters['limite_geografico3'],
    'OUTPUT': QgsProcessing.TEMPORARY_OUTPUT
}
outputs['InfraestruturaDeTransportes'] = processing.run('native:clip', alg_params, context=context,
feedback=feedback, is_child_algorithm=True)

feedback.setCurrentStep(38)
if feedback.isCanceled():
    return {}

# Núcleos Populacionais
alg_params = {
    'INPUT': outputs['UnioDosDadosNcleosPopulacionais']['OUTPUT'],
    'OVERLAY': parameters['limite_geografico3'],
    'OUTPUT': QgsProcessing.TEMPORARY_OUTPUT
}
outputs['NcleosPopulacionais'] = processing.run('native:clip', alg_params, context=context,
feedback=feedback, is_child_algorithm=True)

```

```

feedback.setCurrentStep(39)
if feedback.isCanceled():
    return {}

# Mesclar camadas vetoriais
alg_params = {
    'CRS': None,
    'LAYERS':
[outputs['UsoEOcupaoDaTerra']['OUTPUT'],outputs['DadosTopograficos']['OUTPUT'],outputs['NcleosPopulacio
nais']['OUTPUT'],outputs['ZonamentoAmbienta']['OUTPUT'],outputs['InfraestruturaDeTransportes']['OUTPUT'
]],
    'OUTPUT': QgsProcessing.TEMPORARY_OUTPUT
}
outputs['MesclarCamadasVetoriais'] = processing.run('native:mergevectorlayers', alg_params,
context=context, feedback=feedback, is_child_algorithm=True)

feedback.setCurrentStep(40)
if feedback.isCanceled():
    return {}

# Áreas inviáveis (parciais)
alg_params = {
    'FIELD': [],
    'INPUT': outputs['MesclarCamadasVetoriais']['OUTPUT'],
    'SEPARATE_DISJOINT': False,
    'OUTPUT': QgsProcessing.TEMPORARY_OUTPUT
}
outputs['ReasInviveisParciais'] = processing.run('native:dissolve', alg_params, context=context,
feedback=feedback, is_child_algorithm=True)

feedback.setCurrentStep(41)
if feedback.isCanceled():
    return {}

# Áreas viáveis (parciais)
alg_params = {
    'GRID_SIZE': None,
    'INPUT': outputs['ReasInviveisParciais']['OUTPUT'],
    'OVERLAY': parameters['limite_geografico'],

```

```

    'OVERLAY_FIELDS_PREFIX': None,
    'OUTPUT': QgsProcessing.TEMPORARY_OUTPUT
}
outputs['ReasViveisParciais'] = processing.run('native:symmetricaldifference', alg_params, context=context,
feedback=feedback, is_child_algorithm=True)

feedback.setCurrentStep(42)
if feedback.isCanceled():
    return {}

# Multipartes para partes simples
alg_params = {
    'INPUT': outputs['ReasViveisParciais']['OUTPUT'],
    'OUTPUT': QgsProcessing.TEMPORARY_OUTPUT
}
outputs['MultipartesParaPartesSimples'] = processing.run('native:multiparttosingleparts', alg_params,
context=context, feedback=feedback, is_child_algorithm=True)

feedback.setCurrentStep(43)
if feedback.isCanceled():
    return {}

# Calculadora de campo
alg_params = {
    'FIELD_LENGTH': 0,
    'FIELD_NAME': 'Área (ha)',
    'FIELD_PRECISION': 3,
    'FIELD_TYPE': 0, # Decimal (double)
    'FORMULA': '$area/10000',
    'INPUT': outputs['MultipartesParaPartesSimples']['OUTPUT'],
    'OUTPUT': QgsProcessing.TEMPORARY_OUTPUT
}
outputs['CalculadoraDeCampo'] = processing.run('native:fieldcalculator', alg_params, context=context,
feedback=feedback, is_child_algorithm=True)

feedback.setCurrentStep(44)
if feedback.isCanceled():
    return {}

# Áreas viáveis

```

```

alg_params = {
    'EXPRESSION': "'Área (ha)" >= 3',
    'INPUT': outputs['CalculadoraDeCampo']['OUTPUT'],
    'OUTPUT': QgsProcessing.TEMPORARY_OUTPUT
}
outputs['ReasViveis'] = processing.run('native:extractbyexpression', alg_params, context=context,
feedback=feedback, is_child_algorithm=True)

