



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

USO DA LÓGICA FUZZY E ANÁLISE MULTICRITÉRIO PARA IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS PARA IMPLANTAÇÃO DE ATERROS SANITÁRIOS DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO MUNICÍPIO DE DIVINÓPOLIS - MG

Bruno da Silva Reis

PROBLEMÁTICA DOS RESÍDUOS



IBGE - 2010



Marcelo Casal Junior/Agência Brasil - 2014

PROBLEMÁTICA DOS RESÍDUOS



Presidência da República
Secretaria-Geral
Subchefia para Assuntos Jurídicos

LEI Nº 14.026, DE 15 DE JULHO DE 2020

Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados.

“ Art. 54. A disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos deverá ser implantada até 31 de dezembro de 2020, exceto para os Municípios que até essa data tenham elaborado plano intermunicipal de resíduos sólidos ou plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos e que disponham de mecanismos de cobrança que garantam sua sustentabilidade econômico-financeira, nos termos do art. 29 da Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para os quais ficam definidos os seguintes prazos:

I - até 2 de agosto de 2021, para capitais de Estados e Municípios integrantes de Região Metropolitana (RM) ou de Região Integrada de Desenvolvimento (Ride) de capitais;

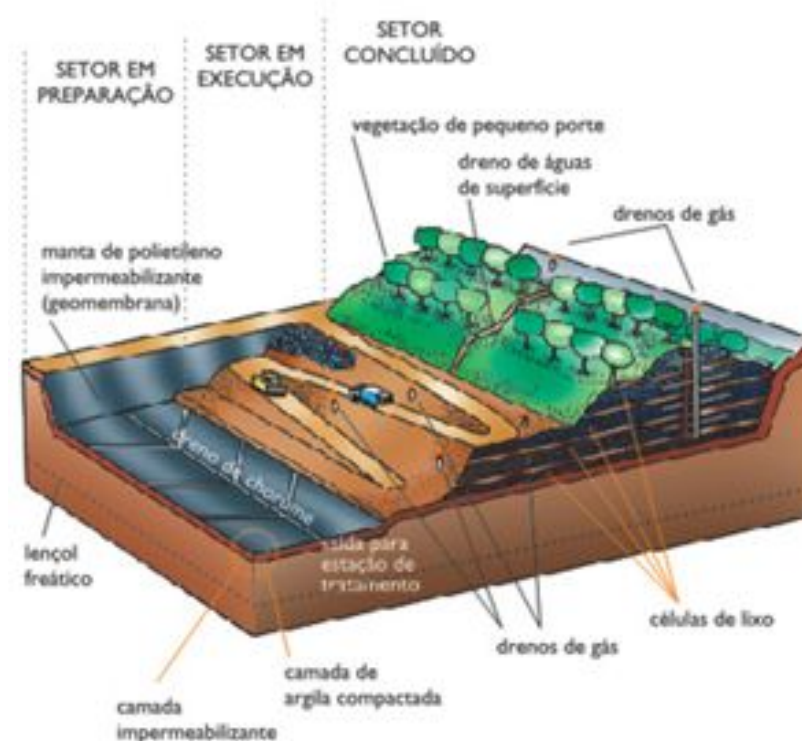
II - até 2 de agosto de 2022, para Municípios com população superior a 100.000 (cem mil) habitantes no Censo 2010, bem como para Municípios cuja mancha urbana da sede municipal esteja situada a menos de 20 (vinte) quilômetros da fronteira com países limítrofes;

III - até 2 de agosto de 2023, para Municípios com população entre 50.000 (cinquenta mil) e 100.000 (cem mil) habitantes no Censo 2010; e

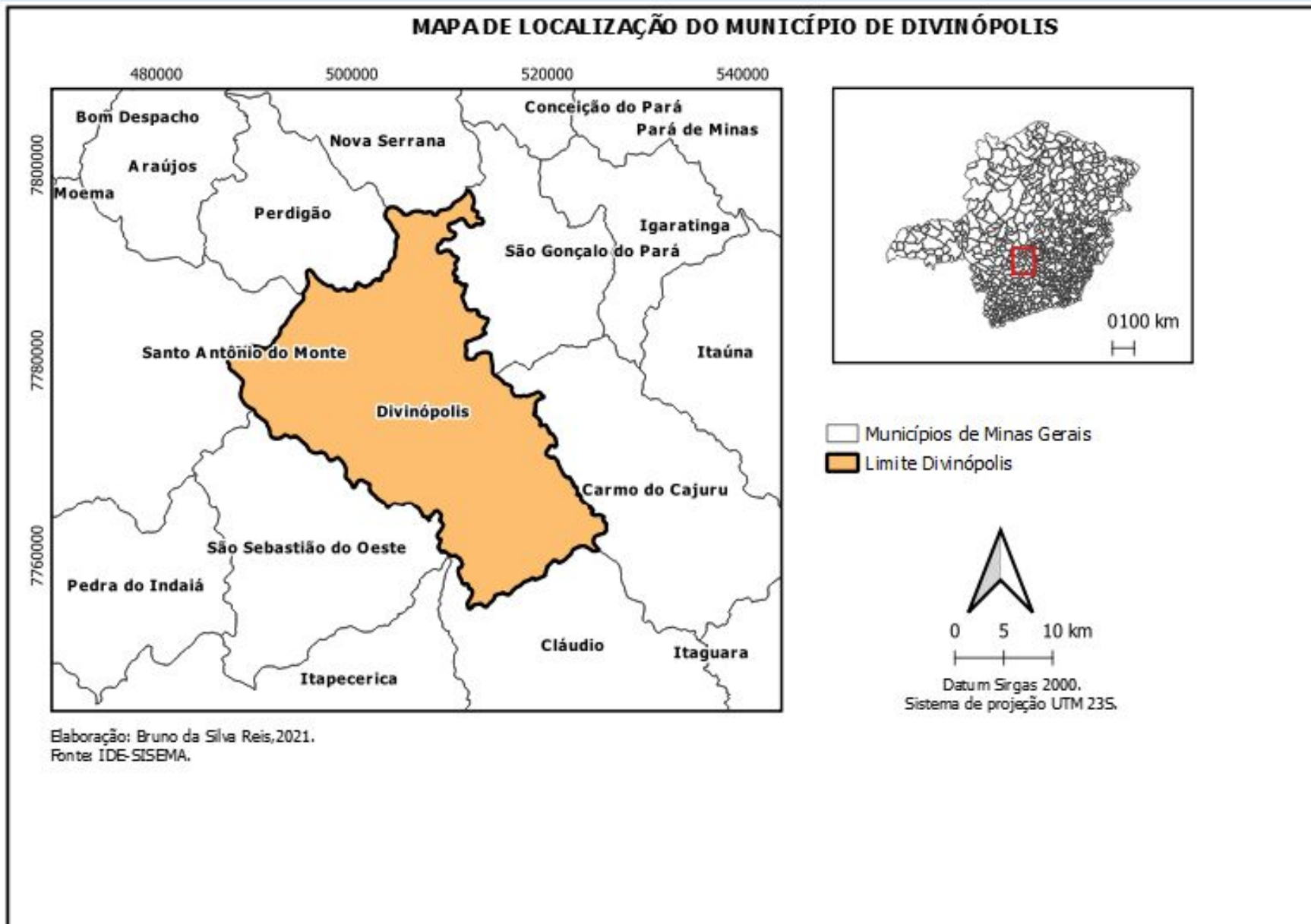
IV - até 2 de agosto de 2024, para Municípios com população inferior a 50.000 (cinquenta mil) habitantes no Censo 2010.

