



Serviço Público Federal
Ministério da Educação



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO
GROSSO DO SUL PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

Nelison Ferreira Correa

**GEOTECNOLOGIAS APLICADAS NO DIAGNÓSTICO E AVALIAÇÃO DO
SANEAMENTO AMBIENTAL NA REGIÃO DE PORTO MURTINHO-MS**

Campo Grande, MS
2024

Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia
Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais

Nelison Ferreira Correa

**GEOTECNOLOGIAS APLICADAS NO DIAGNÓSTICO E AVALIAÇÃO
DO SANEAMENTO AMBIENTAL NA REGIÃO DE PORTO MURTINHO-
MS**

Tese de Doutorado apresentada para a qualificação no Programa de Pós- Graduação em Tecnologias Ambientais - PGTA da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul para obtenção do Título de Doutor, na área de concentração de *Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos*.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Conceição Paranhos Filho

Aprovado em:
12/04/2024

BANCA
EXAMINADORA

Prof. Dr. Antonio Conceição Paranhos Filho

Orientador PGTA UFMS

Profª. Dr. Fábio Veríssimo Gonçalves

Prof. Dr. Vinicius de Oliveira Ribeiro

Prof. Dr. Jhonatan Barbosa da Silva

Prof. Dr. Roberto Macedo Gamarra

Campo Grande, MS
2024

DEDICATÓRIA

Dedico esta tese de doutorado ao meu amado pai, Januário da Cruz Corrêa, que infelizmente nos deixou em 18/07/2023.

Embora você não esteja mais fisicamente presente para testemunhar este momento, saiba que seu espírito vive em mim. Este trabalho é uma homenagem ao seu legado e ao impacto profundo que você teve em minha vida.

Obrigado por tudo, pai.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente ao Grande Arquiteto do Universo, que é Deus, por ter me concedido a vida e a saúde para enfrentar os desafios que passam em nossos caminhos diariamente, concedendo esperança e sabedoria para sempre prosseguir.

À toda minha família pela ajuda e suporte durante o período de doutorado, auxiliando nos momentos de dificuldade, de desânimo e principalmente quando da morte de meu pai.

À UFMS pelo ensino de qualidade, essencial à minha formação profissional.

Aos Professores Doutores Antonio Conceição Paranhos Filho (orientador) e Vinícius de Oliveira Ribeiro que a partir da imensa experiência acadêmica e profissional de ambos, me ensinaram a seguir os caminhos visando ser um bom pesquisador, com ética, profissionalismo e segurança nas tomadas de decisão. Muito obrigado.

À minha namorada Viviane Wruck Trovato por ter me proporcionado momentos felizes, ajuda e apoio durante este período da pós-graduação.

Aos colegas do doutorado e de outras instituições que estiveram presentes de alguma forma em minha pós-graduação, auxiliando-me nesta caminhada.

Aos amigos Elias de Oliveira Junior, Bruna Alves pelo apoio nas atividades em laboratório, sendo cruciais para realização deste trabalho.

À todos os professores do curso de pós-graduação em Tecnologias Ambientais PGTA/UFMS, essenciais para minha formação profissional acadêmica.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

.shp	<i>Shapefile</i>
ABNT	Associação Brasileira De Normas Técnicas
APP	Área de Preservação Permanente
BDTD	Biblioteca de Teses e Dissertações
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPU/IBAM	Centro de Pesquisas Urbanas do Instituto Brasileiro de Administração Municipal
DSG	Departamento de Serviço Geográfico do Exército
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
GPL	<i>General Public License</i>
GPS	Sistema de Posicionamento Global
hab/Km²	Habitante por quilômetros quadrados
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IMASUL	Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul
IPT/SP	Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo
Km	Quilômetro
Km²	Quilômetros quadrados
LUOS	Lei de Uso e Ocupação do Solo
MDE	Modelo Digital de Elevação
MDS	Modelo Digital de Superfície
m	Metro
m²	Metros quadrados
MS	Mato Grosso do Sul
nº	Número
OLI	<i>Operational Land Imager</i>
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
SCP	<i>Semi-Automatic Classification</i>
SEMADE	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Econômico
SiBCS	Sistema Brasileiro de Classificação de Solos
SIG	Sistema de Informação Geográfica

SISLA

Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental

USGS

Serviço Geológico dos Estados Unidos

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Resultados obtidos através de busca booleana.....	22
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resumo dos resultados obtidos a partir da revisão sistemática sobre os estudos de geotecnologias aplicadas ao saneamento	43
Tabela 2. Pesos atribuídos aos intervalos de declividade identificados no município de Porto Murтинho/MS	62
Tabela 3. Pesos atribuídos aos tipos de solos identificados no município de Porto Murтинho/MS	63
Tabela 4. Pesos atribuídos às frações da faixa exequível, para o município de Porto Murтинho/MS	65
Tabela 5. Critérios limitantes empregados para a elaboração do Mapa de Potencial para a Instalação de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) na região de Porto Murтинho/MS.....	70
Tabela 6. Critérios limitantes empregados para a elaboração do Mapa de Potencial para a Instalação de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) na região de Porto Murтинho/MS	70
Tabela 7. Pesos atribuídos aos intervalos de declividade identificados no município de Porto Murтинho/MS	83
Tabela 8. Pesos atribuídos aos tipos de solos identificados no município de Porto Murтинho/MS	84
Tabela 9. Pesos atribuídos às frações da faixa exequível, para o município de Porto Murтинho/MS	86
Tabela 10. Critérios limitantes empregados para a elaboração do Mapa de Potencial para a Instalação de Aterro Sanitário na região de Porto Murтинho/MS.....	90
Tabela 11. Critérios não limitantes empregados para a elaboração do Mapa de Potencial para a Instalação de Aterro Sanitário na região de Porto Murтинho/MS.....	90

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização do município de Porto Murtinho –MS.....	33
Figura 2. Dados demográficos e equações de projeção, demonstrando o comportamento dos tipos de gráficos representativos da evolução populacional do município de Porto Murtinho/MS.....	55
Figura 3. Mapa Temático de Cursos Hídricos, para instalação de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), no município de Porto Murtinho/MS.....	58
Figura 4. Mapa Temático de Terrenos Sujeitos a Inundação, para instalação de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), no município de Porto Murtinho/MS.....	59
Figura 5. Mapa Temático de Estradas, para instalação de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), no município de Porto Murtinho/MS.....	60
Figura 6. Mapa Temático de Uso e Ocupação do Solo, para instalação de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), no município de Porto Murtinho/MS.....	61
Figura 7. Mapa Temático de Declividade, para instalação de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), no município de Porto Murtinho/MS.....	62
Figura 8. Mapa Temático de Solos, para instalação de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), no município de Porto Murtinho/MS.....	64
Figura 9. Mapa Temático de Distância Máxima Exequível, para instalação de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), no município de Porto Murtinho/MS.....	65
Figura 10. Mapa Temático de Faixas de Distância do Perímetro Urbano, para instalação de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), no município de Porto Murtinho/MS.....	66
Figura 11. Equação composta pelos Mapas Temáticos para a elaboração do Mapa de Potencial para a Instalação de ETE, no município de Porto Murtinho/MS.....	67
Figura 12. Rosa dos ventos para o município de Porto Murtinho/MS, referente ao período compreendido entre 01/06/2016 e 30/09/2016, estação inverno.....	68
Figura 13. Mapa de Potencial para a Instalação de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) para a região de Porto Murtinho/MS.....	70

Figura 14. Mapa Temático de Cursos Hídricos, para instalação de Aterro Sanitário, no município de Porto Murtinho/MS.....	79
Figura 15. Mapa Temático de Terrenos Sujeitos a Inundação, para instalação de Aterro Sanitário, no município de Porto Murtinho/MS.....	80
Figura 16. Mapa Temático de Estradas, para instalação de Aterro Sanitário, no município de Porto Murtinho/MS.....	81
Figura 17. Mapa Temático de Uso e Ocupação do Solo, para instalação de Aterro Sanitário, no município de Porto Murtinho/MS.....	82
Figura 18. Mapa Temático de Declividade, para instalação de Aterro Sanitário, no município de Porto Murtinho/MS.....	83
Figura 19. Mapa Temático de Solos, para instalação de Aterro Sanitário, no município de Porto Murtinho/MS.....	84
Figura 20. Mapa Temático de Distância Máxima Exequível, para instalação de Aterro Sanitário, no município de Porto Murtinho/MS.....	86
Figura 21. Mapa Temático de Faixas de Distância do Perímetro Urbano, para instalação de Aterro Sanitário, no município de Porto Murtinho/MS.....	87
Figura 22. Equação composta pelos Mapas Temáticos para a elaboração do Mapa de Potencial para a Instalação de Aterro Sanitário, no município de Porto Murtinho/MS...	88
Figura 23. Rosa dos ventos para o município de Porto Murtinho/MS, referente ao período compreendido entre 01/06/2016 e 30/09/2016.....	89
Figura 24. Mapa de Potencial para a Instalação de Aterro Sanitário para a região de Porto Murtinho/MS.....	91

RESUMO

O uso de tecnologias como o sensoriamento remoto e o Sistema de Informação Geográfica (SIG) para o saneamento têm sido objeto de estudo, em que estas ferramentas proporcionam mapeamentos de maneira rápida e econômica, permitindo também análises prospectivas sobre os cenários passados, presentes e futuros relacionados à utilização e conservação dos recursos naturais. Desse modo, esta tese utilizou ferramentas de geoprocessamento, para aprimorar a tomada de decisões no âmbito do saneamento ambiental em Porto Murtinho/MS. Porto Murtinho é um município localizado a sudoeste do Estado de Mato Grosso do Sul, às margens do Rio Paraguai, no complexo do baixo Pantanal, abrangendo parte do Chaco Paraguai e que também estará localizada a Rota Bioceânica, uma ponte que conectará o lado brasileiro à cidade de Carmelo Peralta, no Paraguai. Nesse contexto, o objetivo geral consiste em avaliar a utilização de ferramentas de geoprocessamento no auxílio à tomada de decisão em assuntos relacionados ao saneamento da região de Porto Murtinho/MS, utilizando ferramentas livres e de distribuição gratuita, a fim de desenvolver mapas temáticos abordando a implantação de uma estação de tratamento de esgoto e um aterro sanitário. Para alcançar esse propósito, os objetivos específicos delineados são: conduzir uma análise cienciométrica e bibliométrica do estudo de geotecnologias e saneamento em Porto Murtinho/MS, mapeando a produção científica e identificando lacunas de pesquisa; discorrer sobre o conceito e uso de geotecnologias no contexto do saneamento, oferecendo recomendações estratégicas para o crescimento local; explorar os processos técnicos, ambientais e legais na produção de um mapa temático para uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE); e investigar os elementos e etapas envolvidos na elaboração de um mapa temático destinado a um aterro sanitário em Porto Murtinho/MS, considerando critérios técnicos, socioambientais e legais pertinentes. Observou-se ao longo do trabalho a falta de estudos sobre saneamento na região de Porto Murtinho/MS, principalmente com o uso de geotecnologias, além de que o uso de dados espaciais gratuitos e *softwares* livres proporcionaram o encontro de resultados significativos e ambientalmente estratégicos, como o Mapa de áreas potenciais para instalação de um E.T.E. e para implantação de Aterro Sanitário na região. O trabalho contribui, não apenas para uma compreensão aprofundada da interação entre geotecnologias e saneamento em Porto Murtinho/MS, mas também para guiar futuras iniciativas de pesquisa e desenvolvimento na área. Essas contribuições visam impulsionar o crescimento sustentável desta localidade.

Palavras-chave: Geoprocessamento; Chaco; Resíduos Sólidos; Esgotamento Sanitário.

GEOTECNOLOGIAS APLICADAS NO DIAGNÓSTICO E AVALIAÇÃO DO SANEAMENTO AMBIENTAL NA REGIÃO DE PORTO MURTINHO-MS

ABSTRACT

The use of technologies such as remote sensing and the Geographic Information System (GIS) for sanitation have been the subject of study, in which these tools provide mapping quickly and economically, also allowing prospective analyzes of past, present and future scenarios. related to the use and conservation of natural resources. Therefore, this thesis used geoprocessing tools to improve decision-making within the scope of environmental sanitation in Porto Murtinho/MS. Porto Murtinho is a municipality located southwest of the State of Mato Grosso do Sul, on the banks of the Paraguay River, in the lower Pantanal complex, covering part of the Chaco Paraguaio and where the Rota Bioceânica will also be located, a bridge that will connect the Brazilian side to the city of Carmelo Peralta, in Paraguay. In this context, the general objective is to evaluate the use of geoprocessing tools to aid decision-making in matters related to sanitation in the Porto Murtinho/MS region, using free and freely distributed tools, in order to develop thematic maps addressing the implementation of a sewage treatment plant and a sanitary landfill. To achieve this purpose, the specific objectives outlined are: conducting a scientometric and bibliometric analysis of the study of geotechnology and sanitation in Porto Murtinho/MS, mapping scientific production and identifying research gaps; discuss the concept and use of geotechnologies in the context of sanitation, offering strategic recommendations for local growth; explore the technical, environmental and legal processes in producing a thematic map for a Sewage Treatment Plant (ETE); and investigate the elements and steps involved in preparing a thematic map for a landfill in Porto Murtinho/MS, considering relevant technical, socio-environmental and legal criteria. Throughout the work, a lack of studies on sanitation in the Porto Murtinho/MS region was observed, mainly with the use of geotechnologies, in addition to the use of free spatial data and free software providing significant and environmentally strategic results, such as the Map of potential areas for installing an E.T.E. and for the implementation of a Sanitary Landfill in the region. The work contributes not only to an in-depth understanding of the interaction between geotechnologies and sanitation in Porto Murtinho/MS, but also to guide future research and development initiatives in the area. These contributions aim to boost the sustainable growth of this location.

Keywords: Geoprocessing; Chaco; Solid Waste; Sanitary Sewage.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	14
OBJETIVO GERAL.....	16
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
PRIMEIRO CAPÍTULO: ESTUDO CIENCIOMÉTRICO E BIBLIOMÉTRICO DE GEOTECNOLOGIAS APLICADAS NO SANEAMENTO AMBIENTAL NA REGIÃO DE PORTO MURTINHO/MS	18
1.1 INTRODUÇÃO.....	19
1.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	21
1.3 RESULTADO E DISCUSSÃO.....	21
1.4 CONCLUSÃO.....	26
1.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27
SEGUNDO CAPÍTULO: REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE ESTUDOS DE GEOTECNOLOGIAS APLICADAS AO SANEAMENTO E POSSIBILIDADES PARA PORTO MURTINHO/MS.....	29
1.1 INTRODUÇÃO.....	30
1.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	32
1.3 RESULTADO E DISCUSSÃO.....	33
1.4 CONCLUSÃO.....	47
1.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
TERCEIRO CAPÍTULO: ELABORAÇÃO DE MAPA DE ÁREAS POTENCIAIS PARA A INSTALAÇÃO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO NA REGIÃO DE PORTO MURTINHO/MS	52
1.1 INTRODUÇÃO.....	53
1.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	54
1.2.1 POPULAÇÃO DE PROJETO	54
1.2.2 SISTEMA DE TRATAMENTO ADOTADO E ÁREA DEMANDADA ..	55
1.2.3 DADOS VETORIAIS	56
1.2.4 DADOS MATRICIAIS	56
1.2.5 MAPAS TEMÁTICOS	57
1.2.5.1 MAPA TEMÁTICO DE CURSOS HÍDRICOS	57
1.2.5.2 MAPA TEMÁTICO DE TERRENOS SUJEITOS A INUNDAÇÃO .	58
1.2.5.3 MAPA TEMÁTICO DE ESTRADAS	59
1.2.5.4 MAPA TEMÁTICO DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	60
1.2.5.5 MAPA TEMÁTICO DE DECLIVIDADE.....	61
1.2.5.6 MAPA TEMÁTICO DE SOLOS	63
1.2.5.7 MAPA TEMÁTICO DE DISTÂNCIA MÁXIMA EXEQUÍVEL.....	64

1.2.5.8	MAPA TEMÁTICO DE FAIXAS DE DISTÂNCIA DO PERÍMETRO URBANO 65	
1.2.6	ÁLGEBRA DE MAPAS	66
1.2.7	ROSA DOS VENTOS	67
1.3	RESULTADO E DISCUSSÃO.....	68
1.4	CONCLUSÃO.....	71
1.5	REFERÊNCIAS	72
QUARTO CAPÍTULO: ELABORAÇÃO DE MAPA DE ÁREAS POTENCIAIS PARA A INSTALAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO NA REGIÃO DE PORTO MURTINHO/MS..... 74		
1.1	INTRODUÇÃO.....	75
1.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	76
1.2.1	DADOS VETORIAIS	76
1.2.2	DADOS MATRICIAIS	77
1.2.3	MAPAS TEMÁTICOS	77
1.2.3.1	MAPA TEMÁTICO DE CURSOS HÍDRICOS	78
1.2.3.2	MAPA TEMÁTICO DE TERRENOS SUJEITOS A INUNDAÇÃO .	79
1.2.3.3	MAPA TEMÁTICO DE ESTRADAS	80
1.2.3.4	MAPA TEMÁTICO DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	81
1.2.3.5	MAPA TEMÁTICO DE DECLIVIDADE.....	82
1.2.3.6	MAPA TEMÁTICO DE SOLOS	83
1.2.3.7	MAPA TEMÁTICO DE DISTÂNCIA MÁXIMA EXEQUÍVEL.....	85
1.2.3.8	MAPA TEMÁTICO DE FAIXAS DE DISTÂNCIA DO PERÍMETRO URBANO 86	
1.2.4	ÁLGEBRA DE MAPAS	87
1.2.5	ROSA DOS VENTOS	88
1.3	RESULTADO E DISCUSSÃO.....	89
1.4	CONCLUSÃO.....	91
1.5	REFERÊNCIAS	92
CONSIDERAÇÕES FINAIS		
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		
ANEXO I.....		

INTRODUÇÃO GERAL

A produção de representações cartográficas remonta de períodos ancestrais, estando presente desde as civilizações primitivas, mesmo antes da invenção da escrita. Ao examinar o histórico da Cartografia, observa-se que, inicialmente, os documentos cartográficos eram rudimentares, confeccionados com materiais provenientes da natureza, como fibras, conchas, argila e peles de animais. Esses mapas atendiam às necessidades básicas de sobrevivência dos indivíduos, especialmente no que diz respeito à obtenção de alimentos (GIOMETTI; PANCHER, 2012).

Nesse estágio, os povos possuíam um conhecimento limitado dos territórios, o que se refletia na simplicidade dos mapas produzidos. À medida que o tempo avançou, os seres humanos expandiram seu conhecimento dos territórios, e o progresso nas áreas de ciência e tecnologia proporcionou o aprimoramento contínuo das representações cartográficas (GIOMETTI; PANCHER, 2012).