feedback.setCurrentStep(45)
if feedback.isCanceled():
    return {}

# Locais aptos para aterro sanitário
alg_params = {
    'INPUT': parameters['limite_geografico'],
    'OVERLAY': outputs['ReasViveis']['OUTPUT'],
    'OUTPUT': parameters['LocaisAptosParaAterroSanitrio']
}
outputs['LocaisAptosParaAterroSanitrio'] = processing.run('native:clip', alg_params, context=context,
feedback=feedback, is_child_algorithm=True)
results['LocaisAptosParaAterroSanitrio'] = outputs['LocaisAptosParaAterroSanitrio']['OUTPUT']

feedback.setCurrentStep(46)
if feedback.isCanceled():
    return {}

# Locais inaptos para aterro sanitário
alg_params = {
    'GRID_SIZE': None,
    'INPUT': outputs['LocaisAptosParaAterroSanitrio']['OUTPUT'],
    'OVERLAY': parameters['limite_geografico'],
    'OVERLAY_FIELDS_PREFIX': "",
    'OUTPUT': parameters['LocaisInaptosParaAterroSanitrio']
}
outputs['LocaisInaptosParaAterroSanitrio'] = processing.run('native:symmetricaldifference', alg_params,
context=context, feedback=feedback, is_child_algorithm=True)
results['LocaisInaptosParaAterroSanitrio'] = outputs['LocaisInaptosParaAterroSanitrio']['OUTPUT']

feedback.setCurrentStep(47)
if feedback.isCanceled():

```

```

return {}

# Multiparte
alg_params = {
    'INPUT': outputs['LocaisAptosParaAterroSanitrio']['OUTPUT'],
    'OUTPUT': QgsProcessing.TEMPORARY_OUTPUT
}
outputs['Multiparte'] = processing.run('native:multiparttosingleparts', alg_params, context=context,
feedback=feedback, is_child_algorithm=True)

feedback.setCurrentStep(48)
if feedback.isCanceled():
    return {}

# Centroides
alg_params = {
    'ALL_PARTS': True,
    'INPUT': outputs['Multiparte']['OUTPUT'],
    'OUTPUT': parameters['Multiparte']
}
outputs['Centroides'] = processing.run('native:centroids', alg_params, context=context, feedback=feedback,
is_child_algorithm=True)
results['Multiparte'] = outputs['Centroides']['OUTPUT']

feedback.setCurrentStep(49)
if feedback.isCanceled():
    return {}

# Aterro Sanitário no limite geográfico definido
alg_params = {
    'GRID_SIZE': None,
    'INPUT': outputs['LocaisInaptosParaAterroSanitrio']['OUTPUT'],
    'OVERLAY': outputs['LocaisAptosParaAterroSanitrio']['OUTPUT'],
    'OVERLAY_FIELDS_PREFIX': "",
    'OUTPUT': parameters['AterrosSanitrios']
}
outputs['AterroSanitrioNoLimiteGeograficoDefinido'] = processing.run('native:union', alg_params,
context=context, feedback=feedback, is_child_algorithm=True)
results['AterrosSanitrios'] = outputs['AterroSanitrioNoLimiteGeograficoDefinido']['OUTPUT']

```

```

feedback.setCurrentStep(50)
if feedback.isCanceled():
    return {}

# Mapa de calor (Estimativa de densidade Kernel)
alg_params = {
    'DECAY': 0,
    'INPUT': outputs['Centroides']['OUTPUT'],
    'KERNEL': 0, # Quartico
    'OUTPUT_VALUE': 0, # Bruto
    'PIXEL_SIZE': 30,
    'RADIUS': 2000,
    'RADIUS_FIELD': None,
    'WEIGHT_FIELD': None,
    'OUTPUT': parameters['MapaDeCalorEstimativaDeDensidadeKernel']
}
outputs['MapaDeCalorEstimativaDeDensidadeKernel'] =
processing.run('qgis:heatmapkerneldensityestimation', alg_params, context=context, feedback=feedback,
is_child_algorithm=True)
results['MapaDeCalorEstimativaDeDensidadeKernel'] =
outputs['MapaDeCalorEstimativaDeDensidadeKernel']['OUTPUT']
return results

def name(self):
    return 'Análise da Lógica Booleana para Aterro Sanitário'

def displayName(self):
    return 'Análise da Lógica Booleana para Aterro Sanitário'

def group(self):
    return 'Builder'

def groupId(self):
    return 'Builder'

def createInstance(self):
    return AnaliseDaLogicaBooleanaParaAterroSanitrio()

```