ATERRO SANITÁRIO

- Pode-se definir um aterro como sendo uma obra para: destinação final dos resíduos sólidos considerando um projeto de engenharia geotécnica.



DIVINÓPOLIS



INDICADORES DE SANEAMENTO

Divinópolis	▼
Local	
População Total	238.230 hab.
População Urbana	232.079 hab.
Microrregião	Divinópolis
Mesorregião	Oeste de Minas



IN021

0.61 Kg/hab/dia

G1

CENTRO-OESTE



TV INTEGRAÇÃO

Captura Retangular

Construção de Aterro Sanitário em Divinópolis segue indefinida

Cidade tem aterro controlado que recebe, por dia, 150 toneladas de lixo.

Por MG2

27/05/2019 21h08 · Atualizado há 2 anos



BASE DE DADOS

IDE-Sisema

O que é a IDE-Sisema? Comitê Gestor Manuais Perguntas frequentes Suporte Web Services

Pesquisar endereço

NAVEGAÇÃO PRINCIPAL

MAPAS BASE

CAMADAS

pesquisar camada...

- Hidrografia
- Relevo
- Vegetação
- Sistemas de Transporte
- Energia e Comunicações
- Saneamento básico
- Localidades
- Pontos de Referência
- Limites
- Uso e Cobertura da Terra
- Solos

CONSULTAR ATRIBUTOS

FERRAMENTAS DE DESENHO

Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - Minas Gerais

USGS science for a changing world

EarthExplorer Manage Criteria

Item Basket (1) Help Feedback Logout [Bruno56r]

Search Criteria Data Sets Additional Criteria Results

Search Criteria Summary (Show) Clear Search Criteria

1. Enter Search Criteria

To narrow your search area: type in an address or place name, enter coordinates or click the map to define your search area (for advanced map tools, view the [help documentation](#)), and/or choose a date range.

Geocoder KML/Shapefile Upload

Select a Geocoding Method

Feature (GNIS)

Search Limits: The search result limit is 100 records; select a Country, Feature Class, and/or Feature Type to reduce your chances of exceeding this limit.

US Features World Features

Feature Name (use % as wildcard)