No âmbito nacional, os progressos resultantes da aplicação de ferramentas de gestão de dados espaciais, como *softwares* e imagens de alta resolução espacial, são diversos. Esses avanços incluem a redução de custos, a agilidade na análise de processos e a facilitação do planejamento e da gestão eficazes, abrangendo áreas ambientais, urbanas e outras. Dentro do espectro de análises ambientais que se beneficiam do emprego de geotecnologias, destacam-se aquelas relacionadas à gestão legal dos recursos naturais de uma região específica (CARELLI; LOPES, 2011).

Essas geotecnologias compreendem técnicas matemáticas e computacionais utilizadas para manipular informações geográficas. Esta área do conhecimento engloba um conjunto diversificado de tecnologias destinadas à coleta, processamento, análise e disponibilização de informações referenciadas espacialmente utilizando-se da Topografia, Geodésia, Cartografia Digital, Sensoriamento Remoto, Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), Aerofotogrametria. (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2004).

Com o aprimoramento dos *softwares* livres como o QGIS é possível analisar e editar informações espaciais, além de criar mapas com várias camadas usando diferentes projeções, podendo ser montados em diferentes formatos e para diferentes usos, ampliando as possibilidades na elaboração de diversos mapas temáticos.

Desse modo, considerando que estas aplicações são de fundamental importância a presente tese de ferramentas de geoprocessamento no auxílio à tomada de decisão em assuntos relacionados ao saneamento da região de Porto Murtinho/MS.

De acordo com Mioto, Paranhos Filho e Albrez (2012), a conservação efetiva requer um entendimento prévio, sendo crucial definir o espaço geográfico como um requisito essencial para o planejamento. Esta definição é fundamental para a implementação de qualquer ação normativa ou legislativa em uma determinada região.

O município de Porto Murtinho/MS encontra-se inserido no contexto do Corredor Bioceânico, uma rota intercontinental que atravessa quatro países: Brasil, Paraguai, Argentina e Chile. A integração a essa rota promete trazer significativos benefícios para Porto Murtinho, fomentando o desenvolvimento regional. Essa perspectiva é reforçada pela localização estratégica do município, o que impulsionará o setor turístico, além de otimizar a logística com a construção de uma ponte binacional entre Porto Murtinho e Carmelo Peralta, no Paraguai. Essa infraestrutura encurtará a distância até os portos do Pacífico, no Chile (ASATO, 2019). Conforme estabelecido em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), a distância aproximada, em linha reta da ponte até a área urbana do município do objeto deste estudo, é de 8 (oito) quilômetros.

Portanto, o interesse na integração de geotecnologias no contexto do saneamento ambiental, especialmente na região de Porto Murtinho/MS, reflete a necessidade premente de abordagens inovadoras para aprimorar a gestão e planejamento desta área crucial para o desenvolvimento sustentável local. Este trabalho busca explorar e analisar a interseção entre geotecnologias e saneamento na mencionada região, dividindo-se em quatro capítulos distintos.

O primeiro capítulo dedica-se à cienciometria e bibliometria, oferecendo uma visão abrangente da produção científica relacionada às geotecnologias e saneamento em Porto Murtinho/MS. Por meio dessa análise, busca-se identificar tendências e contribuições significativas no campo, proporcionando um contexto sólido para a compreensão da evolução desses estudos ao longo do tempo. É válido mencionar que este capítulo foi aceito para publicação em 12 de janeiro de 2024, na Revista de Gestão Social e Ambiental (e-ISSN: 1981-982X, DOI: 10.24857), qualis A3, em seu volume 18, número 2, sendo o título do artigo definido como: *SCIENTOMETRICS AND BIBLIOMETRICS OF GEOTECHNOLOGIES AND SANITATION STUDY IN THE PORTO MURTINHO REGION/CIENCIOMETRIA E BIBLIOMETRIA DO ESTUDO DE GEOTECHNOLOGIAS E SANEAMENTO NA REGIÃO DE PORTO MURTINHO-MS*, conforme verificado no Anexo I.

No segundo capítulo, são abordadas as geotecnologias aplicadas ao saneamento na região, além de discutir como a utilização eficiente de geoprocessamento,

sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica podem impactar positivamente a gestão do saneamento, considerando fatores ambientais, sociais e econômicos. Como resultado da revisão realizada, foi possível elaborar uma tabela resumindo a abrangência geográfica, o software utilizado, os critérios adotados, a metodologia geral e alguns resultados dos autores discutidos neste capítulo.

O terceiro capítulo direciona-se à elaboração de um mapa temático visando áreas em potencial para a instalação de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) em Porto Murtinho/MS, utilizando geotecnologias para mapear áreas propícias e, assim, contribuir para um planejamento mais eficaz nesse segmento. A abordagem adotada considera uma variedade de fatores ambientais e operacionais, resultando na identificação de áreas apropriadas para a localização das ETEs, notavelmente a uma distância de até 1 (um) quilômetro da faixa de segurança do perímetro urbano. Além disso, uma análise adicional da Rosa dos Ventos evidencia quais regiões da cidade são mais favoráveis devido ao menor transporte de odores.

No quarto capítulo, a análise é expandida para a elaboração de um mapa temático destinado à localização de um aterro sanitário na mesma região. Essa abordagem tem como objetivo identificar áreas adequadas e incorporar considerações ambientais para uma gestão eficaz dos resíduos sólidos. Novamente, a variedade de critérios ambientais e operacionais, juntamente com a utilização da análise da Rosa dos Ventos, permite a delimitação de áreas apropriadas para a instalação, neste caso, situadas a uma distância de 2 (dois) a 5 (cinco) quilômetros do perímetro urbano.

Ao final deste trabalho, espera-se que as análises propostas em cada capítulo ofereçam percepções valiosas, não apenas para a compreensão aprofundada da interação entre geotecnologias e saneamento em Porto Murtinho/MS, mas também para orientar futuras iniciativas de pesquisa e desenvolvimento na área, contribuindo assim para o crescimento sustentável desta localidade.

OBJETIVO GERAL

- Utilizar dados geoespaciais de acesso livre (através de sua manipulação por meio de tecnologias livres e gratuitas) visando contribuir na tomada de decisões em assuntos relacionados ao saneamento da região de Porto Murtinho/MS, a fim de desenvolver mapas temáticos que demonstram o potencial para implantação de uma estação de tratamento de esgoto e um aterro sanitário na referida região.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar uma análise cienciométrica e bibliométrica do estudo de geotecnologias e saneamento na região de Porto Murtinho/MS no banco de dados da Biblioteca de Teses e Dissertações, visando mapear a produção científica e as lacunas de pesquisa nesse campo específico, fornecendo uma visão do estado atual do conhecimento nessa interseção entre geotecnologias e saneamento na região mencionada.
- Discorrer sobre o conceito e uso de geotecnologias no contexto do saneamento da região de Porto Murtinho/MS, visando discutir recomendações estratégicas para impulsionar o crescimento local através de sua integração com a Rota Bioceânica e as necessidades de expansão da região.
- Explorar os processos técnicos, ambientais e legais envolvidos na produção de um mapa de potencial para a instalação de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) na região de Porto Murtinho/MS, considerando aspectos geográficos, socioeconômicos e ambientais da região.
- Investigar e apresentar os principais elementos e etapas envolvidos na elaboração de um mapa de potencial destinado à criação e implementação de um aterro sanitário na região de Porto Murtinho/MS, considerando seus critérios técnicos, socioambientais e legais pertinentes à localização, planejamento e gestão.
- Atribuir pesos a fatores limitantes e não limitantes, utilizados na técnica de Álgebra de Mapas para a definição de áreas com potencial para a instalação de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) e um Aterro Sanitário na região de Porto Murtinho/MS.

PRIMEIRO CAPÍTULO: ESTUDO CIENCIOMÉTRICO E BIBLIOMÉTRICO DE GEOTECNOLOGIAS APLICADAS NO SANEAMENTO AMBIENTAL NA REGIÃO DE PORTO MURTINHO/MS

Resumo: Este estudo analisa o uso de geotecnologias no contexto do saneamento na região de Porto Murtinho, através de uma análise cientímetrica e bibliométrica. O objetivo principal é mapear a produção científica e identificar lacunas de pesquisa nesse domínio específico, visando compreender o estado atual do conhecimento nessa intersecção entre geotecnologias e saneamento na área de estudo. A metodologia adotada envolveu a busca e análise de teses e dissertações disponíveis na Biblioteca de Teses e Dissertações (BDTD), bem como a identificação das principais fontes de publicação e lacunas de conhecimento por meio de buscas booleanas. Os termos utilizados incluíram "Geoprocessamento" AND "Porto Murtinho", "Geoprocessamento" AND "Chaco", e ("Porto Murtinho" OR "Chaco") AND ("Geotecnologias" OR "Geoprocessamento"). Os resultados revelaram um total de 9 (nove) trabalhos relevantes, sendo 1(um) relacionado a "Geoprocessamento" e "Porto Murtinho", 7 (sete) relacionados a "Geoprocessamento" e "Chaco", e 2 (dois) relacionados a uma combinação dos termos. No entanto, nenhum dos trabalhos abordou especificamente o uso de geotecnologias no contexto do saneamento no município. Essa ausência na literatura destaca a necessidade de avançar nas pesquisas nessa área, especialmente considerando o potencial das geotecnologias para contribuir com o diagnóstico e avaliação do saneamento ambiental na região de Porto Murtinho/MS.

Palavras-chave: Biblioteca de Teses e Dissertações (BDTD); Booleana; Lacunas; Geoprocessamento.

Abstract: This study analyzes the use of geotechnologies in the context of sanitation in the Porto Murtinho region, through a scientometric and bibliometric analysis. The main objective is to map scientific production and identify research gaps in this specific domain, aiming to understand the current state of knowledge at this intersection between geotechnologies and sanitation in the study area. The methodology adopted involved the search and analysis of theses and dissertations available in the Theses and Dissertations Library (BDTD), as well as the identification of the main publication sources and knowledge gaps through Boolean searches. Terms used included "Geoprocessing" AND "Porto Murtinho", "Geoprocessing" AND "Chaco", and ("Porto Murtinho" OR "Chaco") AND ("Geotechnology" OR "Geoprocessing"). The results revealed a total of 9 (nine) relevant works, 1 (one) related to "Geoprocessing" and "Porto Murtinho", 7 (seven) related to "Geoprocessing" and "Chaco", and 2 (two) related to a combination of terms. However, none of the works specifically addressed the use of geotechnologies in the context of sanitation in the municipality. This absence in the literature highlights the need to advance research in this area, especially considering the potential of geotechnologies to contribute to the diagnosis and assessment of environmental sanitation in the Porto Murtinho/MS region.

Keywords: Library of Theses and Dissertations (BDTD); Boolean; Gaps; Geoprocessing.

1.1 INTRODUÇÃO

A Bibliometria refere-se à aplicação de técnicas estatísticas para descrever os elementos de uma literatura específica, abrangendo artigos acadêmicos em periódicos, livros e inclusive fontes online e outros meios de comunicação. Sua origem remonta a 1934 com o "*Traité de Documentation*" de Otlet. Esta metodologia de pesquisa está centrada em duas principais preocupações: a análise da produção científica em determinado campo e a promoção do controle bibliográfico (SILVA; GONZALEZ; MARANGONI, 2018).

Os autores Guedes e Borschiver (2005) contribuíram no sentido de conceituar o termo bibliometria. Na compreensão deles, a bibliometria consiste em uma ferramenta estatística, desempenha um papel crucial no mapeamento e na geração de diversos indicadores relacionados ao tratamento e à gestão da informação e do conhecimento. Seu emprego é particularmente relevante em sistemas de informação e comunicação científicos e tecnológicos, assim como em contextos de produtividade, sendo essencial para o planejamento, avaliação e gestão da ciência e da tecnologia em uma comunidade científica ou país específico.

Além disso, a Bibliometria é um instrumento quantitativo que contribui para mitigar a subjetividade inerente à indexação e recuperação de informações, gerando conhecimento em áreas específicas. Em última análise, ela desempenha um papel significativo nas tomadas de decisão relacionadas à gestão da informação e do conhecimento, proporcionando suporte na organização e sistematização de informações científicas e tecnológicas (GUEDES; BORSCHIVER, 2005, p.15).

No contexto científico, a bibliometria tem auxiliado os pesquisadores na sistematização, classificação e avaliação de aspectos específicos dos estudos por meio da identificação de tendências e características das pesquisas, além do desenvolvimento de determinada área de conhecimento (LINDAHL *et al.*, 2015; JOB, 2018). Portanto, esse método de estudo permite a investigação de muitos elementos da comunicação científica e tecnológica, mostrando-se uma ferramenta substancial para a descoberta do estado da arte das áreas do conhecimento em seus recortes específicos, tais como análise temporal, autoral, temática (JOB, 2018).

A região de estudo apresenta atributos biológicos que caracterizam o Chaco. Para Prado *et al.* (1992) o chaco *sensu stricto*, no Brasil, se encontra representado apenas em Porto Murtinho/MS.

O IBGE, no mapa de vegetação (IBGE, 2012), descreve a presença de várias fitofisionomias chaquenhas. No Sistema Brasileiro de Classificação da Vegetação (IBGE, 2012) o Chaco está classificado como Savana Estépica e subdividido nas fitofisionomias Savana Estépica Florestada (formação florestal densa - mata chaquenha), Savana Estépica Arborizada (formação florestal chaquenha mais aberta), Savana Estépica Parque (formação vegetacional composta predominantemente pela palmeira carandá, *Copernicia alba*, cujo adensamento é regionalmente denominado carandazal) e Savana Estépica Gramíneo-lenhosa (campos nativos secos ou inundáveis, com plantas herbáceas e arbustivas lenhosas).

Diante das características demonstradas o estudo da interseção entre geotecnologias e saneamento em Porto Murtinho/MS é crucial para embasar decisões estratégicas, promover o desenvolvimento sustentável e melhorar as condições de vida na região. A aplicação de geotecnologias no saneamento não apenas possibilita uma gestão mais eficiente dos recursos hídricos e ambientais, mas também contribui para prevenir impactos ambientais, promover a saúde pública e direcionar ações de intervenção em áreas críticas.

Além disso, essa abordagem propicia a eficiência operacional dos sistemas de saneamento, impulsiona o desenvolvimento regional, atrai investimentos e fomenta a inovação. Ao compreender como as geotecnologias podem ser integradas ao saneamento, a região de Porto Murtinho se beneficia significativamente, adaptando-se às mudanças climáticas e promovendo um futuro mais sustentável e resiliente.

Portanto, a condução de um estudo de teses e dissertações relacionados ao tema é fundamental, pois proporciona uma análise abrangente do estado atual do conhecimento, permitindo a identificação de lacunas e tendências emergentes. Essa revisão da literatura não apenas evita redundâncias, garantindo a eficiência dos recursos empregados em novas pesquisas, mas também valida e contextualiza os resultados obtidos, fortalecendo a credibilidade das descobertas.

O estudo proporciona inspiração para novas abordagens, estimula a inovação e contribui para o desenvolvimento de conhecimento especializado. Ao contextualizar o problema de pesquisa em um cenário mais amplo, o estudo não apenas orienta a tomada de decisões, mas também contribui para o avanço da comunidade científica, consolidando e organizando o conhecimento existente e facilitando a disseminação de informações.

Assim, a pesquisa tem como objetivo mapear a produção científica e as lacunas de pesquisa nesse campo específico, fornecendo uma visão do estado atual do conhecimento nessa interseção entre geotecnologias e saneamento na região de Porto Murtinho/MS.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

Empregou-se a busca booleana na Biblioteca de Teses e Dissertações (BDTD) que é a aplicação da Lógica de *Boole* a um tipo de sistema de recuperação da informação, no qual se combinam dois ou mais termos, relacionando operadores lógicos que tornam a busca mais restrita ou detalhada. Os operadores booleanos baseiam-se na álgebra de *Boole* e permitem efetuar operações de caráter lógico-matemático. Estes operadores são: AND (E), OR (OU) e NOT (NÃO), e eles são usados para combinar palavras-chave por ocasião na busca em bases de dados eletrônicos. O uso destes operadores pode tornar a busca mais enfocada, produzindo resultados mais precisos. No entanto, antes de utilizar os operadores, é necessário entender como eles, de fato, trabalham (RICH, 2004).

Nesse sentido, foram identificadas as fontes de publicação predominantes e as lacunas no conhecimento existente foram demonstradas utilizando a busca booleana como um tipo de sistema de recuperação da informação, onde foram combinados os seguintes termos: "Geoprocessamento" AND "Porto Murtinho", "Geoprocessamento" AND "Chaco", e ("Porto Murtinho" OR "Chaco") AND ("Geotecnologias" OR "Geoprocessamento").

A seleção dos componentes do *corpus* para o estado do conhecimento envolveu a análise de títulos, resumos e palavras-chave. Contudo, é relevante destacar, conforme apontado por Ferreira (2002) e Ramanowski e Ens (2006), que essa tarefa apresentou desafios devido à concisão e à falta de informações nos resumos, à ausência ou implícitude de objetivos, bem como à falta de indicativos nos títulos, entre outras dificuldades.

Também foi utilizado, como mencionado em seção anterior a análise bibliométrica que explora o trabalho científico por meio de uma variedade de métodos e procedimentos. Esta abordagem envolve examinar publicações de diferentes periódicos, revistas, países, instituições e autores, bem como analisar as citações utilizadas, além disso, procurar e identificar tendências com base no conteúdo dos estudos e na evolução das pesquisas (LIMA *et al.*, 2019).

1.3 RESULTADO E DISCUSSÃO

A pesquisa por teses e dissertações na Biblioteca de Teses e Dissertações (BDTD) que aborde o tema das geotecnologias aplicadas na região de Porto Murinho revela uma escassez de trabalhos disponíveis. O pequeno número de trabalhos encontrados sobre o tema pode ser atribuído a diversos fatores. Em primeiro lugar, serão apresentados os resultados obtidos para demonstrar as lacunas do conhecimento existentes.

A busca resultou em 01 (um) trabalho com o operador booleano "Geoprocessamento" AND "Porto Murinho", 07 (sete) com "Geoprocessamento" AND "Chaco", 02 (dois) com ("Porto Murinho" OR "Chaco") AND ("Geotecnologias" OR "Geoprocessamento"), visto que 09 (nove) apareceram nas buscas com os demais descritores e nenhum resultado com "Porto Murinho" AND "saneamento", conforme categorizados no quadro abaixo.

Quadro 1: Resultados obtidos através de busca booleana.

"Geoprocessamento" AND "Porto Murinho"				
Título	Autores	Instituições	Tipos	Datas de publicação
Geotecnologias aplicadas ao diagnóstico físico-conservacionista da Bacia Transfronteiriça do rio APA	BARBOSA, Edwaldo Henrique Bazana	UFMS	Dissertação	2014
"Geoprocessamento" AND "Chaco"				
Título	Autores	Instituições	Tipos	Datas de publicação
Diagnóstico turístico da estrada do Cardoso no município de Bela Vista do Paraíso- PR utilizando o geoprocessamento	LUIZ, Adilson Nalin	UNESP	Dissertação	2003
Geoprocessamento na análise da ocupação e uso da terra em áreas de expansão urbana: estudo de caso da sub-bacia do Ribeirão dos Pires, município de Limeira (SP)	AZEVEDO, Ricardo José Gontijo	UNICAMP	Dissertação	2008
Distribuição espacial e flutuação sazonal de carrapatos e modelo geoambiental sobre a favorabilidade de ocorrência de <i>Hydrochoerus hydrochaeris</i> e <i>Amblyomma cajennense</i>	SILVEIRA, Andreia Kill	UFRRJ	Tese	2014
Modelagem da capacidade de suporte da área central de Sete Lagoas, MG: subsídios para gestão urbana	FERREIRA, Fernanda Costa.	UFMG	Dissertação	2019
Estudo dos fatores climáticos e ambientais associados à ocorrência de carrapatos <i>Amblyomma sculptum</i> (Acari: Ixodidae) adultos na	PEDRO, Thiago Bernardo	UFRRJ	Dissertação	2015

mesorregião metropolitana do Rio de Janeiro					
Abundância e fatores de risco de <i>Dermatobia hominis</i> (Linnaeus JR., 1781) (Díptera: Cuterebridae) em bovinos em Pecuária Orgânica na Fazendinha Agroecológica Km 47, RJ	FLORIÃO, Mônica Mateus	UFRRJ	Dissertação	2011	
Frequência populacional de <i>Dermatobia hominis</i> (Linnaeus Jr., 1781) (Díptera: Cuterebridae) e sua correlação com variáveis climáticas em duas propriedades rurais no sudeste do Brasil	MEDEIROS, William Soares	UFRRJ	Dissertação	2015	
("Porto Murtinho" OR "Chaco") AND ("Geotecnologias" OR "Geoprocessamento")					
Análise territorial dos conflitos de uso e ocupação do solo no Município de Santa Maria - RS	PIRES, Glauca Vieira	UFSC	Dissertação	2020	
Solos com feições espódicas do Pantanal Sul-Mato-Grossense: Antagonismos às condições pedogenéticas	MENEZES, Andressa Rosas de	UFRRJ	Tese	2021	

Fonte: Elaborado pelo autor, a partir de dados encontrados na BDTD (2024).

Antes de iniciar as análises dos trabalhos é importante salientar que alguns trabalhos apareceram nas buscas em mais de um descritor, cita-se: Geotecnologias aplicadas ao diagnóstico físico-conservacionista da Bacia Transfronteiriça do rio APA (BARBOSA, 2014); Diagnóstico turístico da estrada do Cardoso no município de Bela Vista do Paraíso – PR utilizando o geoprocessamento (LUIZ, 2003); Geoprocessamento na análise da ocupação e uso da terra em áreas de expansão urbana: estudo de caso da sub-bacia do Ribeirão dos Pires, município de Limeira (SP) (AZEVEDO, 2008); Distribuição espacial e flutuação sazonal de carrapatos e modelo geoambiental sobre a favorabilidade de ocorrência de *Hydrochoerus hydrochaeris* e *Amblyomma cajennense* (SILVEIRA, 2014); Modelagem da capacidade de suporte da área central de Sete Lagoas, MG: subsídios para gestão urbana (FERREIRA, 2019); Estudo dos fatores climáticos e ambientais associados à ocorrência de carrapatos *Amblyomma sculptum* (Acari: Ixodidae) adultos na mesorregião metropolitana do Rio de Janeiro (PEDRO, 2015); Abundância e fatores de risco de *Dermatobia hominis* (Linnaeus JR., 1781) (Díptera: Cuterebridae) em bovinos em Pecuária Orgânica na Fazendinha Agroecológica Km 47, RJ (FLORIÃO, 2011); e Frequência populacional de *Dermatobia hominis* (Linnaeus Jr., 1781) (Díptera: Cuterebridae) e sua correlação com variáveis climáticas em duas propriedades rurais no sudeste do Brasil (MEDEIROS, 2015).

O trabalho encontrado com o operador “Geoprocessamento” AND “Porto

Murtinho” intitulado **“Geotecnologias aplicadas ao diagnóstico físico-conservacionista da Bacia Transfronteiriça do rio APA”** (BARBOSA, 2014) descreve uma pesquisa realizada na bacia hidrográfica transfronteiriça do rio Apa, que abrange partes do Brasil e do Paraguai e teve como objetivo realizar um diagnóstico e prognóstico físico-conservacionista da bacia, utilizando dados de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento. A abordagem teórico-metodológica envolveu análises integradas da paisagem, com foco na perspectiva Geossistêmica e os métodos utilizados incluíram a delimitação da área da bacia, avaliação paramétrica de terreno, análise temporal do uso da terra e cobertura vegetal nos anos de 1987 e 2012, compilação de cartas pedológicas e geológicas, aplicação da legislação ambiental e análise da fragilidade ambiental.

Os resultados apresentados revelaram que a pecuária e a agricultura extensiva são as principais atividades econômicas na bacia, correspondendo a 51,71% da área total. Com base nos dados obtidos, o autor elaborou um Zoneamento Ambiental, onde identificou oito zonas ambientais, como Zona de Restrição Legal, Zona de Ocupação Restrita, Zona de Unidades de Conservação, Zona Produtiva Rural, Zona de Assentamento Rural, Zona de Terras Indígenas, Zona Urbanizada e Zona de Incongruência.

A pesquisa intitulada **“Diagnóstico turístico da estrada do Cardoso no município de Bela Vista do Paraíso- PR utilizando o geoprocessamento”** (LUIZ, 2003) abordou o diagnóstico turístico rural por meio do Geoprocessamento na estrada do Cardoso, localizada no município de Bela Vista do Paraíso, PR. O objetivo apresentado pelo autor foi fornecer subsídios para o desenvolvimento turístico da região, utilizando o Geoprocessamento como ferramenta.

Foram realizados trabalhos de campo para inventariar os atrativos de 26 propriedades, em que a cartografia digital foi empregada na elaboração de cartas temáticas para analisar a vocação turística. Discorreram, também, que três grandes atrativos estão em operação: a chácara Vale do Lago, o sítio Bom Jardim e a festa da capela Santo Antônio.

Ao analisar os aspectos positivos e negativos Luiz (2003) apontou que para a implementação turística, destacam-se os aspectos positivos. Embora a atividade não resulte, inicialmente, no saneamento de dívidas e enriquecimento dos proprietários, ela tem o potencial de gerar renda e alguns empregos.

Por sua vez, Ferreira (2019) apresenta a dissertação intitulada **“Modelagem da capacidade de suporte da área central de Sete Lagoas, MG: subsídios para gestão**

urbana” que aborda a transformação e crescimento dos espaços urbanos, destacando a necessidade de investimentos em gestão urbana e ambiental para garantir uma conexão eficiente entre essas áreas. Utilizou com o conceito central a sustentabilidade, buscando conciliar o desenvolvimento econômico com a conservação ambiental. O trabalho concentrou-se na avaliação dos parâmetros urbanísticos da Lei de Uso e Ocupação do Solo (LUOS) de Sete Lagoas, em Minas Gerais, utilizando geoprocessamento e análises multicritérios.

A autora identificou inconformidades, como a sobrecarga no centro da cidade e no bairro Chácara do Paiva, impulsionadas pelos parâmetros da LUOS, e a capacidade de suporte satisfatória em algumas áreas pouco exploradas e recomendou a aplicação da pesquisa em todo o território para atualizar leis municipais e mapear estoques construtivos, fornecendo apoio à gestão urbana em outros municípios e contribuindo para o desenvolvimento sustentável e melhoria da qualidade de vida nas cidades (FFEREIRA, 2019).

Pires (2020) quando discorre sobre a “**Análise territorial dos conflitos de uso e ocupação do solo no Município de Santa Maria – RS**” aborda o aumento de ocupações urbanas irregulares em áreas destinadas à preservação de recursos naturais e proteção ambiental que resultam em um crescimento desordenado em centros urbanos. O estudo focou em quatro bairros nas regiões norte e nordeste do município de Santa Maria/RS, analisando conflitos de uso e ocupação do solo. A autora utilizou geotecnologias e a legislação municipal e propôs uma metodologia para elaborar um zoneamento ambiental preliminar e mapear a ocupação existente. Os resultados revelaram conflitos em aproximadamente 10% da área total analisada, indicando possíveis ocupações irregulares em áreas de proteção ambiental. A análise jurídica destacou que a continuidade de atividades nessas áreas requer autorização em casos específicos. Por fim, conclui-se que a metodologia aplicada foi eficaz, podendo ser replicada em pesquisas similares.

O último trabalho analisado é a tese de Menezes (2021) intitulado “**Solos com feições espódicas do Pantanal Sul-Mato-Grossense: Antagonismos às condições pedogenéticas**” que trata dos solos do Pantanal sul-mato-grossense que são identificados com características espódicas, onde desafiam as expectativas do conceito central de pedogênese por podzolização devido às condições neutras a alcalinas do pedoambiente. O estudo avaliou quatro perfis de solo, destacando morfologias indicativas de horizontes espódicos e revelaram características de redoximorfismo, como baixo desenvolvimento do solum, mosqueados de Fe e Mn, e nódulos com teores de matéria orgânica superiores

ao material circundante. A autora concluiu que embora os solos apresentem pH neutro a alcalino, altos valores de soma de bases e baixos teores de carbono orgânico e óxidos de alumínio, o acúmulo de Fe, Al e C orgânico nos nódulos e nos horizontes B caracteriza as feições espódicas, divergindo do processo clássico de podzolização.

Os trabalhos acima apresentados divergem do tema central da nossa proposta de pesquisa. Nenhum deles pesquisou como as geotecnologias podem ser aplicadas no diagnóstico e avaliação do saneamento ambiental, tampouco na região de Porto Murtinho/MS. desse modo, fica evidente a necessidade de avanços de pesquisa nessa área.

A análise de determinados trabalhos que não se alinham ao tema central da pesquisa, que se concentra no geoprocessamento do Chaco na Região de Porto Murtinho, é uma prática essencial para demonstrar a coerência e a relevância do estudo. A delimitação temática é crucial para garantir que as análises e conclusões sejam direcionadas de maneira precisa e específica, proporcionando um enfoque mais aprofundado e significativo aos resultados obtidos.

Percebe-se que uma análise mais aprofundada e específica permite uma compreensão mais precisa dos fenômenos geográficos e do impacto do geoprocessamento na região em questão. Portanto, é necessário o fortalecimento das discussões na temática para fortalecer a validade interna do estudo, garantindo que todas as informações analisadas sejam diretamente relevantes para o campo de estudo.

1.4 CONCLUSÃO

Em conclusão, a escassez de pesquisas acadêmicas específicas sobre a interseção entre geoprocessamento e a região de Porto Murtinho pode ser atribuída a várias razões, incluindo a falta de exploração extensiva na área, limitações de recursos e infraestrutura, bem como a natureza especializada do geoprocessamento. A ausência de divulgação e acesso eficaz a informações sobre pesquisas locais também contribui para a baixa visibilidade e disponibilidade desses trabalhos.

A especificidade da relação entre geoprocessamento e a região em questão destaca a necessidade de futuras investigações e contribuições acadêmicas para preencher essa lacuna de conhecimento. Concentrar esforços e recursos no desenvolvimento de trabalhos que se alinhem diretamente aos objetivos da pesquisa é imperativo para garantir uma discussão focalizada nos desafios, oportunidades e peculiaridades do geoprocessamento do Chaco na Região de Porto Murtinho.

Ao reconhecer as limitações e desafios enfrentados na pesquisa sobre essa temática específica, é possível incentivar uma abordagem mais direcionada e eficaz para o avanço do conhecimento nesse campo. A conscientização sobre a necessidade de explorar a interseção entre geoprocessamento e a região em questão deve motivar a comunidade acadêmica a buscar ativamente novas perspectivas e soluções para contribuir significativamente para a compreensão e o desenvolvimento dessa área específica de estudo.

1.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO, R. J. Geoprocessamento na análise da ocupação e uso da terra em áreas de expansão urbana: estudo de caso da sub-bacia do Ribeirão dos Pires, município de Limeira (SP). 2008. 128 f. **Dissertação** (mestrado)- Universidade Estadual de Campinas, 2008.

BARBOSA, E. H. B. Geotecnologias aplicadas ao diagnóstico físico-conservacionista da Bacia Transfronteiriça do rio APA. 2014. 119 f. **Dissertação** (mestrado). Universidade Federal de Mato Grosso do Sul- Programa de Pós-graduação em Geografia, Três Lagoas, 2014.

FERREIRA, A. M. C. Modelagem da capacidade de suporte da área central de Sete Lagoas, MG: subsídios para gestão urbana. 2019. 152 f. **Dissertação** (mestrado). Instituto de Geociências- Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

FLORIÃO, M. M. Abundância e fatores de risco de *Dermatobia hominis* (Linnaeus JR., 1781) (Díptera: Cuterebridae) em bovinos em Pecuária Orgânica na Fazendinha Agroecológica Km 47, RJ. 2011. 43 f. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Veterinárias) - Instituto de Veterinária, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2011.

GUEDES, V; BORSCHIVER, S. **Bibliometria**: uma ferramenta estatística para a gestão da informação e do conhecimento, em sistemas de informação, de comunicação e de avaliação científica e tecnológica. Disponível em: http://www.cinform-antiores.ufba.br/vi_anais/docs/VaniaLSGuedes.pdf. Acesso em: 10 jan. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Manual técnico da vegetação brasileira: sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos. **Manuais Técnicos em Geociências**, n. 1. 2. ed. rev. ampl. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

JOB, I. Bibliometria aplicada aos estudos do campo da Educação Física: confiabilidade, qualidade e relevância nas publicações. **Motrivivência**, Florianópolis, v. 30, n. 54, p. 18-34, 2018.

LINDAHL, J. *et al.* Trends and knowledge base in sport and exercise psychology research: a bibliometric review study. **International Review of Sport and Exercise Psychology**, v. 8, n. 1, p. 71-94, 2015.

LUIZ, Adilson Nalin. Diagnóstico turístico da estrada do Cardoso no município de Bela Vista do Paraíso – PR utilizando o geoprocessamento. 2003. 143 f. **Dissertação** (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade Ciências e Tecnologia, 2003.

MEDEIROS, W. S. Frequência populacional de *Dermatobia hominis* (Linnaeus Jr., 1781) (Díptera: Cuterebridae) e sua correlação com variáveis climáticas em duas propriedades rurais no sudeste do Brasil. 2015. 47 f. **Dissertação** (Mestrado em Biologia Animal) - Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2015.

MENEZES, A. R. Solos com feições espólicas do Pantanal Sul-Mato-Grossense: Antagonismos às condições pedogenéticas. 2021. 81 f. **Tese** (Doutorado em Agronomia - Ciência do Solo) - Instituto de Agronomia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2021.

PEDRO, T. B. Estudo dos fatores climáticos e ambientais associados à ocorrência de carrapatos *Amblyomma sculptum* (Acari: Ixodidae) adultos na mesorregião metropolitana do Rio de Janeiro. 2015. 41 f. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Veterinárias) - Instituto de Veterinária, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2015.

PIRES, G. V. Análise territorial dos conflitos de uso e ocupação do solo no Município de Santa Maria – RS. **Dissertação** (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial, Florianópolis, 2020.

PRADO, D. E. 1993. **What is the Gran Chaco vegetation in South America?** A review. Contribution to the study of flora and vegetation of the Chaco. V. *Candollea* 48(1):145-172.

RICH, L. **Boolean Operators.** Disponível em: <http://www.bgsu.edu/colleges/library/infosrv/lue/boolean.html>. Acesso em: 23 dez. 2023.

SILVEIRA, A. K. Distribuição espacial e flutuação sazonal de carrapatos e modelo geoambiental sobre a favorabilidade de ocorrência de *Hydrochoerus hydrochaeris* e *Amblyomma cajennense*. 2014. 63 f. **Tese** (Doutorado em Ciências Veterinárias, Sanidade Animal) - Instituto de Veterinária, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2014.

SEGUNDO CAPÍTULO: REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE ESTUDOS DE GEOTECNOLOGIAS APLICADAS AO SANEAMENTO E POSSIBILIDADES PARA PORTO MURTINHO/MS

Resumo: Este capítulo explora o uso de geotecnologias, como cartografia, sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica (SIGs), no contexto do saneamento na região de Porto Murtinho/MS. O objetivo é evidenciar a relevância dessa investigação para compreender e aprimorar as práticas de saneamento na localidade. A metodologia envolveu uma revisão sistemática de pesquisas acadêmicas sobre o emprego de geotecnologias na implementação de aterros sanitários e estações de tratamento de esgoto (ETEs) em outras regiões, a fim de subsidiar as discussões. Os resultados foram apresentados em uma tabela resumida, destacando a abrangência geográfica, programas utilizados, critérios empregados e alguns resultados de 14 (quatorze) estudos analisados. Observou-se uma lacuna de pesquisa específica para a região de Porto Murtinho/MS, enfatizando a necessidade de estudos direcionados a essa localidade. O uso estratégico de geotecnologias oferece uma abordagem inovadora e eficaz para enfrentar desafios relacionados ao saneamento básico, resultando em benefícios significativos para a comunidade e o crescimento sustentável da região. O mapeamento detalhado das infraestruturas existentes, combinado com análises geoespaciais, permite a visualização precisa das lacunas no saneamento, facilitando a implementação de medidas corretivas direcionadas. Ao explorar e discutir essas avançadas estratégias de geotecnologias aplicadas ao saneamento, busca-se impulsionar o desenvolvimento sustentável da região de Porto Murtinho, promovendo um futuro mais saudável e próspero para a comunidade.

Palavras-chave: Geoprocessamento; Chaco; Resíduos Sólidos; Esgotamento Sanitário.

Abstract: This chapter explores the use of geotechnologies, such as cartography, remote sensing and geographic information systems (GIS), in the context of sanitation in the Porto Murtinho/MS region. The objective is to highlight the relevance of this investigation to understand and improve sanitation practices in the locality. The methodology involved a systematic review of academic research on the use of geotechnologies in the implementation of landfills and sewage treatment plants (ETEs) in other regions, in order to support discussions. The results were presented in a summary table, highlighting the geographic scope, programs used, criteria used and some results from 14 (fourteen) studies analyzed. A specific research gap was observed for the Porto Murtinho/MS region, emphasizing the need for studies aimed at this location. The strategic use of geotechnologies offers an innovative and effective approach to addressing challenges related to basic sanitation, resulting in significant benefits for the community and sustainable growth in the region. Detailed mapping of existing infrastructure, combined with geospatial analysis, enables accurate visualization of gaps in sanitation, facilitating the implementation of targeted corrective measures. By exploring and discussing these advanced geotechnological strategies applied to sanitation, we seek to boost the sustainable development of the Porto Murtinho region, promoting a healthier and more prosperous future for the community.