State All

Feature Type All

(20° 37' 39" S, 047° 03' 15" W) Options

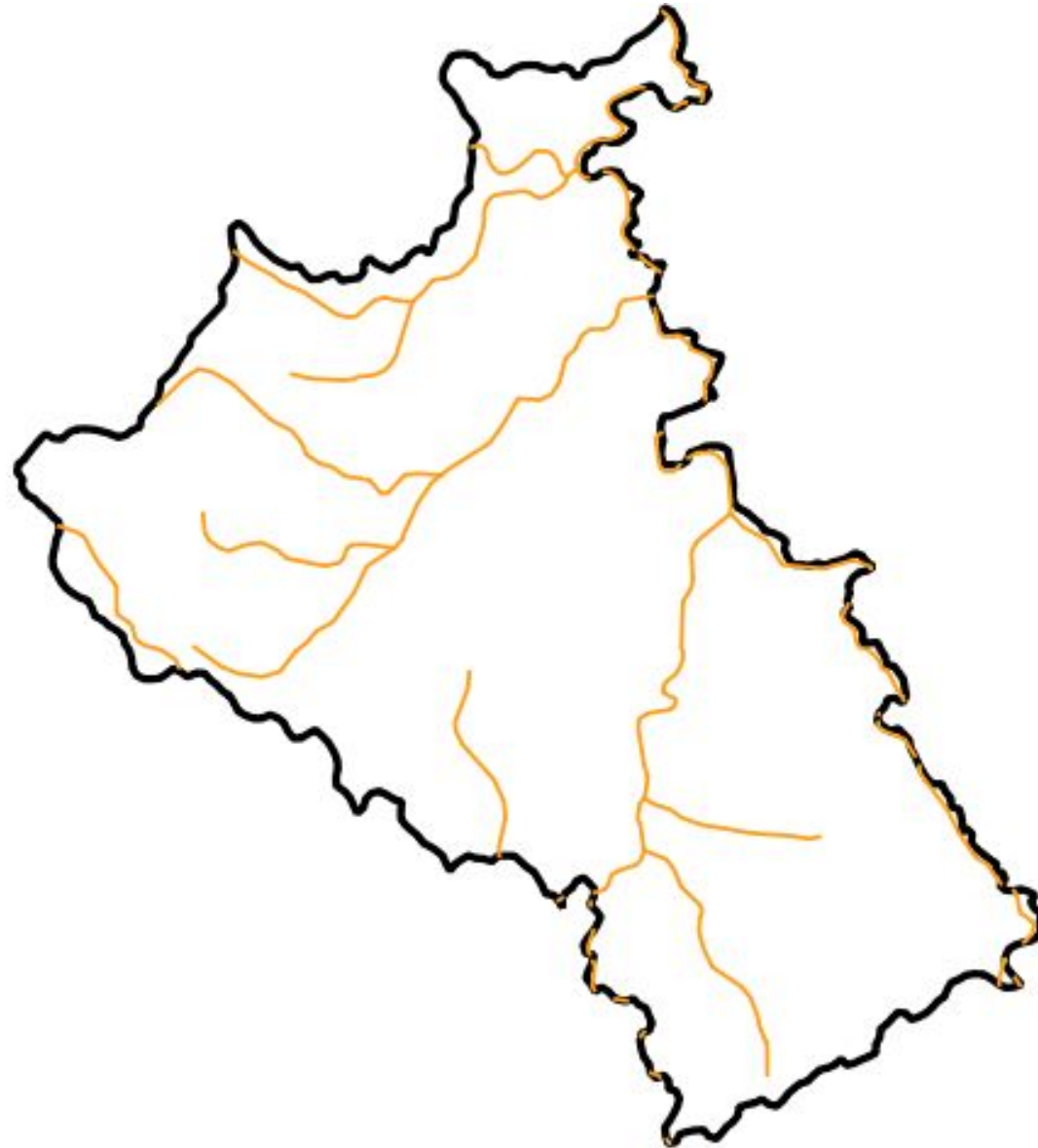
BASE DE DADOS

- Erodibilidade
- vulnerabilidade dos solos à contaminação
- Aeródromos
- Hidrografia
- Rodovias estaduais
- LANDSAT 8
- Curvas de nível

ESTRUTURAÇÃO DOS DADOS

- Recorte para área de estudo
- DATUM Sirgas 2000, projeção UTM fuso 23s
- Resolução escolhida: 30 metros.