Keywords: Geoprocessing; Chaco; Solid Waste; Sanitary Sewage.

1.1 INTRODUÇÃO

A cartografia, o sensoriamento remoto e os sistemas de informação geográfica (SIGs), focalizados em recursos naturais, são conceituados de diversas maneiras. Todavia, todas essas definições compartilham uma ideia comum: trata-se de um sistema que obtém informações sobre os recursos naturais renováveis e não-renováveis do planeta, utilizando sensores posicionados em aviões, satélites ou mesmo na superfície (MOREIRA, 2003).

Segundo Mertikas *et al.* (2021), o sensoriamento remoto tem fornecido meios para: detectar, quantificar, mapear e monitorar taxas de poluição, e seu grau de remediação necessário para seu manejo, bem como responder e facilitar a gestão ambiental e tomada decisões sólidas, baseadas em evidências, em relação aos recursos da terra, em escala global e em diferentes continentes, nações e domínios, além disso fornece ferramentas para a compreensão as condições passadas e presentes dos sistemas e componentes da Terra, bem como a interação entre eles.

Algumas definições destacam a importância do sensoriamento remoto nas trocas energéticas entre objetos ou fenômenos e o meio ambiente, de maneira remota ou sem contato direto. De toda forma, é perceptível que o foco principal é transmitir a ideia de uma nova técnica (conjunto de programas de *software* e equipamentos de *hardware*) disponibilizada para auxiliar o ser humano nas investigações sobre o manejo do meio ambiente (MOREIRA, 2003).

Os SIGs são ferramentas que operam na localização espacial dos dados por meio de processamento computacional. Para que essas ferramentas possam desempenhar sua função de maneira eficaz, é crucial que as informações geográficas manipuladas em um ambiente SIG estejam georreferenciadas, ou seja, que possuam localização espacial na superfície terrestre, representada, no mínimo, por um par de coordenadas no espaço cartesiano bidimensional (CÂMARA; QUEIROZ, 2004).

Os SIGs são sistemas abrangentes, capazes de capturar, modelar, armazenar, recuperar, manipular, analisar e apresentar dados geográficos (WORBOYS; DUCKHAM, 2004). Geralmente, esses sistemas operam com arquivos nos formatos matricial "*raster*" e vetorial "*shapefile*" (ESRI, 1998). Os arquivos *shapefiles* suportam feições geométricas de pontos, linhas e polígonos (área), incluindo o armazenamento de informações de atributos no formato de arquivo. Já os arquivos matriciais fundamentam-se em uma estrutura de células de grade (*pixels*), armazenando a informação no formato de linhas e colunas.

Conforme ressaltado por Florenzano (2011), a integração dos SIGs com técnicas de sensoriamento remoto, usando imagens de satélite, facilita o desenvolvimento de estudos regionais e integrados. Isso é possível por meio da manipulação de dados georreferenciados provenientes de diversas fontes, revelando-se eficiente para a identificação de diversas atividades antrópicas ocorridas em uma localidade específica de interesse.

Desse modo, a utilização de SIGs na região de Chaco em Porto Murtinho/MS revela-se de extrema importância diante da complexidade do ambiente geográfico local. Esses sistemas proporcionam uma abordagem integrada para o manejo e análise de dados geoespaciais, permitindo uma compreensão mais aprofundada das características ambientais, ecossistemas e dinâmicas territoriais. Na região do Chaco, que abriga uma diversidade única de fauna e flora, além de apresentar desafios específicos de uso do solo, os SIGs oferecem uma ferramenta valiosa para a tomada de decisões informadas em questões de gestão ambiental, planejamento territorial e monitoramento de mudanças geográficas ao longo do tempo.

Ao integrar dados provenientes de diversas fontes e empregar técnicas avançadas de geoprocessamento, os SIGs proporcionam uma visão holística e fundamentada, essencial para promover o desenvolvimento sustentável e a preservação dos recursos naturais na região.

Ao incorporar geotecnologias na pesquisa de saneamento, é possível obter uma compreensão mais profunda e abrangente da distribuição espacial das infraestruturas sanitárias, identificando áreas com deficiências e propondo soluções específicas. O geoprocessamento permite a análise de dados geoespaciais, contribuindo para a identificação de tendências e padrões que influenciam diretamente a gestão do saneamento.

O uso eficiente de geotecnologias no saneamento não apenas eleva a qualidade dos serviços prestados à comunidade, mas também fortalece a resiliência das infraestruturas diante de desafios ambientais e sociais. Assim, esta pesquisa não apenas contribui para a compreensão aprofundada da realidade local, mas também proporciona as bases para a implementação de políticas públicas mais eficazes, promovendo um crescimento local equitativo e sustentável.

Nesse contexto, o propósito da pesquisa é evidenciar a relevância da investigação sobre a aplicação de Geotecnologias no âmbito do saneamento na região de Porto Murtinho/MS.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

Conforme autores como Severino (2007), Cervo, Vervian e Silva (2007) e Gil (2002, 2008), a pesquisa bibliográfica envolve dados passados, ou seja, registros realizados por estudos anteriores que servem como base para o pesquisador compreender determinado tema ou problema. Segundo os autores, esses estudos podem ser decorrentes de conteúdos publicados em formato de livros, artigos científicos, teses, dissertações.

Já Marconi e Lakatos (2010, p. 166) compreendem uma ampliação dessas fontes, pois a pesquisa bibliográfica, também conhecida como pesquisa de fontes secundárias, engloba toda a bibliografia previamente divulgada relacionada ao tema de estudo. Isso inclui uma ampla variedade de fontes, como publicações avulsas, boletins, jornais, revistas, livros, pesquisas, monografias, teses, material cartográfico, entre outros. O propósito dessa abordagem é permitir que o pesquisador tenha acesso direto a todo o material escrito, falado ou filmado sobre um determinado assunto, abrangendo inclusive conferências seguidas de debates que tenham sido transcritos de alguma forma, seja por publicação ou gravação.

A sistematização eficaz das informações contribui não apenas para a compreensão aprofundada do campo de estudo, mas também para a formulação de conclusões substanciais e a identificação de lacunas que possam orientar futuras investigações. Dessa maneira, a seleção e análise criteriosas dos materiais são fundamentais para assegurar a qualidade e robustez da pesquisa bibliográfica em Geotecnologias aplicadas ao saneamento na região de Porto Murtinho.

Dessa forma, para fundamentar este capítulo, por meio de revisão bibliográfica, serão examinados estudos que utilizaram geotecnologias na análise de aterros sanitários e Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs). Adicionalmente, serão destacados avanços estratégicos essenciais para o desenvolvimento regional, como a Rota Bioceânica, ressaltando a importância de explorar de forma eficaz as geotecnologias. Estas tecnologias possuem o potencial de impactar de forma significativa a melhoria da eficiência e eficácia das práticas relacionadas ao saneamento. A gestão eficaz do saneamento em Porto Murtinho/MS, alvo deste estudo (Figura 1), desempenha um papel crucial na promoção da qualidade de vida, preservação ambiental e avanço socioeconômico local.

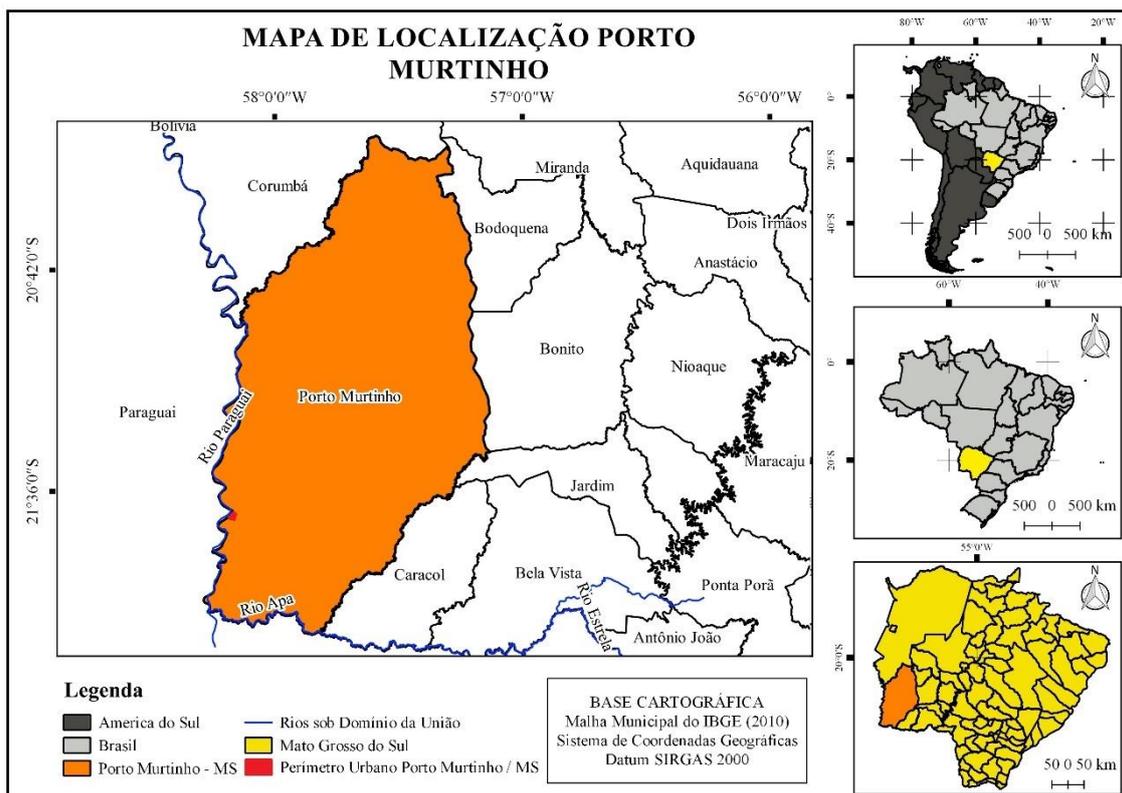


Figura 1. Localização do município de Porto Murtinho –MS.

1.3 RESULTADO E DISCUSSÃO

As geotecnologias compreendem soluções integradas, formando conjuntamente ferramentas poderosas para a tomada de decisões. Esses elementos combinados proporcionam recursos valiosos para análise, interpretação e gestão de informações espaciais, contribuindo significativamente para a eficácia na tomada de decisões em diferentes contextos (ROSA, 2005).

Além disso, desempenham um papel fundamental no setor de saneamento, contribuindo de maneira significativa para a eficiência, planejamento e monitoramento de ações relacionadas ao abastecimento de água, tratamento de esgoto e gestão dos recursos hídricos. O uso dessas tecnologias oferece uma série de benefícios que impactam positivamente a qualidade dos serviços e a sustentabilidade ambiental.

O saneamento básico compreende o conjunto de atividades voltadas para o tratamento e distribuição de água, o manejo adequado do esgotamento sanitário e a disposição correta dos resíduos sólidos. Para a prestação eficiente desses serviços, é imperativo que municípios e estados realizem investimentos conjuntos na construção de infraestruturas complexas, que demandam engenharia de grande escala. Esses

empreendimentos incluem a edificação de estações de tratamento de água, instalação de redes de distribuição de água e saneamento, bem como a implementação de adutoras para transportar a água a longas distâncias (LEONETI; PRADO; OLIVEIRA, 2011).

A gestão racional dos recursos hídricos requer a colaboração de diversos agentes, incluindo cidadãos, autoridades governamentais e empresas responsáveis pela administração do saneamento básico. O contínuo desenvolvimento econômico e o aumento populacional global intensificam a demanda por água potável a cada ano, resultando em sua crescente escassez e reduzida acessibilidade à sociedade. Em virtude da finitude desse recurso, sua escassez é objeto de estudo há considerável tempo, refletindo a significativa preocupação das autoridades em relação à sobrevivência das futuras gerações (SEKYERE, *et.al*, 2020).

Observa-se, portanto, a importância da gestão racional desses recursos. O gerenciamento eficaz do saneamento na região de Porto Murtinho/MS, foco de estudo do presente trabalho, desempenha um papel crucial para promover qualidade de vida, sustentabilidade ambiental e desenvolvimento socioeconômico da região. O adequado tratamento e distribuição de água, a correta disposição de resíduos sólidos e o manejo eficiente do esgotamento sanitário são aspectos fundamentais que impactam diretamente a saúde da população e a preservação do meio ambiente.

A implementação eficiente de aterros sanitários e Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) é vital para promover práticas sustentáveis no gerenciamento de resíduos e preservação ambiental. Nesse contexto, as geotecnologias desempenham um papel crucial, proporcionando ferramentas avançadas que otimizam o planejamento, seleção de locais e gestão dessas infraestruturas.

No que diz respeito aos aterros sanitários, as geotecnologias contribuem para a identificação de locais que atendam a critérios ambientais e legais. Utilizando análises multicritério e dados espaciais, é possível considerar fatores como proximidade de áreas urbanas, cursos d'água, áreas de preservação permanente, dentre outros. Isso não apenas garante a conformidade com regulamentações, mas também reduz os impactos negativos sobre o meio ambiente.

Estudos apontam, como pode ser observado nos parágrafos seguintes, que o uso integrado de geotecnologias na implementação de aterros sanitários e ETEs não apenas agrega eficiência ao processo, mas também contribui para o desenvolvimento de práticas ambientalmente responsáveis, promovendo a gestão sustentável de resíduos e a preservação dos ecossistemas.

Campos (2018) realizou uma análise exploratória utilizando-se de metodologias de geoprocessamento aplicado e métodos de análise espacial multicritério em um ambiente de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para avaliar a seleção de áreas potenciais para implantação de aterro sanitário no município de Esmeraldas/MG. O autor concluiu que as técnicas de análises multicritério se mostraram como ferramentas eficazes, rápidas e adequadas para realização das análises espaciais que contribuíram com o poder público municipal no sentido de gerar opções economicamente viáveis a fim de atender as exigências legais existentes no setor de saneamento urbano e meio ambiente.

Bortolatto e Ahlert (2012), utilizando ferramentas de geoprocessamento, identificaram potenciais locais para a construção de um aterro sanitário no município de Bento Gonçalves/RS. Perceberam a necessidade ao considerarem alternativas para a disposição final adequada dos resíduos sólidos urbanos e diante do crescimento populacional na região. Afirmou que ainda que existam áreas tecnicamente viáveis para construção de um aterro em Bento Gonçalves, não seria recomendado a destinação de áreas para esta finalidade, dadas outras características geográficas e potencialidades. Assim, a opção de transportar os resíduos para locais fora do município, procedimento adotado pelo município, se constitui como uma solução de razoável adequabilidade, considerando a falta de áreas que possam receber um aterro sanitário com poucas restrições.

Nesse sentido, Clístenes *et.al* (2018) realizou o monitoramento ambiental com uso de geoprocessamento no aterro sanitário localizado em Marituba (PA). Os autores ressaltaram que o descarte de resíduos na região metropolitana de Belém ocorria a céu aberto no Lixão do Aurá. Contudo, com o encerramento desse local, deu-se início ao aterro sanitário de iniciativa privada de Marituba, em conformidade com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), estabelecida pela Lei 12.305 de 2010. Verificaram que o local do ponto de vista ambiental, não é apropriado, já que o terreno não suporta as 1,8 mil toneladas/dia de lixo da Região Metropolitana e recomendaram um local com características ambientais favoráveis a instalação deste tipo de empreendimento, levando em conta também que há população residente nas adjacências, bem como unidades de conservação e outras formas de recursos naturais que precisam ser preservados e conservados para atuais e futuras gerações.

Schwarzer (2023) utilizou o geoprocessamento aplicado ao mapeamento geotécnico para avaliar aterros sanitários na microbacia hidrográfica do Arroio Pesqueiro, Viamão/RS. Para tanto, fez um levantamento de variáveis do meio físico a fim de

compreender a dinâmica do terreno e aprofundou as investigações sob uma perspectiva geotécnica em escala local. Ao correlacionar as informações geomorfológicas com as geológicas, pedológicas, hidrogeológicas e climáticas, elaborou mapa geotécnico que demarca as unidades morfoestratigráficas em conjunto com a aptidão para a instalação de aterros sanitários, classificada predominantemente como severa na Microbacia. Por último, conclui sobre o elevado potencial de impacto ambiental de uma eventual contaminação, ressaltando a importância de considerações cuidadosas em relação à instalação de infraestruturas desse tipo.

Carrilho, Candido e Souza (2018) aplicaram técnicas de geoprocessamento para identificar locais propícios para a construção de um aterro sanitário municipal em Conceição Alagoas/MG, com o intuito de mitigar os impactos ambientais decorrentes da disposição inadequada de resíduos. Concluíram que o geoprocessamento se mostrou uma ferramenta eficaz e de baixo custo na determinação de áreas adequadas para a implantação de aterro sanitário e encontram seis áreas adequadas para a sua instalação.

Carmo, Nobre e Ruiz- Esparza (2016) avaliaram a adequabilidade das áreas que foram escolhidas para a construção dos aterros sanitários no Estado do Sergipe. Com base nos resultados obtidos por meio das ferramentas de geoprocessamento nas análises para confirmar a viabilidade da construção dos aterros sanitários do Centro de Gerenciamento de Resíduos de Rosário do Catete e do Polo de Gerenciamento de Resíduos Itacanema, observaram que, com base nos critérios avaliados, os resultados foram satisfatórios. No entanto, constataram que a escolha do local para a instalação de ambos os aterros não foi adequada em relação ao distanciamento de 2000 metros da sede municipal, o que pode gerar desconforto à população urbana devido aos odores gerados por essa atividade e à possibilidade de vetores de doenças.

Nesse contexto, deixaram evidente que as ferramentas de geoprocessamento desempenharam um papel fundamental na avaliação e definição de áreas destinadas à construção de aterros sanitários, contribuindo para garantir a preservação do meio ambiente e a proteção da saúde pública.

Matsuoka e Fernandes (2018) discutiu a implementação de um Sistema de informações geográficas (SIG) para o monitoramento do aterro sanitário de Monte Carmelo/MG utilizando o aplicativo *Mobile Topographer* para coletar os pontos necessários ao georreferenciamento da planta do aterro e fez a modelagem conceitual do banco de dados. A partir de *software* livre e gratuito, tabelas com os atributos foram criadas para cada camada. Além disso, um mapa de uso e cobertura do solo foi gerado

com base em imagens do satélite RapidEye, assim como um mapa de declividade utilizando dados do SRTM. Através do trabalho concluiu que a implementação desse sistema facilitará o gerenciamento dos dados do aterro, tais como: volume de lixo que entra, quantidade de caminhões dispostos, quantidade de gás gerado em cada chaminé, qualidade da água dos lençóis analisados, volume dos platôs, atualização dos levantamentos topográficos da área, quantidade de chorume gerado, entre outros.

Gross e Rossete (2011) avaliaram áreas para a instalação de aterro sanitário no município de Nova Xavantina/MT. Para determinar as áreas adequadas para a construção do aterro sanitário, consideraram critérios ambientais, legais e econômicos, empregando técnicas de geoprocessamento para a integração e análise dos dados. A partir de cartas topográficas em escala de 1:100.000, foram obtidos e utilizados os dados altimétricos para gerar as classes de declividade por meio do *software SPRING*. As variáveis, como hidrografia, zona urbana, aeroporto, terreno indígena, zona de conservação, pedologia e geologia, foram digitalmente recortadas no *software ArcGIS*, delimitando-se pelos limites do município de Nova Xavantina. Em seguida, geraram *buffers* com distâncias específicas para cada variável, utilizando o *software ArcGIS* que possibilitou a geração do mapa de áreas aptas para a instalação de aterro sanitário, abrangendo 57.556,70 hectares, o que representa 10,41% da área total do município. Por outro lado, as áreas não aptas somam 495.143,30 hectares, correspondendo a 89,5% da extensão total do município de Nova Xavantina.

Ademais, alguns trabalhos encontrados na literatura, conforme descrito abaixo, demonstraram que no caso das ETEs, as geotecnologias permitem a análise detalhada das características do terreno, como declividade e proximidade de corpos d'água, influenciando na escolha do local mais apropriado.

Além disso, os SIGs facilitam a integração de dados sobre padrões de uso do solo e densidade populacional, fornecendo informações cruciais para o dimensionamento adequado da estação e a minimização do impacto ambiental.

Ribeiro, Correa, Carvalho e Filho (2018) avaliaram a possibilidade da identificação de áreas propícias à instalação de estações de tratamento de esgoto (ETE), no Município de Coronel Sapucaia (MS), utilizando álgebra de mapas (gvSIG versão 2.2, um *software gratuito*). Como produto obtiveram a Carta de Aptidão à Instalação de ETE para o Município e selecionaram a propriedade com área necessária para abrigar a estação de tratamento com menor custo de aquisição. Concluíram que as técnicas utilizadas facilitaram o mapeamento inicial para pré-seleção de áreas propícias ao empreendimento,

caracterizando-as como uma ferramenta útil e de baixo custo para auxílio à tomada de decisão.

Santos e Matsuoka (2021) destacaram que o tratamento do esgoto doméstico por parte do poder público é um problema eminente e, portanto, demonstram que é possível realizar a identificação e o planejamento de áreas aptas a implantação de Estações de Tratamento de Esgoto (descentralizadas), ou seja, como menor porte e atendimento limitado, para atender pequenas cidades como o município de Monte Carmelo-MG e o distrito de Celso Bueno, utilizando métodos simples e tecnológicos. Para gerar os mapas utilizaram os seguintes critérios: declividade do terreno, vegetação, tipos de solo e densidade urbana e utilizaram o *software* livre de geoprocessamento QGIS 3.12. Tiveram como resultado final um mapa mostrando as áreas aptas à implantação das ETEs que consideraram coerente ao ser confrontado com as exigências para a implantação das estações.

Ribeiro, Paranhos Filho e Costa (2015), em sua pesquisa, ressaltaram que no Brasil o sistema de esgotamento sanitário predominantemente adotado refere-se ao sistema de separador absoluto, que consiste apenas na captação de esgoto sanitário e que para assegurar o sucesso do sistema de separador absoluto, é imperativo implementar um controle eficiente que evite a entrada de água pluvial, especialmente proveniente de telhados e pátios, no sistema de coleta. Desse modo, abordaram a composição da base SIG no *software livre gvSIG 1.12*, no município de Três Lagoas-MS, com ênfase no mapeamento dos pontos de extravasamento da rede coletora de esgoto em vias públicas.

O procedimento possibilitou a avaliação da bacia de contribuição a montante do ponto de transbordamento e a verificação da capacidade de escoamento da rede coletora a jusante, visando determinar as possíveis causas do evento. Por último, destacaram a importância da estruturação do Sistema de Informações Geográficas (SIG) e a espacialização de dados para a avaliação e análise do problema em estudo de forma especializada, pois a presença das informações em um banco de dados georreferenciado permitiu uma avaliação abrangente, considerando diversos critérios, como o uso e ocupação do solo, quantidade de economias, área contribuinte e fatores ambientais.

Oliveira (2018) defendeu que as utilizações de Geotecnologias obtidas de forma gratuita podem auxiliar na seleção de áreas urbanas adequadas a instalação de possíveis Estações de Tratamento de Esgotos (ETE's) descentralizadas e que este tipo de tratamento pode evitar a necessidade de grandes sistemas de coleta, além de reduzir as cargas poluentes direcionadas a um único corpo receptor. Através do trabalho definiu uma zona

ideal realizando distanciamento de vias e zonas de drenagem e, em seguida, com a utilização de *softwares* gratuitos, selecionou manualmente vinte áreas de acordo com critérios pré-estabelecidos. Representou as zonas através de mapas temáticos e destacou as zonas periféricas em que a destinação do esgoto doméstico é inadequada.

Sasaki (2019) menciona que na instalação de uma ETE, diversos fatores são considerados, como a disponibilidade de áreas e sua localização em relação ao ponto de geração dos esgotos. Nesse contexto, defende que a utilização de ferramentas, como as geotecnologias, torna esse processo mais ágil e prático e estabeleceu critérios para a instalação de uma ETE e, por meio do geoprocessamento, a fim de gerar um mapa que permitisse a localização espacial das melhores áreas para a construção dessa estação. O município de estudo foi Custódia, situado no Sertão Pernambucano, onde não existe Estação de Tratamento de Esgoto. Os resultados indicaram que as áreas mais propícias estão localizadas ao norte do município, principalmente devido ao relevo da região.

Brito (2022) empregou *softwares* livres e gratuitos de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) para criar um banco de dados com áreas potenciais no município de Baraúna – RN que atendessem aos critérios para a instalação de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) do tipo lagoa de estabilização. O estudo abrangeu a avaliação de diversas áreas no município com aptidão para a implantação de ETEs do tipo lagoa de estabilização, a definição de critérios ambientais e sociais alinhados às necessidades de implantação de uma ETE desse tipo, bem como o desenvolvimento de cartas e mapas com os dados obtidos ao longo da pesquisa. O *software* QGIS foi utilizado para processar os dados, o que demonstrou eficácia na criação de um banco de dados, contribuindo significativamente para a tomada de decisões relacionadas à instalação de ETEs do tipo lagoa de estabilização.

Os trabalhos mencionados anteriormente, que empregaram geotecnologias na implementação de aterros sanitários e na instalação de estações de tratamento de esgoto, não abordaram a região de Porto Murtinho/MS. Essa lacuna em pesquisas específicas para essa localidade destaca a necessidade premente de estudos voltados para essa região específica.

A região de Porto Murtinho apresenta características ambientais distintas e desafios únicos em relação ao saneamento ambiental. A ausência de trabalhos prévios nessa área específica indica a urgência e a relevância de pesquisas direcionadas, considerando as particularidades do Chaco e as demandas locais relacionadas à gestão de resíduos sólidos e ao tratamento de esgoto.

Dessa forma, a realização de estudos que empreguem geotecnologias na implementação de aterros sanitários e na instalação de estações de tratamento de esgoto em Porto Murtinho, considerando as características específicas do Chaco, se mostra essencial. Essa abordagem específica não apenas contribuirá para o avanço do conhecimento científico na área, mas também fornecerá subsídios cruciais para o desenvolvimento de soluções eficazes e sustentáveis em termos ambientais e sociais para essa região específica.

Porto Murtinho destaca-se como um município singular, apresentando características distintas tanto do ponto de vista socioeconômico quanto ambiental. A trajetória econômica da região passou por quatro fases significativas, iniciando-se com a exploração da erva-mate, seguida pela extração do tanino e, posteriormente, pela atividade pesqueira, com a pecuária desenvolvendo-se concomitantemente. A sua origem remonta à formação da Companhia Mate Laranjeira, que se estruturou como sociedade por ações. A localização estratégica às margens do Rio Paraguai foi determinante para a escolha do local como ponto de implantação de um porto, facilitando o escoamento da erva-mate para o mercado internacional (BENITES, 2019).

A construção desse porto foi acompanhada por outras iniciativas de infraestrutura e logística, visando otimizar a cadeia produtiva da erva-mate. A exportação desse produto para a Argentina, principal consumidora, foi viabilizada a partir desse porto. A designação do município homenageou Joaquim Murtinho, ministro da fazenda durante o mandato do presidente Campos Sales (1898-1902), refletindo sua relevância política e influência. A emancipação político-administrativa ocorreu em 13 de junho de 1912, e durante o ano de 1943, Porto Murtinho integrou o Território Federal de Ponta Porã, o qual foi extinto em 1946 (BENITES, 2019).

Porto Murtinho está entre os municípios brasileiros com maior superfície territorial. É o segundo maior município em extensão territorial do estado, com 17.744,41 Km² e densidade populacional de 0,91 hab/Km². Integra a Microrregião do Baixo Pantanal (SEMADE, 2016) e as sete cidades-gêmeas do estado, na fronteira com o Paraguai e com a Bolívia, conforme portaria do Ministério da Integração Nacional (Portaria nº 213, de 19 de julho de 2016).

O Chaco ocupa a região e as planícies das áreas centro norte da Argentina, do Oeste paraguaio e do Sudeste boliviano (BIANCHI *et al.*, 2000), mas segundo outros estudiosos como Caputo e Silva (2010) o Brasil estaria inserido junto a esses países, com aproximadamente 1.000.000 Km².

O Chaco apresenta dois domínios distintos: o Leste, caracterizado por maior umidade, e o Oeste, de clima mais seco. Entre esses domínios, existe uma extensa planície submeridional com uma longa depressão (LEWIS, 1991).

As características das formações vegetais típicas do Chaco incluem uma predominância de vegetação arbustiva, decídua, micrófila e espinescente, geralmente em solos salinos e frequentemente acompanhadas por florestas de galeria. Essencialmente, o Chaco é classificado como uma Savana-Estépica, compartilhando semelhanças notáveis com outros biomas de savanas, como o Cerrado e a Caatinga. Esses biomas formam a chamada diagonal seca na América do Sul, começando com o Chaco na Argentina, estendendo-se pelo Chaco no Paraguai e Brasil, e continuando para o nordeste, abrangendo o centro do território nacional com o Cerrado e finalizando com a Caatinga (PEREIRA, ENCINA, PESSI, PARANHOS FILHO, 2023).

Além disso, a cidade de Porto Murtinho/MS é rota do Corredor Bioceânico. O Corredor Rodoviário Bioceânico teve seu início com a cúpula de presidentes da América do Sul, tendo como objetivo a construção de uma cooperação estatal e integração do continente sul-americano, conhecido inicialmente como Integração da Infraestrutura regional (Iirsa), para que compusesse um corredor ou uma rota de integração com escoamento da produção desses países pelo Oceano Pacífico, assim minimizando custos operacionais, financeiros, integração do continente e também diminuindo o trajeto para Ásia, logo, diminuição de tempo para chegada da produção (ASATO, 2019).

Porto Murtinho se beneficiará com a rota proporcionando o crescimento local da região. Esse avanço será potencializado pela localização estratégica do município, favorecendo o turismo, e pela logística, que será fortalecida pela construção de uma ponte binacional conectando Porto Murtinho a Carmelo Peralta, no Paraguai, encurtando a distância aos portos do Pacífico, no Chile (ASATO, 2019).

O Corredor Bioceânico abrange quatro países: Brasil, Paraguai, Argentina e Chile. Antecipa-se um aumento significativo na demanda turística ao longo do percurso do Corredor, uma vez que as atividades turísticas se entrelaçam com diversos aspectos do desenvolvimento, incluindo atividades econômicas, sociais e ambientais. Contudo, é importante reconhecer que o desenvolvimento do turismo na região pode acarretar riscos, como a perda de conhecimentos culturais, transformações na paisagem e possíveis impactos ambientais (NOGUEIRA, 1990; LEITE, 2003; FERNANDES, 2002; BARROS, 1998).

A implementação do Corredor Bioceânico representa uma perspectiva auspiciosa para o crescimento local da cidade de Porto Murinho. Esse acesso mais eficiente e rápido aos portos promoverá o desenvolvimento logístico da região, incentivando atividades comerciais e aumentando as oportunidades de negócios que emergirá como um catalisador para o seu crescimento sustentável, promovendo uma transformação positiva na economia local e fortalecendo os laços regionais.

Verifica-se, portanto, que a região necessitará de políticas públicas e tomadas de decisões assertivas com relação a sua infraestrutura básica, observado o futuro crescimento populacional fixo e flutuante do local, necessitando desta maneira de um sistema de saneamento que seja capaz de suprir o aumento de geração de esgoto doméstico e de resíduos sólidos e no consumo de água potável, em que as geotecnologias podem auxiliar de forma qualitativa locais propensos para estes avanços necessários de engenharia no município.

Evidencia-se que a pesquisa sobre a aplicação de geotecnologias no saneamento é crucial, pois proporciona uma abordagem avançada para aprimorar a gestão dos serviços sanitários. Ao utilizar geotecnologias é possível mapear com precisão as infraestruturas relacionadas ao saneamento, identificar áreas prioritárias com necessidades específicas e monitorar impactos ambientais.

Essas ferramentas não apenas facilitam a tomada de decisões informadas e eficientes, mas também contribuem para o planejamento urbano sustentável, a resposta a emergências e o avanço da inovação tecnológica no setor. A pesquisa nesse campo não só aprimora as práticas existentes, mas também oferece uma visão abrangente para lidar com desafios complexos, promovendo um ambiente mais saudável e sustentável para as comunidades.

A partir da revisão realizada foi possível elaborar a Tabela 1, que demonstra de forma resumida, a abrangência geográfica, o programa utilizado, os critérios empregados, a metodologia geral e alguns resultados dos autores abordados neste capítulo.

Tabela 1. Resumo dos resultados obtidos a partir da revisão sistemática sobre os estudos de geotecnologias aplicadas ao saneamento.

Autor (Ano)	Abrangência Geográfica	Programa Utilizado	Crítérios empregados	Metodologia Geral	Alguns Resultados
Bortolatto e Ahlert (2012)	Município de Bento Gonçalves/RS	Idrisi 32, Cartalinx 1.2, Envi 4.1 e CorelDraw X3	Distância mínima da rede hídrica; Afastamento das vias de tráfego; Limite político do município; Declividade; Distância mínima e máxima da mancha urbana consolidada; Solos; Caráter turístico.	O geoprocessamento e o sensoriamento remoto foram utilizados como recurso principal na busca de um local adequado, para a construção de um aterro sanitário.	A análise indica que a região mais adequada para o aterro está ao norte da área urbana, apesar da existência de atividades conflitantes. Diante da escassez de áreas apropriadas, o transporte e destinação dos resíduos para outra localidade é uma alternativa viável, embora possa implicar em custos elevados.
Brito (2022)	Município de Baraúna/RN	QGIS	Distância da área urbana e urbanizável; Áreas de Preservação Permanente (APP); Zonas de domínio de rodovias, linhas de transmissão, dutos de petróleo; Declividade; Pedologia.	A montagem do banco de dados que serviu de base para o SIG foi feita com informações livres e gratuitas, obtidas de órgãos oficiais, após sua criação, foram aplicados os critérios para delimitar as áreas que podem receber uma ETE.	O estudo concluiu que o município de Baraúna – RN tem diversas áreas que atendem aos critérios técnicos para instalação de uma ETE do tipo lagoa de estabilização. As cartas e mapas elaborados serviram para auxiliar na tomada de decisões e no planejamento de novas etapas da execução dos projetos.
Campos (2018)	Município de Esmeralda/MG	SPRING e ArcGis	Declividade; Estradas; Manchas Urbanas; Tipos de Solos; Geologia; APP de Drenagem.	Geoprocessamento aplicado e métodos de análise espacial multicritério em um ambiente de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para avaliar a seleção de áreas potenciais para implantação de aterro sanitário.	Foram determinadas áreas propícias para a implantação de aterro sanitário no município de Esmeraldas/MG. Foram desenvolvidas alternativas economicamente sustentáveis para cumprir os requisitos legais pertinentes ao saneamento urbano e meio ambiente.
Carmo, Nobre e Ruiz-Esparza (2016)	Municípios de Maruim, Rosário do Catete e Nossa Senhora do Socorro/SE	Global Mapper e ArcGIS 10.1	Distância mínima de corpos d'água; Distância mínima de núcleos populacionais; Distância mínima de áreas urbanas; Distância mínima das estradas; Tipo de solo; Topografia.	Por meio das ferramentas de geoprocessamento, os mapas gerados, considerando as características dos municípios e os critérios restritivos foi possível avaliar a adequabilidade da seleção dos locais escolhidos para a instalação dos aterros sanitários em estudo.	Constataram que a escolha do local para a instalação de ambos os aterros não foi adequada em relação ao distanciamento da sede municipal, o que pode gerar desconforto à população urbana devido aos odores gerados por essa atividade e à possibilidade de vetores de doenças.

Autor (Ano)	Abrangência Geográfica	Programa Utilizado	Critérios empregados	Metodologia Geral	Alguns Resultados
Carrilho, Candido e Souza (2018)	Município de Conceição Alagoas/MG	Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL)	Tamanho da área e tempo de vida útil do aterro sanitário; Proximidade da zona de coleta; Afastamento mínimo de zonas residenciais; Distância de nascentes, corpos d'água e rios; Concordância com as leis ambientais.	Aplicação de técnicas de geoprocessamento para identificar locais propícios para a construção de um aterro sanitário municipal.	Concluíram que o geoprocessamento se mostrou uma ferramenta eficaz e de baixo custo na determinação de áreas adequadas para a implantação de aterro sanitário e encontram seis áreas adequadas para a sua instalação.
Clístenes <i>et.al</i> (2018)	Município de Marituba/PA	ArcGIS	Proximidade da área urbana; Unidades de Conservação;	O geoprocessamento envolveu a digitalização das áreas antes e após a instalação do aterro sanitário, juntamente com o uso de sensoriamento remoto para identificar possíveis mudanças ambientais e feições geoambientais impactadas pela atividade humana, nas áreas de influência do projeto.	Constatou-se a inadequação do local para a disposição da quantidade diária de resíduos. Recomendou-se a busca por um novo local com condições ambientais adequadas.
Gross e Rossete (2011)	Município de Nova Xavantina/MT	SPRING e ArcGIS	Hidrografia; Declividade; Zona urbana; Aeroporto; Terra indígena; Zona de conservação; Pedologia; Geologia; Economia.	Para a definição das áreas a instalação de aterro sanitário utilizou-se de critérios ambientais, legais e econômicos utilizando técnicas de geoprocessamento para integração dos dados e análise.	Com a sobreposição das diversas variáveis ambientais foi possível a criação do mapa de áreas aptas para instalação de aterro sanitário que representam aproximadamente 10,41% do total da área do município. Pode-se dizer que existe uma grande oferta de áreas para a locação de um futuro aterro sanitário, não sendo necessário a manutenção de um aterro em áreas não aptas.
Matsuoka e Fernandes (2018)	Município de Monte Carmelo/MG	Mobile Topographer, QGIS e AutocadMap	Camadas referentes ao levantamento planimétrico (casa, PVs, piezômetro, biogás, limites, platôs, rodovia, represas, etc); Uso e cobertura do solo; Declividade.	Foi realizada a modelagem conceitual e a implementação de um Sistema de Informações Geográficas (SIG) para auxiliar no gerenciamento do aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos.	Concluiu que a implementação desse sistema facilitará o gerenciamento dos dados do aterro, tais como: volume de lixo que entra, quantidade de caminhões dispostos, quantidade de gás gerado em cada chaminé, qualidade da água dos lençóis analisados, volume dos platôs, atualização dos levantamentos topográficos da área, quantidade de chorume gerado, entre outros.