HIDROGRAFIA DE DIVINÓPOLIS



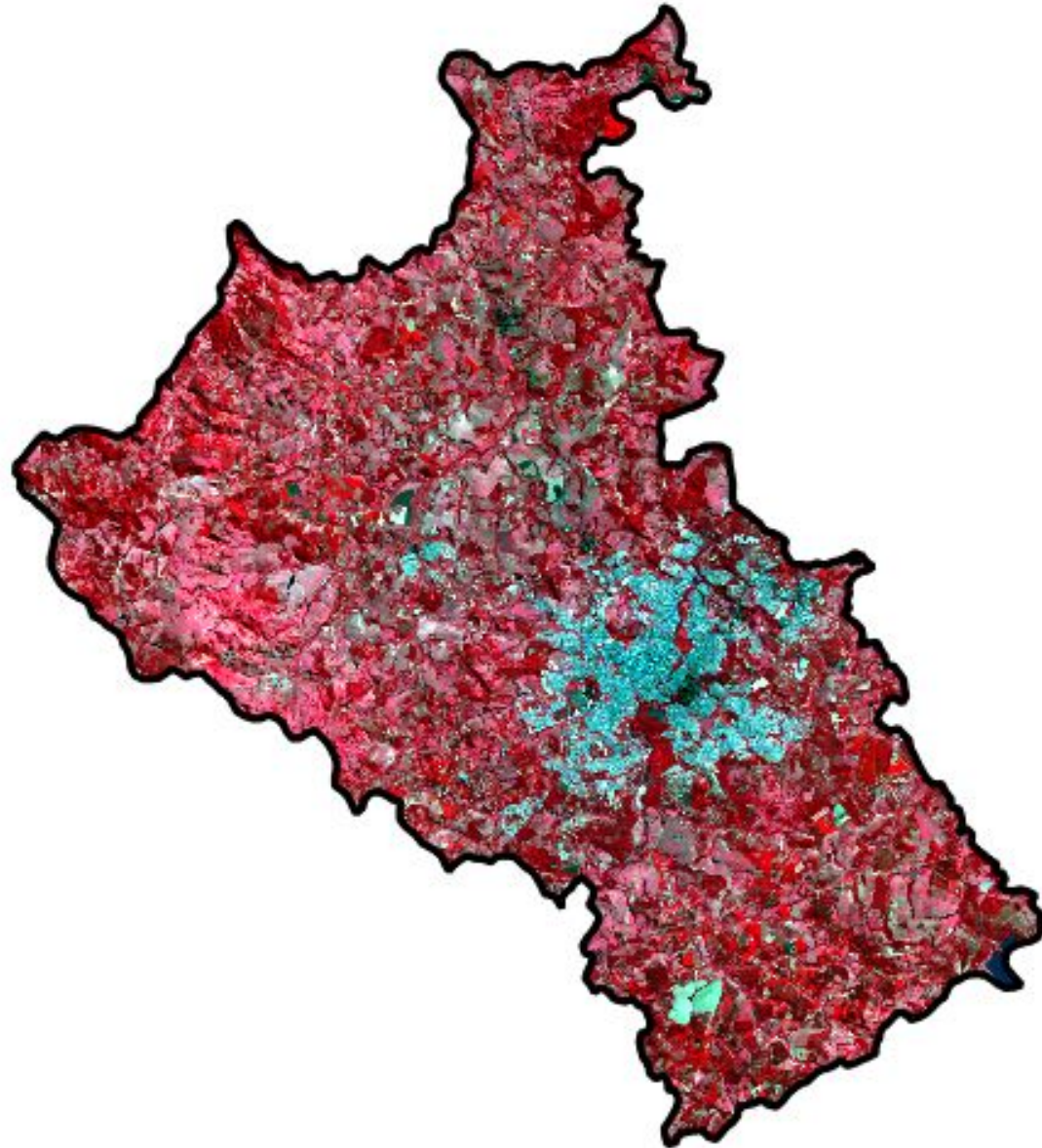
RODOVIAS ESTADUAIS



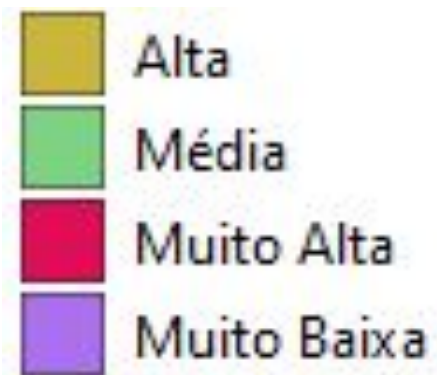
AERÓDROMOS



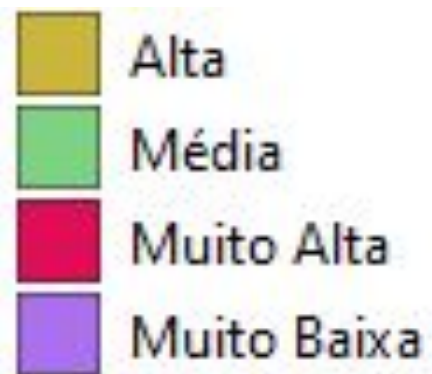
IMAGEM LANDSAT 8 543 sensor OLI