Autor (Ano)	Abrangência Geográfica	Programa Utilizado	Critérios empregados	Metodologia Geral	Alguns Resultados
Oliveira (2018)	Município de Mossoró/RN	QGIS 2.18.23	Perímetro urbanizável; Zonas de drenagem; Zonas de baixa elevação.	Geotecnologias obtidas de forma gratuita auxiliaram na seleção de áreas urbanas adequadas a instalação de possíveis Estações de Tratamento de Esgotos (ETE's) descentralizadas. Representou as zonas através de mapas temáticos e destacou as zonas periféricas em que a destinação do esgoto doméstico é inadequada.	Definiu-se uma zona ideal realizando distanciamento de vias e zonas de drenagem e, em seguida, selecionou manualmente vinte áreas de acordo com critérios pré-estabelecidos.
Ribeiro, Correa, Carvalho e Paranhos Filho (2018)	Município de Coronel Sapucaia/MS	gvSIG 2.2 e WRPLOT View	Cursos d'água; Estradas; Uso e ocupação do solo; Distância máxima exequível; Declividade; Solos; Distância do perímetro urbano.	Utilizou-se um <i>software</i> gratuito, alguns dos critérios levados em consideração pelos tomadores de decisão para locação de uma ETE foram representados em cartas temáticas permitindo sua visualização espacial, possibilitando uma operação matemática, utilizando-se dos mapas como parâmetros em equações (Álgebra de Mapas) de forma a auxiliar na tomada de decisão.	Obtiveram a Carta de Aptidão à Instalação de ETE para o Município e selecionaram a propriedade com área necessária para abrigar a estação de tratamento com menor custo de aquisição.
Ribeiro, Paranhos Filho e Costa (2015)	Município de Três Lagoas/MS	gvSIG 1.12	Planialtimetria (ruas, quadras, interferências, rede de esgoto, rede de água, rede de drenagem, rede de energia e topografia); Bacia de contribuição.	Composição da base SIG com foco no mapeamento dos pontos de extravasamento da rede coletora de esgoto em vias públicas.	O estudo permitiu avaliar a bacia de contribuição a montante do ponto de transbordamento e verificar a capacidade de escoamento da rede coletora a jusante, de forma a determinar as prováveis causas do evento. Com a caracterização de consumo das residências especializadas, ficou facilitada a análise da quantidade de esgoto gerado em sua bacia de contribuição, descartando a hipótese de que o coletor não tem capacidade de escoamento do mesmo, demonstrando deste modo que a teoria de que os transbordamentos ocorrem devido às contribuições parasitárias.

Autor (Ano)	Abrangência Geográfica	Programa Utilizado	Crítérios empregados	Metodologia Geral	Alguns Resultados
Santos e Matsuoka (2021)	Município de Monte Carmelo/MG e o distrito de Celso Bueno	QGIS 3.12	Declividade; Vegetação; Solos; Densidade urbana.	Utilizando métodos simples e tecnológicos foram gerados os mapas referentes aos critérios empregados.	Como resultado final obtiveram um mapa mostrando as áreas aptas à implantação das ETEs que foi considerado coerente ao ser confrontado com as exigências para a implantação das estações.
Sasaki (2019)	Município de Custódia/PE	QGIS	Proximidade à rede de drenagem; Proximidade aos reservatórios; Proximidade à infraestrutura urbana; Declividade; Distância máxima até infraestruturas urbanas; Distância máxima até rodovias existentes.	Utilizando geotecnologias obtidas de forma gratuita foram selecionados seis critérios, sendo excludentes e não excludentes. Dessa forma, gerou-se um mapa que apresenta as áreas mais adequadas para instalação de uma ETE, considerando todos os critérios.	Estabeleceram-se critérios para identificar espacialmente e de forma rápida as áreas que apresentam melhores características para instalação de uma ETE. Estes critérios permitiram que o produto gerado, abrangesse diferentes categorias, tanto sociais como econômicas, que por sua vez resultam em um estudo de viabilidade simplificado.
Schwarzer (2023)	Microbacia hidrográfica do Arroio Pesqueiro, Viamão/RS	ArcGIS 10.5.1 e QGIS 3.22.4	Substrato Rochoso; Material Inconsolidado; Águas; Processos; Relevo; Clima	Levantamento de variáveis do meio físico a fim de compreender a dinâmica do terreno e investigações geotécnicas em escala local. A correlação entre informações geomorfológicas, geológicas, pedológicas, hidrogeológicas e climáticas permitiu a elaboração de um mapa geotécnico, identificando unidades morfoestratigráficas e a aptidão para instalação de aterros sanitários.	O estudo previu que havendo contaminação do aterro sanitário, o impacto ambiental na microbacia acarreta em danos difíceis de serem revertidos, sendo necessário alto investimento financeiro. Por último, conclui sobre o elevado potencial de impacto ambiental de uma eventual contaminação, ressaltando a importância de considerações cuidadosas em relação à instalação de infraestruturas desse tipo.

1.4 CONCLUSÃO

O estudo das geotecnologias aplicadas ao saneamento na região de Porto Murtinho/MS assume uma importância vital no contexto do desenvolvimento local. O emprego estratégico dessas tecnologias oferece uma abordagem inovadora e eficaz para enfrentar desafios relacionados ao saneamento básico, resultando em benefícios significativos para a comunidade e o crescimento sustentável da região. Ao compreender as complexidades geográficas e as demandas específicas do saneamento local, as Geotecnologias proporcionam ferramentas avançadas para mapeamento, análise e gestão de recursos hídricos, redes de esgoto e distribuição de água.

A discussão de avanços estratégicos torna-se crucial para a identificação de soluções sustentáveis e eficientes, alinhadas às necessidades da população e ao crescimento econômico. O mapeamento detalhado das infraestruturas existentes, combinado com análises geoespaciais, permite a visualização precisa das lacunas no saneamento, facilitando a implementação de medidas corretivas direcionadas. Além disso, a adoção de tecnologias inovadoras, como sistemas de informações geográficas (SIGs), sensoriamento remoto e cartografia, pode oferecer uma visão abrangente e em tempo real das condições sanitárias locais, possibilitando respostas rápidas a eventos críticos e aprimorando a eficiência dos serviços.

Ao explorar e discutir essas avançadas estratégias de Geotecnologias aplicadas ao saneamento, busca-se, fundamentalmente, impulsionar o desenvolvimento sustentável da região de Porto Murtinho. A implementação efetiva dessas tecnologias não apenas aprimora a qualidade de vida dos habitantes locais, mas também contribui para a criação de um ambiente propício ao crescimento econômico, promovendo, assim, um futuro mais saudável e próspero para a comunidade.

1.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASATO, T. A; GONÇALVES, D. F; WILKE, E. P. Perspectivas do Corredor Bioceânico para o Desenvolvimento Local no estado de MS: o caso de Porto Murtinho. **Interações (Campo Grande)**, [S.L.], p. 141-157, 30 jul. 2019. Universidade Católica Dom Bosco. <http://dx.doi.org/10.20435/inter.v20iespecial.2476>.

BARROS, A. de. **Gente pantaneira**: crônicas de sua história. Rio de Janeiro: Lacerda Editores, 1998.

BENITES, M; MAMEDE, S; CENTENO, C. V; ALVES, G. L. Porto Murtinho, Mato Grosso do Sul, e o Corredor Bioceânico: caminhos possíveis para a sustentabilidade

socioambiental. **Interações (Campo Grande)**, [S.L.], p. 267-284, 30 jul. 2019. Universidade Católica Dom Bosco. <http://dx.doi.org/10.20435/inter.v20iespecial.2413>.

BORTOLATTO, G.R; AHLERT, S. **Geotecnologias para a escolha de um local para possível construção de um aterro sanitário em Bento Gonçalves, RS**. 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Siclerio-Ahlert/publication/276059163_Geotecnologias_para_a_escolha_de_um_local_para_pos_sivel_construcao_de_um_aterro_sanitario_em_Bento_Goncalves_RS/links/554f9e7908ae739bdb908681/Geotecnologias-para-a-escolha-de-um-local-para-possivel-construcao-de-um-aterro-sanitario-em-Bento-Goncalves-RS.pdf. Acesso em 14 jan. 2024.

BRITO, A. K. S. **Uso de geotecnologias aplicadas ao saneamento básico: um estudo de caso da delimitação de áreas propícias a implantação de uma ETE em Baraúna – RN**. 2022. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/items/19bf4dc1-d871-4c46-8ea3-debfa34e1021>. Acesso em 17 jan. 2024.

CÂMARA, G.; QUEIROZ, G. R. Arquitetura de sistemas de informação geográfica. In: CÂMARA; G. DAVIS, C.; MONTEIRO, M. V. (ed.) **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: Gilberto Câmara, Clodoveu Davis, Antônio Miguel Vieira Monteiro, 2004. 345p. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>. Acesso em: 1 jan. 2024.

CAMPOS, C. F. Análise exploratória de áreas para a implantação de aterro sanitário: um estudo de caso usando técnicas de geoprocessamento no Município de Esmeraldas – M.G. 2018. **Águas Subterrâneas**, 30(3). <https://doi.org/10.14295/ras.v30i3.29182>.

CARRILHO, A. N; CANDIDO, H. G; SOUZA, A. D. Geoprocessamento aplicado na seleção de áreas para a implantação de aterro sanitário no município de Conceição das Alagoas (MG). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [S.L.], v. 23, n. 1, p. 201-206, fev. 2018. Fap UNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522018142980>.

CARMO, L. O; NOBRE, F. S. de M; RUIZ-ESPARZA, D. P. B. Geoprocessamento como ferramenta para a avaliação de áreas para a construção de aterros sanitários. **Scientia Plena**, [S.L.], v. 12, n. 7, p. 1-14, 20 jul. 2016. Associação Sergipana de Ciência. <http://dx.doi.org/10.14808/sci.plena.2016.075301>.

CLÍSTENES P. C. *et al.* Monitoramento Ambiental COM USO DE GEOPROCESSAMENTO, DO ATERRO SANITÁRIO, LOCALIZADO EM MARITUBA (PA). In: XVI ENEEAMB & LV FLAES, 2018, Palmas. Anais eletrônicos... Campinas, Galoá, 2018. Disponível em: <https://proceedings.science/eneeamb-2018/trabalhos/monitoramento-ambiental-com-uso-de-geoprocessamento-do-aterro-sanitario-localiza?lang=pt-br>. Acesso em: 17 jan. 2024.

CERVO, A. L; VERVIAN, P. A; SILVA, R. **Metodologia Científica**. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

CINQUINI, J. de A.; SILVA, J. S. V.; ABDON, M. M. Identificação de padrões de imagens LANDSAT no período de seca e cheia para interpretação de Savana Estépica (Chaco) e seus contatos florísticos no Pantanal. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE

SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 15., 2011, Curitiba. **Anais [...]**. São José dos Campos, SP: INPE, 2011, p. 3330-3337.

CRÓSTA, A.P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas, SP: IG/UNICAMP, 1999, 170 p.

FERNANDES, F. A. G. **Entre histórias e tererés: o ouvir da literatura pantaneira**. São Paulo: UNESP, 2002.

FLOREZANO, T. G. Geotecnologias na geografia aplicada: difusão e acesso. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 17, p. 24-29, 2011. DOI: <https://doi.org/10.7154/RDG.2005.0017.0002>. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47272/51008>. Acesso em: 1 jan. 2024.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. Atlas, São Paulo, 2002.

GROSS, M. S; ROSSETE, A. N. **Seleção de Áreas para Instalação de Aterro Sanitário, Utilizando Geoprocessamento, no Município de Nova Xavantina, MT**. GEOGRAFIA, Rio Claro, v. 36, n. 3, p. 623-639, set./dez. 2011. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/8463/5956>. Acesso em 16 jan. 2024.

LANG, S; BLASCHE, T. **Análise da Paisagem com SIG**. Tradução: Hermann Kux. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

LEITE, E. F. **Marchas na história: comitivas e peões-boiadeiros no Pantanal**. Brasília: Ministério da Integração Nacional; Campo Grande, MS: UFMS, 2003.

LEONETI, A. B., Prado, E., Oliveira, S. (2011). Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI. **Revista de Administração Pública**. Li, X., Cheng, G., Ge, Y., Li, H., Han, F., Hu, X., . . . Cai, X. (2018). Hydrological Cycle in the Heihe River Basin and Its Implication for Water Resource Management in Endorheic Basins. *Advancing Earth and Space Science*.

MARCONI, M. A; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MATSUOKA, J. V; FERNANDES, N. R. P. **Implementação de um Sistema De Informações Geográficas (SIG) para o monitoramento do aterro sanitário da cidade Monte Carmelo– MG**. GETEC, v.7, n.15, p. 132 - 150/2018. Disponível em: <https://revistas.fucamp.edu.br/index.php/getec/article/view/1366>. Acesso em 17 jan. 2024.

OLIVEIRA, V. L. **Aplicação de geotecnologias para seleção de áreas urbanas destinadas a implantação de estações de tratamento de esgoto descentralizadas em Mossoró**. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/items/d006d560-3240-42d9-85a0-4d287ab38f6b>. Acesso em 17 jan. 2024.

SANTOS, A. C. P; MATSUOKA, J. V. **Identificação de áreas aptas à instalação de estação de tratamento de esgoto descentralizadas no município de Monte Carmelo -**

mg utilizando o método AHP e álgebra de mapas. GETEC, v.10, n.34, p.1-20/2021. Disponível em: <https://revistas.fucamp.edu.br/index.php/getec/article/view/2565>. Acesso em 16 jan. 2024.

MERTIKAS, S. P. *et al.* Environmental applications of remote sensing. In: MOHAMED, A. M. O.; PALEOLOGOS, E.; HOWARI, F. (Ed.). **Pollution Assessment for Sustainable Practices in Applied Sciences and Engineering**. 1. ed. [s.l.], Butterworth-Heinemann, 2021. p. 107-163.

MOREIRA, M.A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. 2ª ed. Viçosa, UFV, 2003. 307p.

NOGUEIRA, A. X. **O que é Pantanal** São Paulo: Brasiliense, 1990. (Coleção Primeiros Passos).

PEREIRA, G. L. T.; ENCINA, C. C. C.; PESSI, D. D. & PARANHOS FILHO, A. C. **Uso de Geotecnologias na Delimitação do Chaco Brasileiro**. In: PESSI, D. D.; PARANHOS FILHO, A. C.; MIOTO, C. L.; SILVA, N. M.; DIODATO, M. A.; GRIGIO, A. M.; GAMARRA, R. M.; DALMAS, F. B.; ENCINA, C. C. C. & RIBEIRO, A. A. (Org.). **Pesquisas em Geotecnologias Aplicadas e Estudos Ambientais**. Maringá: Uniedusul, 2023. p. 175-198. <http://dx.doi.org/10.51324/54180450.9>.

ROSA, R. Geotecnologias na Geografia aplicada. **Geography Department, University Of Sao Paulo**, [S.L.], p. 81-90, 2005. Universidade de São Paulo, Agencia USP de Gestão da Informação Acadêmica (AGUIA). <http://dx.doi.org/10.7154/rdg.2005.0016.0009>.

RIBEIRO, V. O; CORREA, N. F; CARVALHO, L. A; PARANHOS FILHO, A. C. Identificação de Área para a Instalação de Estação de Tratamento de Esgoto em Coronel Sapucaia (MS), Utilizando Álgebra de Mapas. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 41, n. 2, p. 685-698, 2018.

RIBEIRO, V. O; PARANHOS FILHO, A. C; COSTA, A. A. D. Geotecnologias na investigação de contribuição pluvial parasitária em rede coletora de esgoto. **Engevista**, [S.L.], v. 17, n. 3, p. 351, 5 maio 2015. Pro Reitoria de Pesquisa, Pós- Graduação e Inovação - UFF. <http://dx.doi.org/10.22409/engevista.v17i3.659>.

SASAKI, Jessica Kaori *et al.*. **Geotecnologia aplicada a estudos preliminares de concepção de ete: o caso do município de custódia-pe**. Anais I CONIMAS e III CONIDIS... Campina Grande: Realize Editora, 2019. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/63564>. Acesso em 17 jan. 2024.

SCHWARZER, G. Geoprocessamento Aplicado ao Mapeamento Geotécnico para Avaliação de Aterros Sanitários na Microbacia Hidrográfica do Arroio Pesquerio, Viamão (RS). **Trabalho de conclusão de curso** (Graduação)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Curso de Geologia, Porto Alegre. Disponível em:

<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/257335/001166946.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 17 jan. 2024.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO (SEMADE). **Perfil Estatístico de Mato Grosso do Sul 2015** - ano base: 2015. Campo Grande: SEMADE, 2016.

SEKYERE, C. K., Davis, F., Fiagbe, A., & Amoo, R. (2020). Techno-Economic Assessment of Non-Revenue Water: A Case Study at AER, GWCL. *Journal of Water Resource and Protection*.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do Trabalho Científico**. 23. ed. São Paulo: Cortez, 2007.

WORBOYS, M.; DUCKHAM, M. **GIS: a computing perspective**. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2004, 448 p.