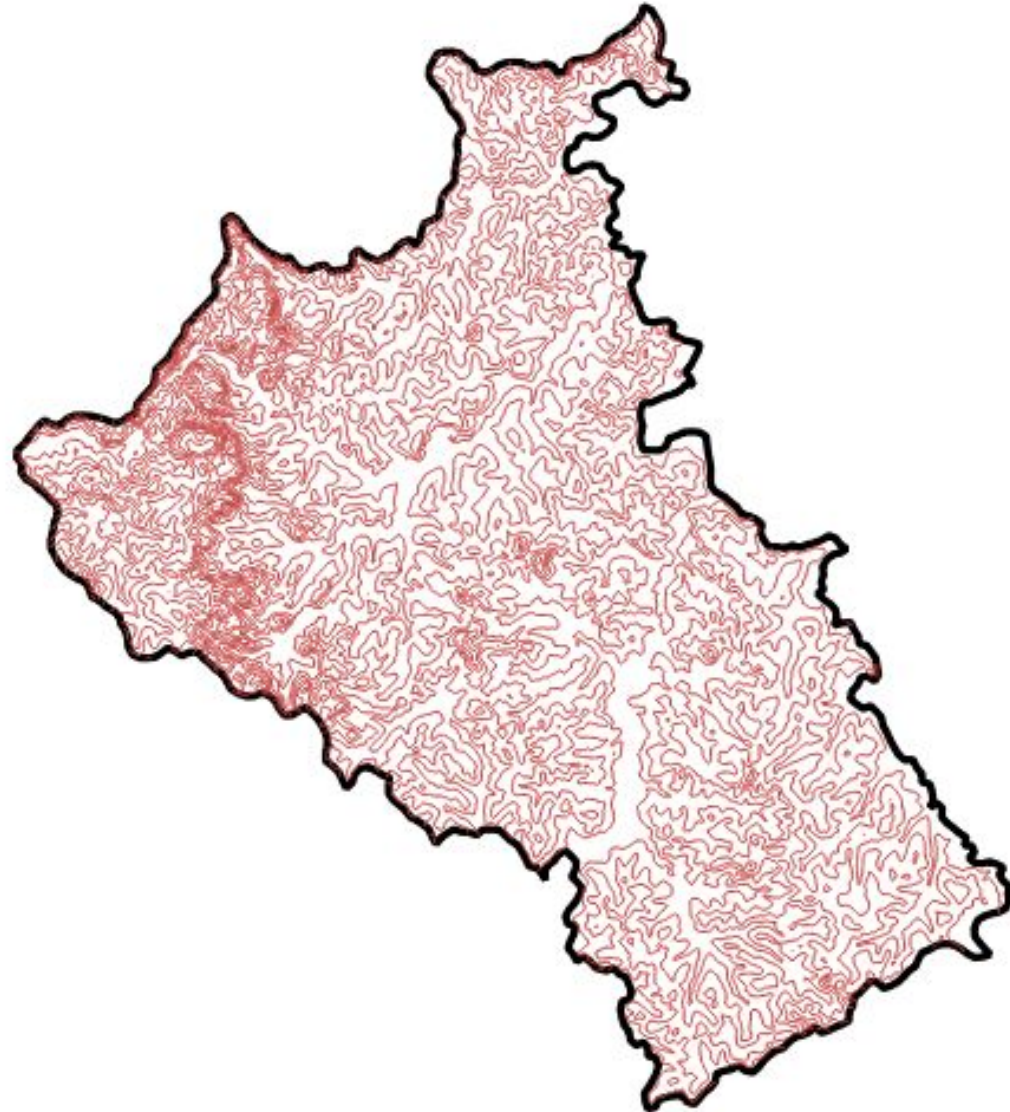
Erodibilidade



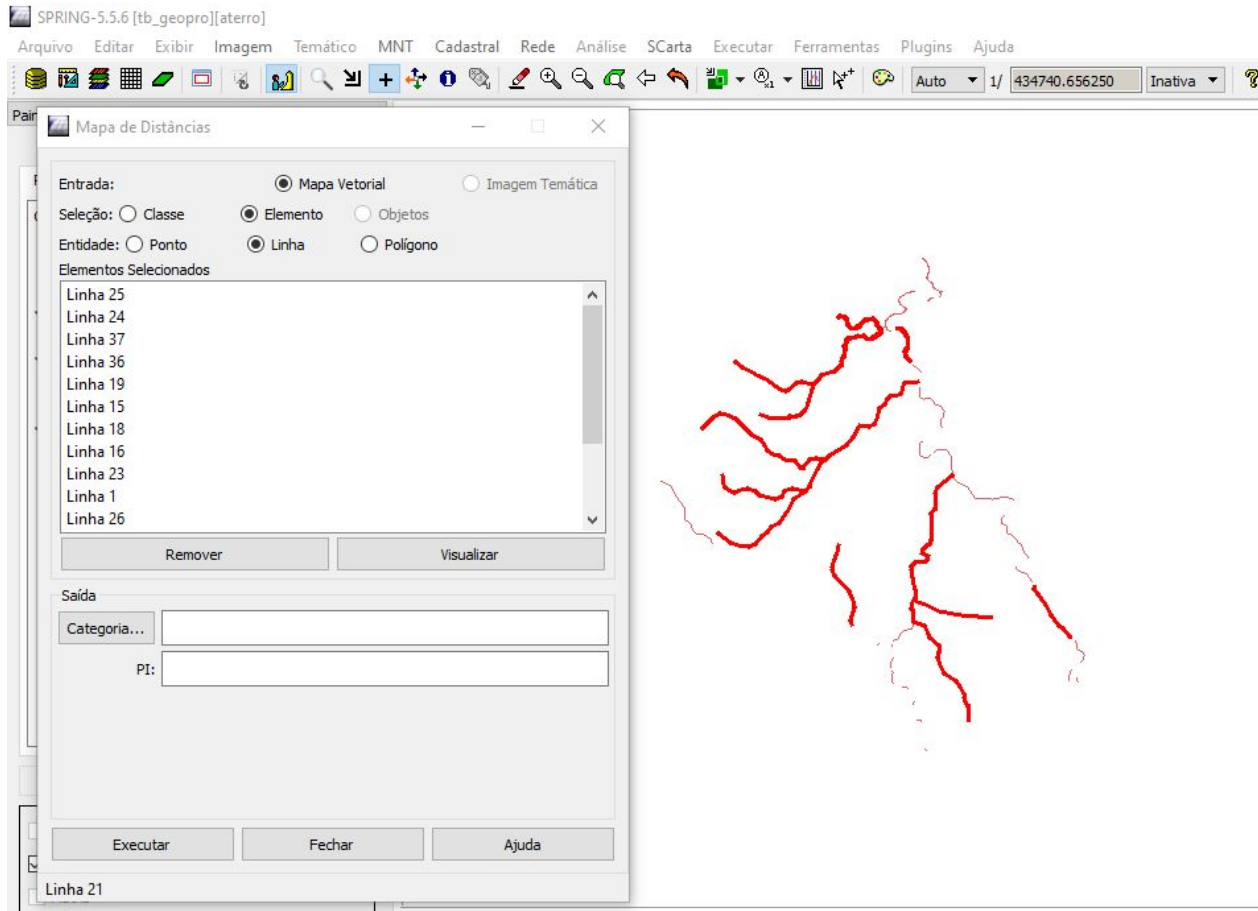
VULNERABILIDADE DO SOLO Á CONTAMINAÇÃO



CURVAS DE NÍVEL

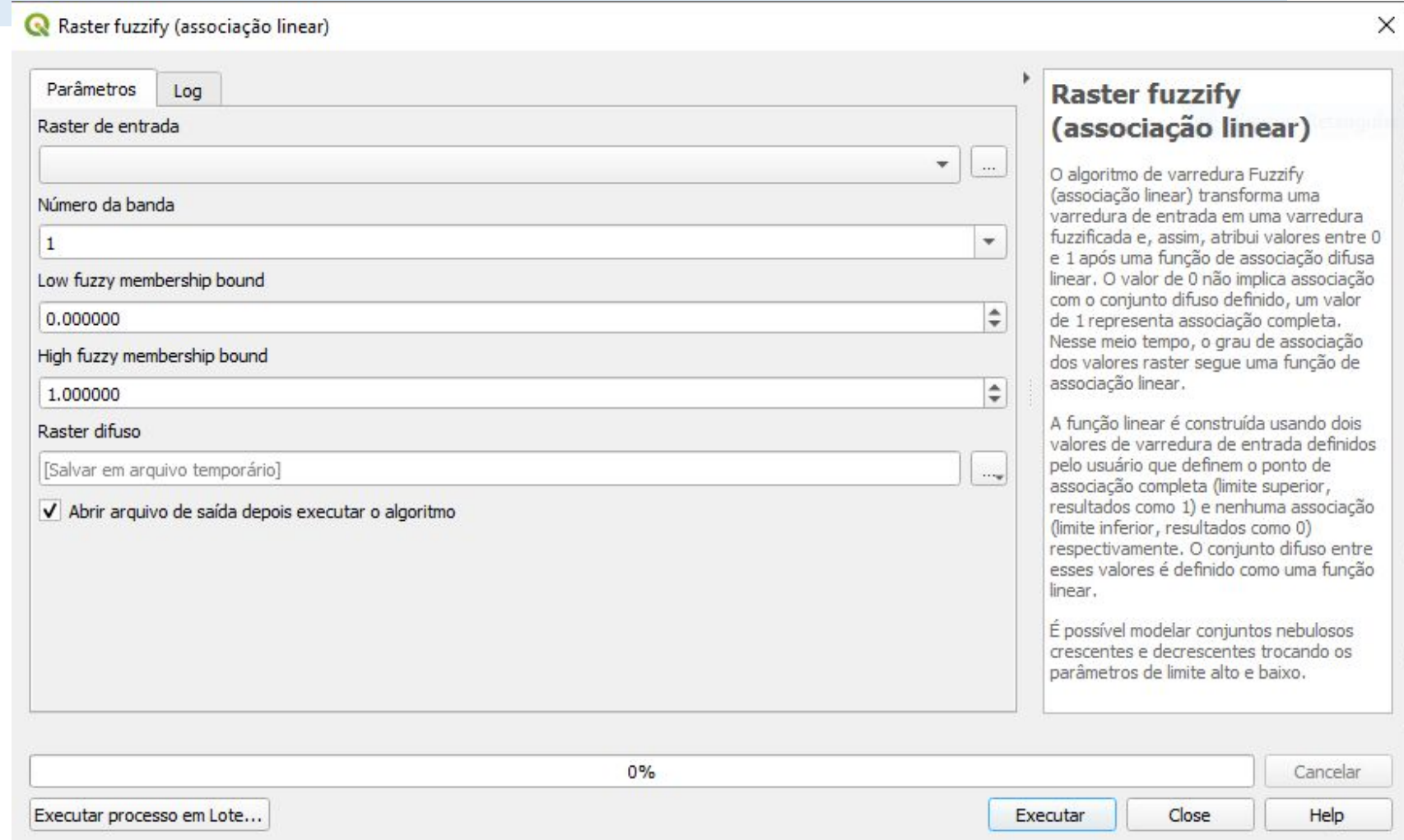
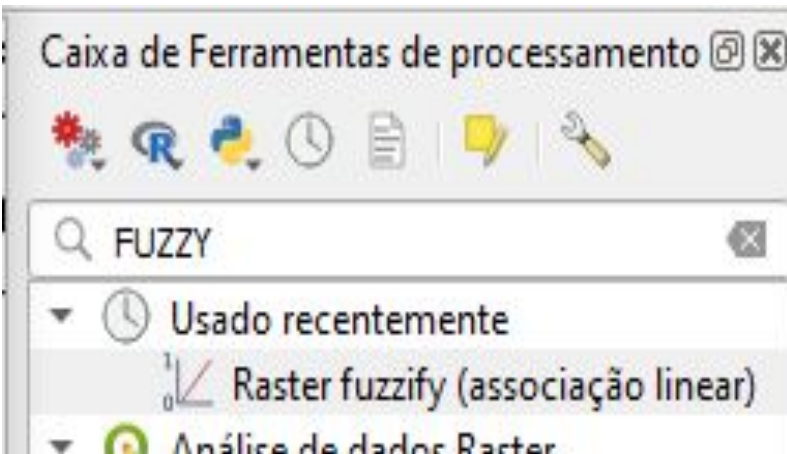


NORMALIZAÇÃO LINHAS E PONTOS



22888	20418	19075	17554	15239	12884	10338	8600.0	6302.4	4137.2	14400	17827	21453
19600	16892	14785	13801	11988	9843.3	8016.1	4812.0	5376.8	8432.1	10101	15881	19946
16958	13551	10996	8471.2	6351.3	5675.3	4758.6	1124.2	2748.3	6486.3	10368	14762	18932
15187	11817	7963.4	5221.2	6584.0	2402.6	1133.3	396.4	1804.3	5940.8	10118	14280	18450
12939	9312.2	5834.8	1684.6	1801.2	1634.1	1580.4	303.9	3481.6	7238.0	10968	14813	17325
10182	7404.9	3543.8	785.4	1622.1	580.6	1648.7	1204.8	1290.4	6480.4	8881.9	11329	14825
976.8	4084.5	2812.5	2027.9	321.6	434.2	1501.6	880.0	672.5	3680.0	5333.7	8887.8	10784
686.2	3782.4	736.0	1434.5	517.1	1300.3	4234.2	2097.3	1468.9	654.4	3580.8	7780.8	11894
3750.7	8140.0	2729.1	1003.3	1116.8	1908.3	2130.0	1073.3	2585.0	1348.6	2342.1	8512.1	93325
12188	8897.4	6323.8	5234.6	6101.2	2813.9	764.2	281.2	1140.0	1849.0	863.8	4088.7	7289.7
14678	12306	19038	9634.6	7834.1	3877.8	1447.6	1467.2	1581.2	3265.8	1982.8	1580.1	5739.1
18202	15885	14529	13378	8848.2	7148.3	3047.3	402.5	619.6	5390.4	2155.7	2636.2	6592.4
21728	19804	18819	15814	12482	8019.7	5437.1	1267.1	2732.5	4180.2	8256.7	8391.8	8804.8
25367	24094	21838	18411	14788	10819	7017.6	4516.7	6122.2	7581.0	10118	13881	13381
29368	27806	24142	19972	16413	12988	16247	8808.7	9186.7	11118	13889	14871	16855

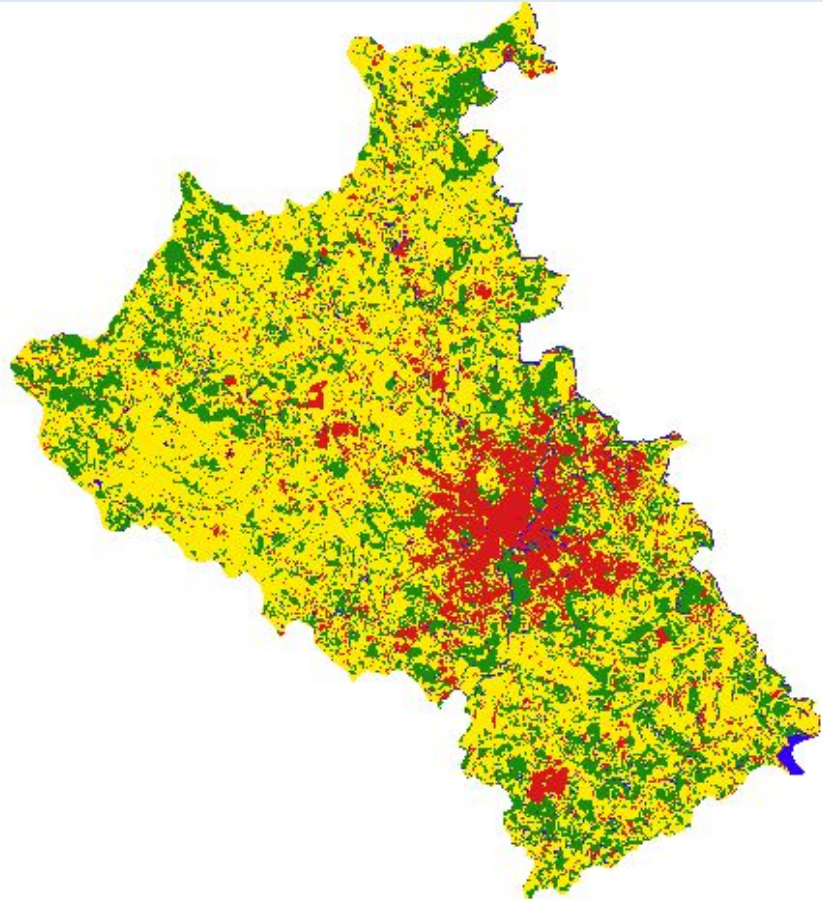
NORMALIZAÇÃO LINHAS E PONTOS



NORMALIZAÇÃO ÁREA URBANA

- 1 - Classificar imagem através do dzetsaka.
- 2 - Converter Raster para vetor.
- 3 – Selecionar apenas a feição urbana.
- 4 – Importar para o SPRING e calcular distâncias.
- 5 – Fuzzy linear.