TERCEIRO CAPÍTULO: ELABORAÇÃO DE MAPA DE ÁREAS POTENCIAIS PARA A INSTALAÇÃO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO NA REGIÃO DE PORTO MURTINHO/MS

Resumo: Este estudo aborda a importância da seleção de locais, para a instalação de Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs), que priorizam aspectos ambientais e sociais, no qual as geotecnologias são apresentadas como ferramentas valiosas para uma análise eficiente e integrada de dados relacionados a este tema. O objetivo principal é elaborar um mapa temático para identificar áreas potenciais para a instalação de uma ETE, baseando-se na aquisição e preparação de dados geoespaciais, incluindo imagens do satélite Landsat 9 OLI (USGS, 2023) e o Copernicus Modelo Digital de Superfície (MDS) e de dados ambientais. Os diferentes fatores foram definidos como limitantes ou não para a instalação da estrutura, entre eles o uso de mapas temáticos como cursos d'água, áreas sujeitas a inundação, estradas, uso e ocupação do solo, declividade, solos e distâncias do perímetro urbano. Para minimizar custos e elevar a eficácia do estudo optou-se pela utilização de um *software* de Sistema de Informações Geográficas (SIG) livre e gratuito, denominado QGIS, versão 3.34.1, no qual a álgebra de mapas é aplicada para a integração dos fatores. O Mapa de Potencial para a Instalação de ETE na Região de Porto Murtinho/MS é desenvolvido, evidenciando que fatores limitantes desempenham papel preponderante na identificação de áreas inadequadas, sendo que os mapas não limitantes são cruciais para classificar o potencial de instalação. A abordagem multifacetada, considerando fatores ambientais e operacionais, permite identificar áreas adequadas para ETEs, em que neste estudo a maioria das áreas com alta possibilidade de instalação estão até 1 (um) quilômetro da faixa de segurança do perímetro urbano. Ademais, a análise complementar da Rosa dos Ventos gerada para o município de Porto Murtinho/MS, a partir do *software* gratuito WRPLOT View permite identificar que os ventos predominantes formam um corredor no sentido norte/sul. Dessa forma, áreas localizadas a leste da cidade são mais propícias à implantação do sistema de tratamento, visto que nessa região pode haver menor transporte de odores ao perímetro urbano.

Palavras-chave: ETE, Geotecnologias, Sensoriamento Remoto, SIG.

Abstract: This study addresses the importance of selecting locations for the installation of Sewage Treatment Stations (ETEs), which prioritize environmental and social aspects, in which geotechnologies are presented as valuable tools for an efficient and integrated analysis of data related to this theme. The main objective is to develop a thematic map to identify potential areas for the installation of an ETE, based on the acquisition and preparation of geospatial data, including images from the Landsat 9 OLI satellite (USGS, 2023) and the Copernicus Digital Surface Model (MDS) and environmental data. The different factors were defined as limiting or not for the installation of the structure, including the use of thematic maps such as watercourses, areas subject to flooding, roads, land use and occupation, slope, soil and distances from the urban perimeter. To minimize costs and increase the effectiveness of the study, we chose to use a free and free Geographic Information System (GIS) software, called QGIS, version 3.34.1, in which the map algebra is applied to the integration of factors. The Potential Map for the Installation of ETE in the Porto Murtinho/MS Region is developed, showing that limiting factors play a preponderant role in identifying unsuitable areas, with non-limiting maps being crucial for classifying the installation potential. The multifaceted approach,

considering environmental and operational factors, allows identifying areas suitable for ETEs, in which in this study the majority of areas with a high possibility of installation are up to 1 (one) kilometer from the safety strip of the urban perimeter. Furthermore, the complementary analysis of the Wind Rose generated for the municipality of Porto Murtinho/MS, using the free software WRPLOT View allows us to identify that the prevailing winds form a corridor in the north/south direction. Therefore, areas located to the east of the city are more suitable for implementing the treatment system, as in this region there may be less odor transport to the urban perimeter.

Keywords: STSs, geotechnologies, remote sensing, GIS.

1.1 INTRODUÇÃO

A Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) constitui uma unidade fundamental no contexto do sistema de saneamento, empregando técnicas físicas, químicas e biológicas para a depuração do esgoto, visando a conformidade do efluente tratado com os parâmetros normativos estabelecidos pela legislação ambiental (SANESUL, 2009).

Nos últimos anos, observa-se uma transição no enfoque para a seleção de áreas destinadas à implantação de ETEs, priorizando aspectos ambientais e sociais em detrimento do viés puramente econômico. A dimensão social, intrinsecamente vinculada ao aspecto ambiental, assume relevância crescente, especialmente considerando a proximidade dessas instalações com áreas residenciais. Nesse contexto, a expertise técnica desempenha papel crucial na proposição de soluções que, mesmo que possam implicar em custos mais elevados de implantação, buscam harmonizar considerações sociais, viabilidade econômico-financeira e preservação ambiental.

A seleção de áreas apropriadas para instalação de ETEs demanda uma análise criteriosa de diversos parâmetros, incluindo disponibilidade de área, localização em relação as fontes de esgoto, distância e capacidade de depuração do corpo receptor, topografia, características geológicas, direção dos ventos predominantes, condições de acesso e facilidade de aquisição do terreno (VON SPERLING, 2014).

Frequentemente, a consideração simultânea de todos esses critérios representa um desafio, sendo necessário priorizar os fatores de maior relevância em cada contexto específico (VON SPERLING, 1996). Dada a complexidade envolvida na seleção do local para uma ETE, é imprescindível a obtenção de informações de qualidade com o mínimo ônus possível. Nesse sentido, o sensoriamento remoto surge como uma ferramenta valiosa, possibilitando a aquisição de dados sobre uma área de interesse sem a necessidade de contato físico direto (RAMOS, RAMOS e LOCH, 2004). Atualmente, tais informações podem ser obtidas por meio de sensores embarcados em satélites.

Para análise eficiente e integrada desses dados, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), ferramentas de geoprocessamento, mostram-se essenciais. Tais sistemas permitem a visualização e manipulação de dados espaciais, facilitando a tomada de decisões complexas de planejamento (PARANHOS FILHO *et al.*, 2021). Esses sistemas habilitam a representação gráfica de dados em formato cartográfico, viabilizando a manipulação matemática desses parâmetros. Os mapas são empregados como variáveis em equações, a fim de contribuir para a análise decisória, seguindo a metodologia reconhecida como Álgebra de Mapas (PARANHOS FILHO *et al.*, 2021).

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo a elaboração de um mapa temático para identificar áreas potenciais para a instalação de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) em Porto Murtinho/MS, fazendo uso de geotecnologias para mapear locais propícios e, assim, contribuir para um planejamento mais eficaz nesse segmento.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

1.2.1 POPULAÇÃO DE PROJETO

A estimativa da população urbana a ser atendida pela Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) em Porto Murtinho baseou-se em projeções demográficas para um horizonte de 30 (trinta) anos. Os dados demográficos foram adquiridos junto ao Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2024) e foram representados graficamente, seguidos pela aplicação de linhas de tendência, a partir das quais foram geradas equações, este procedimento foi realizado no âmbito do *software Microsoft Excel (MICROSOFT OFFICE, 2016)*. Dessa forma, foi possível estimar a população do município, proporcionando uma visão prospectiva do seu crescimento populacional (Figura 2). Cabe salientar que os dados referentes ao ano de 2022 foram desconsiderados como base demográfica, devido ao fato de a informação apresentar o grande decréscimo populacional ocorrido em função da Pandemia da COVID-19. Sendo assim, o ano de 2022 passou a ser o primeiro ano do horizonte de projeto.

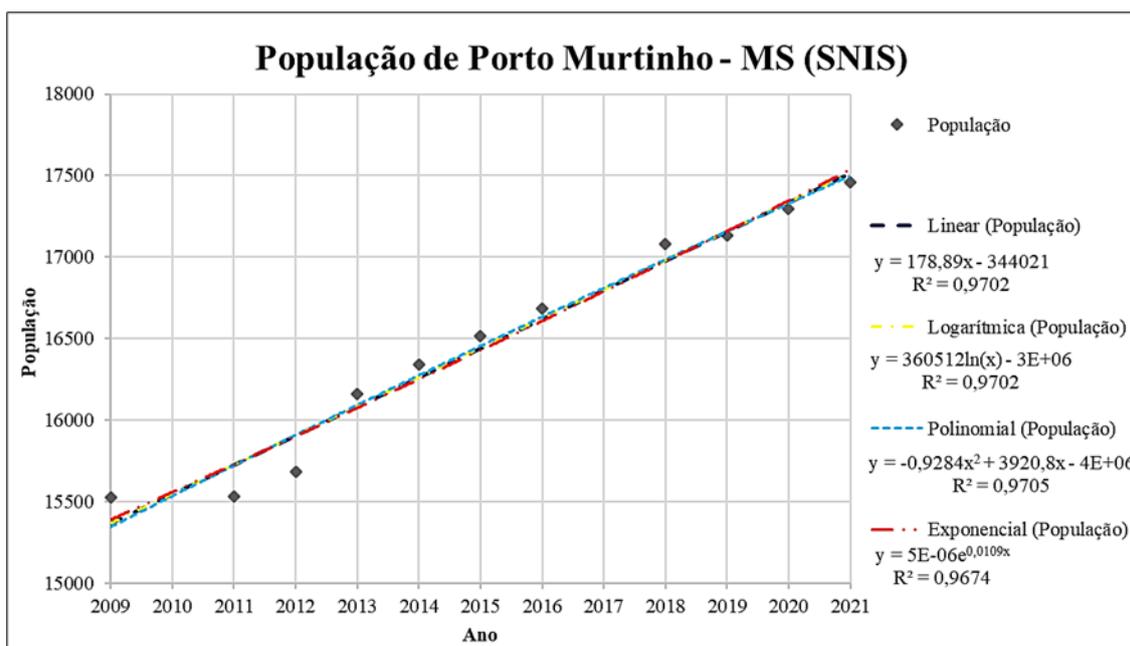


Figura 2. Dados demográficos e equações de projeção, demonstrando o comportamento dos tipos de gráficos representativos da evolução populacional do município de Porto Murtinho/MS.

Considerando o valor de eliminação de erro de previsão (R^2), a projeção linear foi selecionada devido à sua correlação com a série histórica utilizada. Portanto, esse método foi adotado para estimar o crescimento populacional, resultando em uma projeção de aproximadamente 22.900 habitantes para o ano de 2051, conforme o horizonte de projeto.

1.2.2 SISTEMA DE TRATAMENTO ADOTADO E ÁREA DEMANDADA

Para a cidade de Porto Murtinho/MS, foi selecionado o sistema de lagoas de estabilização devido à sua simplicidade operacional no tratamento de esgotos. Além disso, o município dispõe de grandes áreas e possui um clima propício para esse tipo de sistema. As lagoas oferecem uma operação simplificada, exigindo poucos equipamentos para funcionamento adequado.

O sistema de tratamento por lagoa facultativa requer uma área de implantação entre 2 – 5 m² por habitante (VON SPERLING, 1996). Para a região em estudo, determinou-se uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) composta por um sistema combinado de lagoa facultativa (para estabilização da matéria orgânica) e lagoa de maturação (para remoção de patógenos). Foi estabelecida uma demanda de 7 m² por habitante para essa configuração específica, o que resulta em uma área necessária de aproximadamente 16 hectares.

1.2.3 DADOS VETORIAIS

O processo inicial para a elaboração do Mapa de Potencial para a Instalação de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) na Região de Porto Murtinho/MS envolveu a aquisição e preparação dos dados que compõem a análise de geoprocessamento. Todos os dados geoespaciais (vetoriais e *raster*) foram convertidos para a projeção UTM, *datum* SIRGAS 2000 Fuso 21S utilizando a funcionalidade de reprojeção disponível no *software* QGIS 3.34.1 (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2023).

A escolha do *software* QGIS versão 3.34.1 (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2023) visa minimizar custos, sendo um SIG de código aberto distribuído sob a licença General Public License (GPL), permitindo acesso e modificação conforme as necessidades do usuário.

Os dados vetoriais, representando elementos como logradouros, limites político-administrativos, bem como o limite do perímetro urbano da cidade foram obtidos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2024) em formato *shapefile* (ESRI, 1997). Além disso, trechos rodoviários, massas d'água, recursos hídricos e terrenos sujeitos a inundação foram adquiridos junto ao Departamento de Serviço Geográfico do Exército (DSG, 2024). Com relação aos tipos de solos, as informações são oriundas do Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental (SISLA) do Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul (IMASUL). Esses dados foram utilizados como base para a delimitação da área de estudo na representação cartográfica.

1.2.4 DADOS MATRICIAIS

Neste estudo, foram empregadas imagens do satélite Landsat 9 (USGS, 2023), sensor *Operational Land Imager* (OLI) com a mesma data de passagem e um Modelo Digital de Superfície (MDS) (COPERNICUS, 2024).

Através do portal *Earth Explorer* do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS, 2023), foram adquiridas de forma gratuita imagens Landsat 9 OLI (USGS, 2023), em formato GeoTIFF, com resolução de *pixel* de 30 (trinta) metros, órbita-ponto 226-074. Com data de 05/08/2023 e ausência de cobertura de nuvens na área de interesse, essas imagens possibilitaram uma classificação mais precisa dos atuais usos e ocupações do solo.

Copernicus consiste em um Modelo Digital de Superfície (MDS), representando a topografia da Terra e que foram adquiridos por meio da missão TanDEM-X durante o período de 2011 a 2015. Disponibilizados para uso em 2019, esses conjuntos de dados

permanecerão acessíveis até 2026, sendo que o mesmo apresenta uma resolução espacial de 30 (trinta) metros.

1.2.5 MAPAS TEMÁTICOS

Com o objetivo de reduzir a relatividade no processo decisório para a localização de Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), diversos fatores foram representados em mapas, aos quais foram atribuídos pesos variando de 1 (um – inadequado) a 6 (seis – adequado) para mapas não limitantes, e de 0 (zero – inadequado) a 1 (um – adequado) para mapas limitantes. A definição dos pesos foi baseada em experiências profissionais, diretrizes legislativas e revisão da literatura.

Foram considerados mapas limitantes aqueles que contêm fatores, sejam eles físicos, técnicos, financeiros ou legais, que poderiam inviabilizar a implantação da ETE. Dentre eles estão: Mapa Temático de Cursos Hídrico, Mapa Temático de Terrenos Sujeitos a Inundação, Mapa Temático de Estradas, Mapa Temático de Uso e Ocupação do Solo e Mapa Temático de Distância Máxima Exequível.

Por outro lado, os mapas não limitantes englobam fatores cuja variabilidade de aptidão não impede a realização do empreendimento. Estes incluem: Mapa Temático de Declividade, Mapa Temático de Solos e Mapa Temático de Distância do Perímetro Urbano.

1.2.5.1 MAPA TEMÁTICO DE CURSOS HÍDRICOS

Com base nos dados de Porto Murinho, obtidos junto ao Departamento de Serviço Geográfico do Exército (DSG, 2024), os cursos d'água dentro dos limites do município, já em formato vetorial, foram reprojatados para o sistema de coordenadas UTM, utilizando o *datum* SIRGAS 2000 Fuso 21S, visando a sua aplicação neste estudo.

A análise evidenciou que dentro dos limites municipais há cursos hídricos, que em certos trechos apresentam largura superior a 10 (dez) metros, como por exemplo o Rio Paraguai. Conforme a Resolução CONAMA 303, para cursos d'água com largura entre 10 (dez) e 50 (cinquenta) metros, a Área de Preservação Permanente (APP) deve ter 50 (cinquenta) metros de largura (CONAMA, 2002). Além disso, existem corpos d'água no município com largura inferior a 10 metros. No entanto, por precaução, foi adotado um padrão de largura de 75 (setenta e cinco) metros, ao redor desses corpos d'água.

Posteriormente, foram atribuídos pesos às diferentes regiões, considerou-se desnecessária a supressão de APP em cursos d'água para a implantação da ETE, devido à presença de áreas já impactadas pela atividade humana no município. Por ser uma restrição importante, áreas dentro da APP (*buffer*) receberam peso 0 (zero – inadequado), enquanto as demais regiões receberam peso 1 (um – adequado). Por fim, o *shapefile* foi rasterizado, com resolução de *pixel* de 30 (trinta) metros, para a produção do Mapa Temático de Cursos Hídricos (Figura 3).

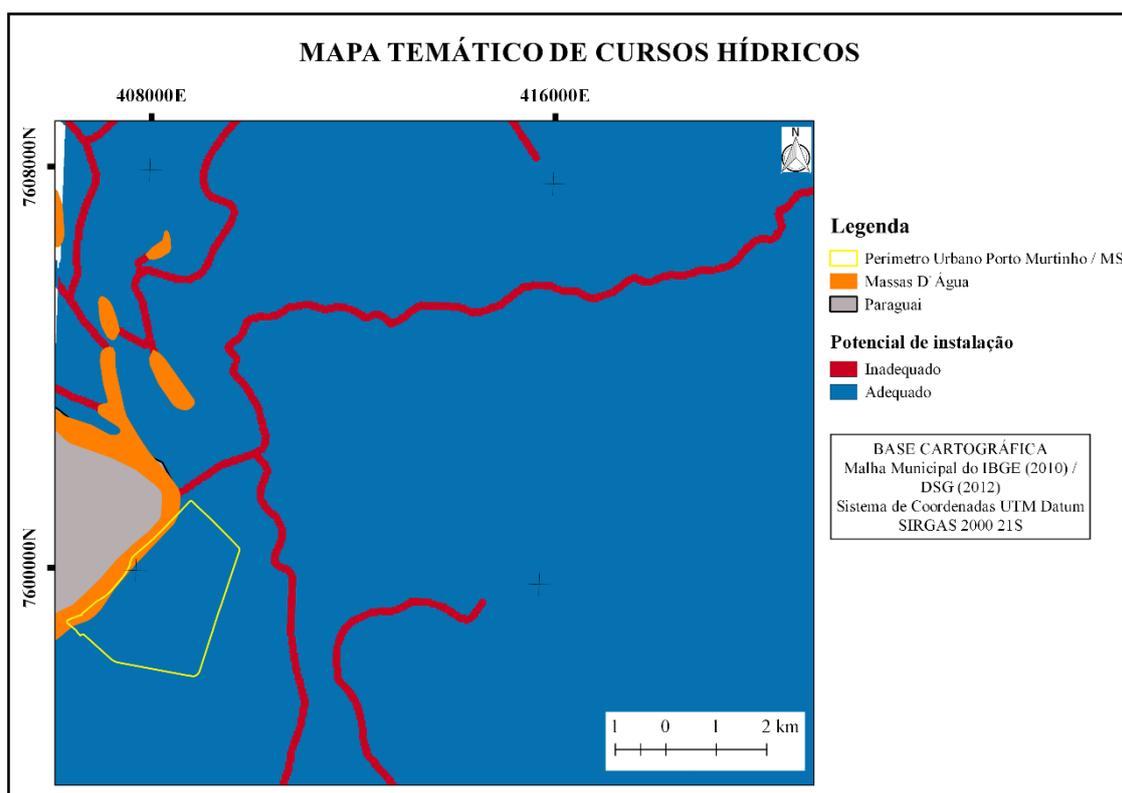


Figura 3. Mapa Temático de Cursos Hídricos, para instalação de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), no município de Porto Murtinho/MS.