NORMALIZAÇÃO ÁREA URBANA



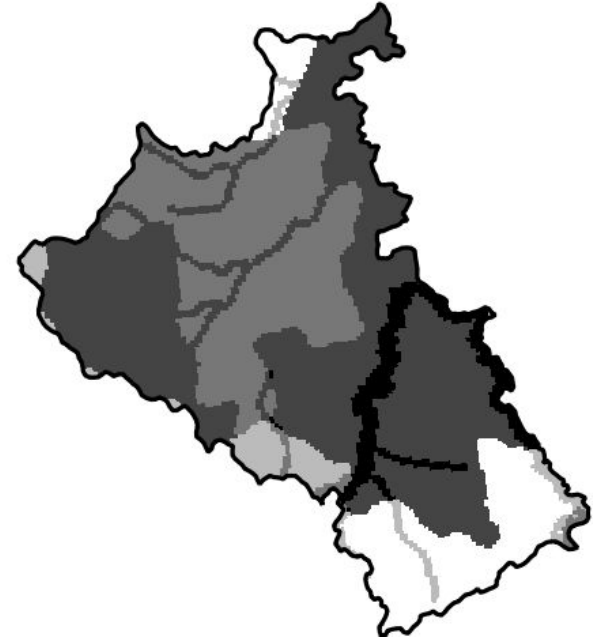
NORMALIZAÇÃO DECLIVIDADE

- 1 - Importar camada para o SPRING.
- 2 – Gerar grade triangular e declividade.
- 3 – Fuzzy linear no QGIS.

NORMALIZAÇÃO ERODIBILIDADE E VULNERABILIDADE

- Vetor Raster

id_classif	descricao
9.0000000000000000	Média
5.0000000000000000	Baixa
12.0000000000000000	Alta
16.0000000000000000	Muito Alta
12.0000000000000000	Alta
16.0000000000000000	Muito Alta
9.0000000000000000	Média
9.0000000000000000	Média
5.0000000000000000	Baixa
1.0000000000000000	Muito Baixa
9.0000000000000000	Média
5.0000000000000000	Baixa



PESOS PARA AS VARIÁVEIS - AHP

Escala de Valores AHP para Comparação Pareada

Intensidade de importância	Definição e Explicação
1	Importância igual - os dois fatores contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância moderada - um fator é ligeiramente mais importante que o outro
5	Importância essencial - um fator é claramente mais importante que o outro
7	Importância demonstrada - Um fator é fortemente favorecido e sua maior relevância foi demonstrada na prática
9	Importância extrema - A evidência que diferencia os fatores é da maior ordem possível.
2,4,6,8	Valores intermediários entre julgamentos - possibilidade de compromissos adicionais

PESOS PARA AS VARIÁVEIS - AHP

	1	2	3	4	5	6	7
Descrição	Distância dos corpos hídricos	Vulnerabilidade	Erodibilidade	Declividade	Distância da área urbanizada	Distância de Rodovias estaduais	Aerodromos
Distância dos corpos hídricos	1,00	5,00	5,00	5,00	7,00	9,00	9,00
Vulnerabilidade	0,20	1,00	1,00	1,00	5,00	5,00	7,00
Erodibilidade	0,20	1,00	1,00	1,00	5,00	5,00	7,00
Declividade	0,20	1,00	1,00	1,00	5,00	5,00	7,00
Distância da área urbanizada	0,14	0,20	0,20	0,20	1,00	3,00	3,00
Distância de Rodovias estaduais	0,11	0,20	0,20	0,20	0,33	1,00	3,00
Aerodromos	0,11	0,14	0,14	0,14	0,33	0,33	1,00

PESOS PARA AS VARIÁVEIS - AHP

- Distância dos corpos hídricos = 0,44
- Vulnerabilidade do solo = 0,15
- Erodibilidade = 0,15
- Declividade = 0,15
- Distância da área urbanizada = 0,05
- Distância de Rodovias estaduais = 0,04
- Distância de Aeródromos = 0,02
- razão de consistência = 0,07

CALCULANDO FUZZY GAMA

- $\mu = (\text{soma algébrica Fuzzy})^{\text{Gama}} \times (\text{produto algébrico Fuzzy})^{1-\text{gama}}$
- 3 Valores de Gama diferentes (0,0.5,0.85)

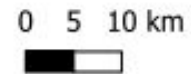
Calculadora de expressão raster

```
( 1 - ( 1 - ( "declividade_p_tin_N@1" ) * 0.15 ) * ( 1 - ( "erodibilidade_N@1" ) * 0.15 ) * ( 1 - ( "map_dist_div_aeroN@1" ) * 0.02 ) * ( 1 - ( "mapa_dist_urb_divN@1" ) * 0.05 ) * ( 1 - ( "mapa_rod_N@1" ) * 0.04 ) * ( 1 - ( "rio_mapa_dist_divN@1" ) * 0.44 ) * ( 1 - ( "vulnerabilidade_N@1" ) * 0.15 ) ) ^GAMA * ( ( ( "declividade_p_tin_N@1" ) * 0.15 ) * ( ( "erodibilidade_N@1" ) * 0.15 ) * ( ( "map_dist_div_aeroN@1" ) * 0.02 ) * ( ( "mapa_dist_urb_divN@1" ) * 0.05 ) * ( ( "mapa_rod_N@1" ) * 0.04 ) * ( ( "rio_mapa_dist_divN@1" ) * 0.44 ) * ( ( "vulnerabilidade_N@1" ) * 0.15 ) ) ^1-GAMA
```

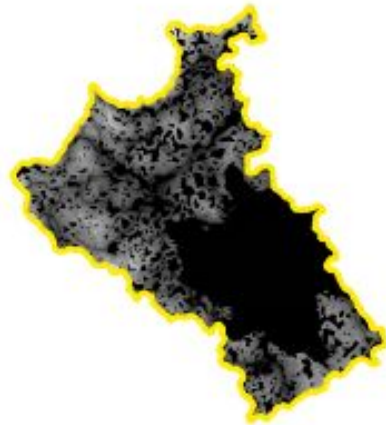
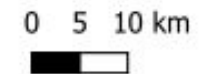
RESULTADOS



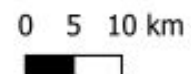
Gama = 0



Gama = 50



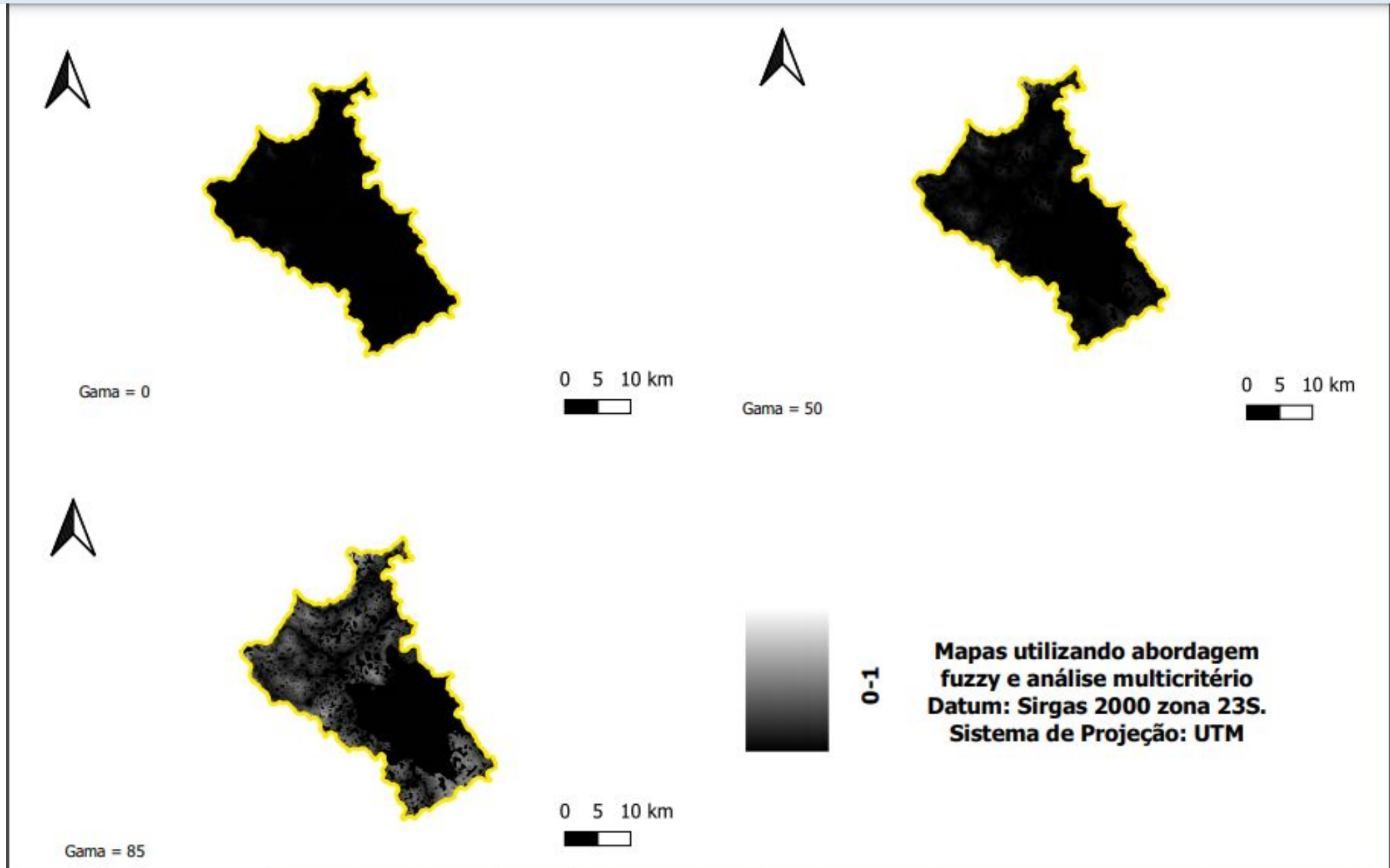
Gama = 85



0-1

**Mapas utilizando somente
abordagem fuzzy
Datum: Sirgas 2000 zona 23S.
Sistema de Projeção: UTM**

RESULTADOS



RESULTADOS

- Com AHP.
- Gama=0; $1.79 \exp^{-9}$.
- Gama=0.5; $3.073 \exp^{-5}$.
- Gama=0.85; 0.03
- Sem AHP
- Gama=0; 0.03.
- Gama=0.5; 0.17.
- Gama=0.85; 0.59

CONCLUSÕES

- A integração da análise AHP com a lógica fuzzy gerou resultados bastante restritivos por acrescentar na equação gama os pesos de cada variável intensificando a importância de algumas e conseqüentemente gerando valores de pertinência fuzzy mais baixos quando comparados com os cenários sem a análise AHP.
- Considerar que para resultados mais eficientes e adequados, deve-se incorporar outras variáveis na análise além da participação de uma equipe multidisciplinar contemplando aspectos sociais, econômicos e ambientais.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13896: Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro: Abnt, 1997. 12 p.
- BRASIL. Congresso. Senado. Lei nº 14026, de 2020. Brasília, DF, 15 jul. 2020.
- Bonham-Carter, G. F. Geographic Information Systems for Geoscientists. Terrytown. Pergamon/Elsevier Science Pub. 1994.
- CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. Introdução à Ciência da Geoinformação. 2001. Disponível em: <http://http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>. Acesso em: 05 maio 2021.
- CPRM. Glossário. 2021. Disponível em: <http://http://sigep.cprm.gov.br/glossario/verbete/erodibilidade.htm>. Acesso em: 25 maio 2021
- DIVINÓPOLIS, Prefeitura de. Geografia. 2021. Disponível em: <http://https://www.divinopolis.mg.gov.br/portal/servicos/1003/geografia>. Acesso em: 11 maio 2021.
- GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (Estado). Deliberação Normativa nº 118, de 27 de junho de 2008. Belo Horizonte, MG, 01 jul. 2008.
- IBGE. Portal do IBGE. 2021. Disponível em: <http://ibge.gov.br>. Acesso em: 12 maio 2021

REFERÊNCIAS

- José Roberto Scolforo. ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO DE MINAS GERAIS. In: JOSÉ ROBERTO SCOLFORO. Universidade Federal de Lavras (ed.). ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Lavras: Editora Ufla, 2008. p. 1-136.
- Saaty, T.L., “How to make a decision: the Analytic Hierarchy Process”, Interfaces, Vol. 24, No. 6, pp19–43, 1994.
- SISEMA. Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Belo Horizonte: IDE-Sisema, 2019. Disponível em: idesisema.meioambiente.mg.gov.br. Acesso em: 15/04/2021.
- SNIS. Manejo dos Resíduos Sólidos Urbanos. 2018. Disponível em: <http://http://www.snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/painelresiduos-solidos>. Acesso em: 10 maio 2021.