1.2.5.2 MAPA TEMÁTICO DE TERRENOS SUJEITOS A INUNDAÇÃO

Considerando a necessidade de evitar a construção de Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) em áreas propensas a inundações devido a diversos fatores, foi adquirido junto ao Departamento de Serviço Geográfico do Exército (DSG, 2024) um arquivo vetorial, datado de 2012, que delimita as zonas de inundações na região de interesse. Esse arquivo foi reprojeto e recortado para abranger exclusivamente a área de estudo. Em virtude da importância desse critério, os terrenos vulneráveis à inundações foram categorizados com peso 0 (zero – inadequado), enquanto as demais áreas foram atribuídas

com peso 1 (um – adequado). Essas informações foram utilizadas para produzir o Mapa Temático de Terrenos Sujeitos a Inundação (Figura 4).

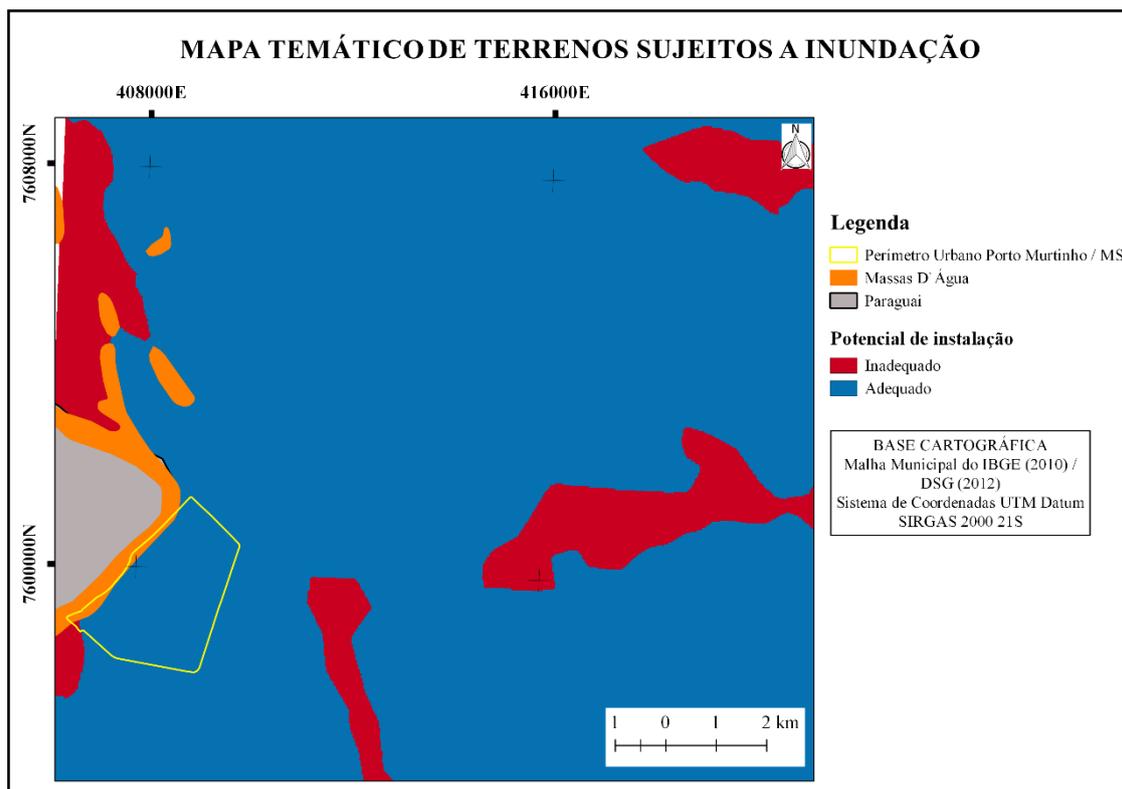


Figura 4. Mapa Temático de Terrenos Sujeitos a Inundação, para instalação de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), no município de Porto Murtinho/MS.

1.2.5.3 MAPA TEMÁTICO DE ESTRADAS

De forma similar ao processo utilizado para gerar o Mapa Temático de Cursos Hídricos, utilizando como referência os dados de Porto Murtinho, adquiridos junto ao Departamento de Serviço Geográfico do Exército (DSG, 2024), foram obtidos os trechos rodoviários do município, já em formato vetorial.

No contexto deste estudo, adotou-se o conceito de faixa de domínio, que corresponde à porção do terreno destinada à infraestrutura da estrada, com largura determinada pela categoria da via, podendo variar entre 30, 50, 80 ou 100 metros (PONTES FILHO, 1998). Essa faixa é reservada para a implantação do leito carroçável e para possíveis projetos de expansão, como duplicações. Dentro desta faixa, a construção é proibida, exceto em casos autorizados pelo órgão regulador.

Portanto, adotando a situação mais restritiva, foi estabelecido um *buffer* com 50 (cinquenta) metros de largura para representar uma faixa de domínio de 100 (cem) metros.

De maneira conservadora foram atribuídos pesos às diferentes regiões, considerando que a faixa de domínio é vital para futuras expansões do leito da estrada, por exemplo, concluiu-se que a instalação de uma ETE em seu interior não seria viável. Portanto, esse mapa é considerado limitante, e as áreas dentro da faixa de domínio (*buffer*) receberam peso 0 (zero – inadequado), enquanto as demais regiões receberam peso 1 (um – adequado). Por fim, o *shapefile* foi rasterizado com um *pixel* de 30 (trinta) metros para produzir o Mapa Temático de Estradas (Figura 5).

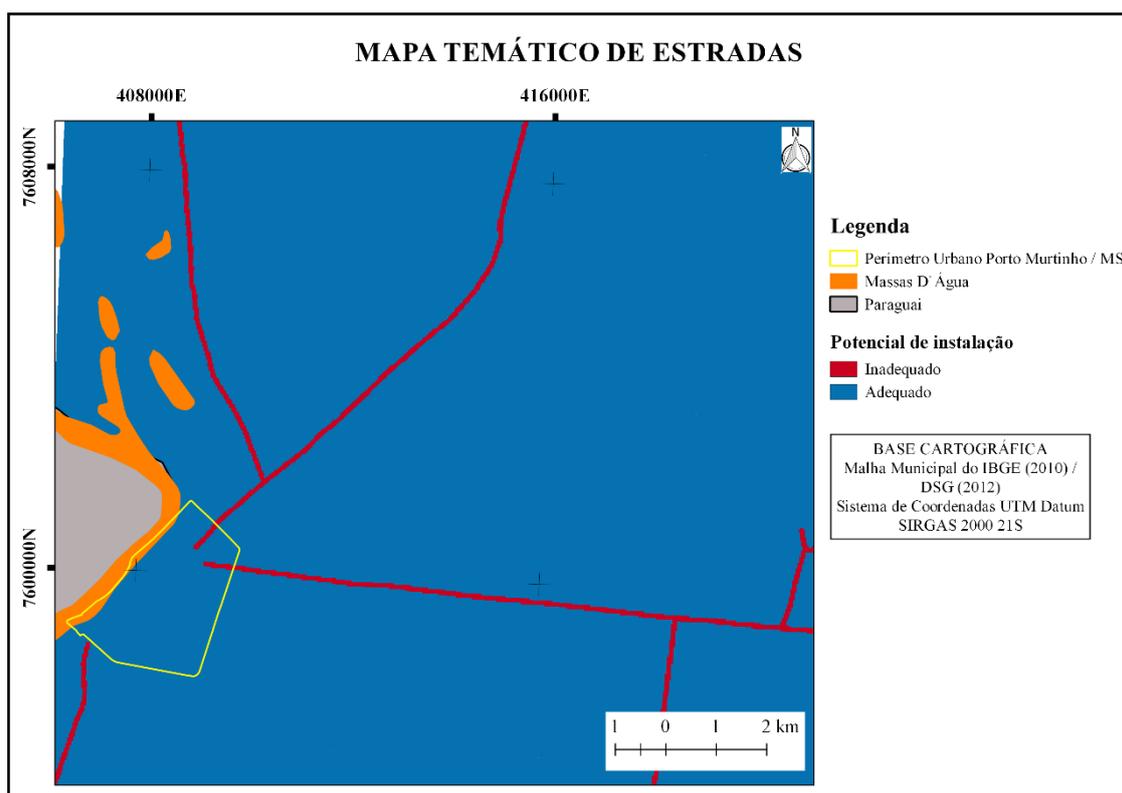


Figura 5. Mapa Temático de Estradas, para instalação de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), no município de Porto Murtinho/MS.

1.2.5.4 MAPA TEMÁTICO DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Empregando as bandas 5 (infravermelho próximo), 4 (vermelho) e 3 (verde) do Landsat 9 OLI (USGS, 2023), com data de passagem em 05/08/2023 realizou-se a composição de bandas por meio da ferramenta de mesclagem do *software* QGIS 3.34.1 (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2023), resultando em uma imagem com capacidade de realçar os tons de vegetação.

Utilizando a composição colorida infravermelho 543 da imagem Landsat 9 OLI (USGS, 2023), aplicou-se a classificação semi-automática supervisionada por meio do

plugin DZetsaka. Foram definidas 6 (seis) classes distintas: Floresta Nativa, Floresta Plantada, Formação Nativa não Florestal, Corpos d'Água, Área não Vegetada e Agropecuária.

Posteriormente, essas classes foram agrupadas em 2 (duas) grandes categorias usando novamente a ferramenta de reclassificação “*r.reclass*”, contida no *software* QGIS 3.34.1 (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2023). A primeira categoria engloba as áreas antropizadas, incluindo áreas não vegetadas, agricultura e pastagens. A segunda categoria abrange as áreas nativas e/ou reflorestadas, áreas úmidas e corpos d'água.

Considerando que esse mapa é limitante e não requer desmatamento, foi atribuído peso 0 (zero – inadequado) às áreas nativas e/ou reflorestadas, e peso 1 (um – adequado) às áreas antropizadas. Assim, foi elaborado o Mapa Temático de Uso e Ocupação do Solo (Figura 6).

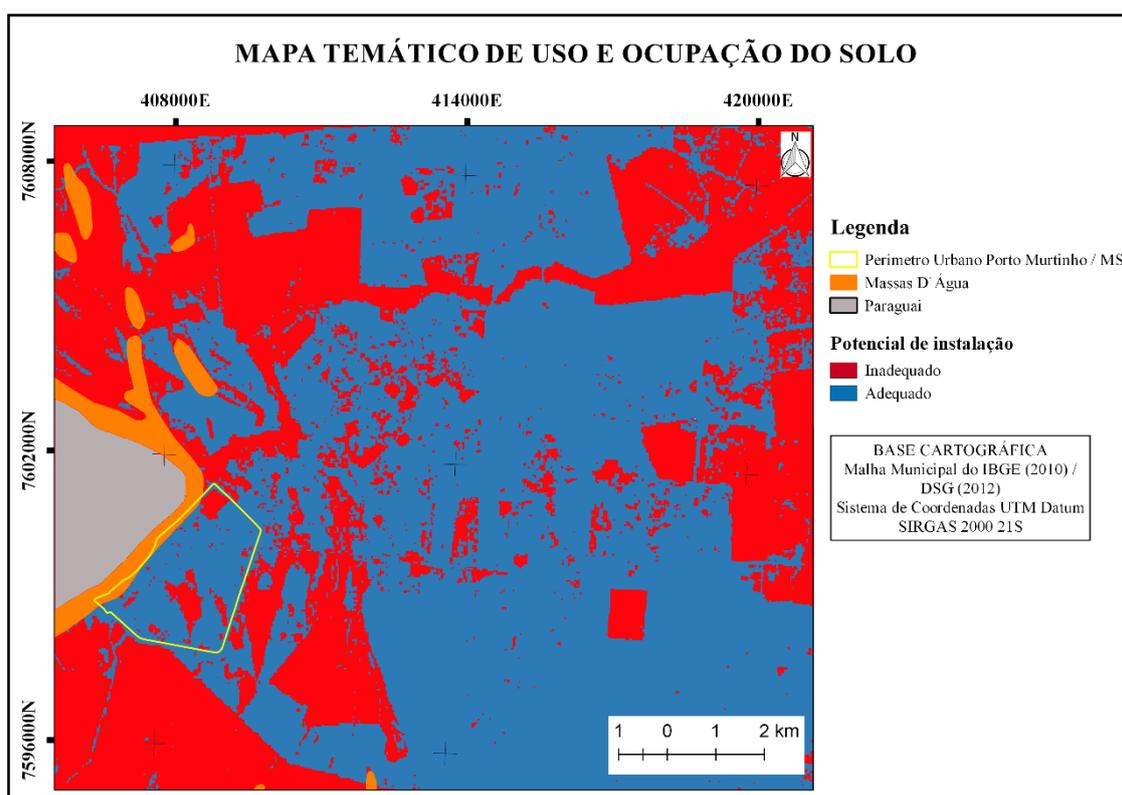


Figura 6. Mapa Temático de Uso e Ocupação do Solo, para instalação de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), no município de Porto Murtinho/MS.

1.2.5.5 MAPA TEMÁTICO DE DECLIVIDADE

Através do Modelo Digital de Superfície (MDS) Copernicus e utilizando a ferramenta “Declividade” nativa do *software* QGIS 3.34.1 (QGIS DEVELOPMENT

TEAM, 2023), os valores de declividade originalmente apresentados em metros foram convertidos para porcentagens.

Considerando que o relevo da área de estudo é majoritariamente plano, o mapa de declividade não foi classificado como limitante. Com o intuito de facilitar a implantação do sistema de tratamento selecionado, utilizando a ferramenta “*r.reclass*”, foram atribuídos pesos aos intervalos de declividade predefinidos, conforme apresentados na Tabela 2, variando de 1 (um – inadequado) a 6 (seis – adequado), resultando no Mapa Temático de Declividade (Figura 7).

Tabela 2. Pesos atribuídos aos intervalos de declividade identificados no município de Porto Murtinho/MS.

Faixas de Declividade (%)	Peso Atribuído
0 – 2	6
2 – 4	5
4 – 6	4
6 – 8	3
8 – 10	2
> 10	1

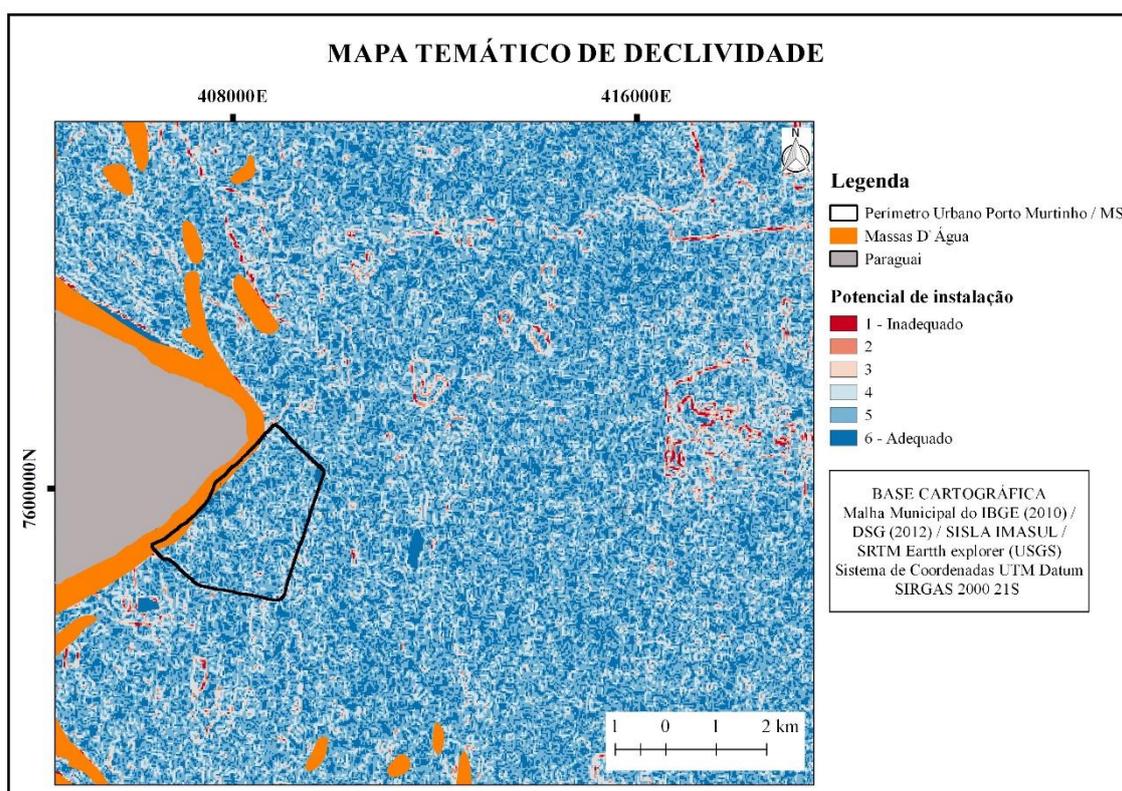


Figura 7. Mapa Temático de Declividade, para instalação de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), no município de Porto Murtinho/MS.

1.2.5.6 MAPA TEMÁTICO DE SOLOS

O arquivo *shapefile* obtido a partir Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental (SISLA, 2024) do IMASUL, foi reprojetoado e recortado para a área de interesse, além disso, a nomenclatura para os tipos de solo foi atualizada conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (EMBRAPA, 2018).

Assim como para o Mapa de Declividades, visando à facilidade de implantação da ETE com foco na estabilidade construtiva e operacional, foram atribuídos pesos aos tipos de solos (Tabela 3), variando de 1 (um – inadequado) a 6 (seis – adequado), e em seguida rasterizados com *pixel* de 30 (trinta) metros, resultando no Mapa Temático de Solos (Figura 8). Plintossolos e Planossolos receberam peso 1(um – inadequado) uma vez que são solos encontrados em áreas úmidas.

Constatou-se dois tipos de solos característicos na região do estudo, sendo eles o plintossolo e o planossolo. Planossolos são solos associados a áreas planas e de baixa declividade, com características relacionadas a processos de sedimentação e deposição. Eles são comumente encontrados em regiões de várzea, onde há influência de inundações temporárias. Esses solos podem apresentar horizontes glei ou hidromórficos, indicando condições de saturação hídrica temporária ou permanente. A presença dessas características está diretamente relacionada à dinâmica hidrológica da área e influência as propriedades do solo, afetando seu uso e manejo.

Plintossolos são solos tropicais com presença de horizontes endurecidos, geralmente desenvolvidos em climas quentes e úmidos.

Tabela 3. Pesos atribuídos aos tipos de solos identificados no município de Porto Murtinho/MS.

Tipo de Solos Antigo Sistema	Tipo de Solo SiBCS (EMBRAPA, 2018)	Peso Atribuído
Latossolo Vermelho-Escuro Álico (LEa)	Latossolo	6
Vertissolo (V)	Vertissolo	5
Rendzina (AZ)	Chernossolo	4
Podzólico Vermelho-Escuro eutrófico (PELe)	Argissolo	3
Solos Litólicos eutróficos (Re)	Neossolo	2
Regossolo álico (REa)		
Regossolo eutrófico (REe)		
Solonetz Solodizado (SS)	Planossolo	1
Glei Pouco Húmico distrófico (HGPe)	Plintossolo	1

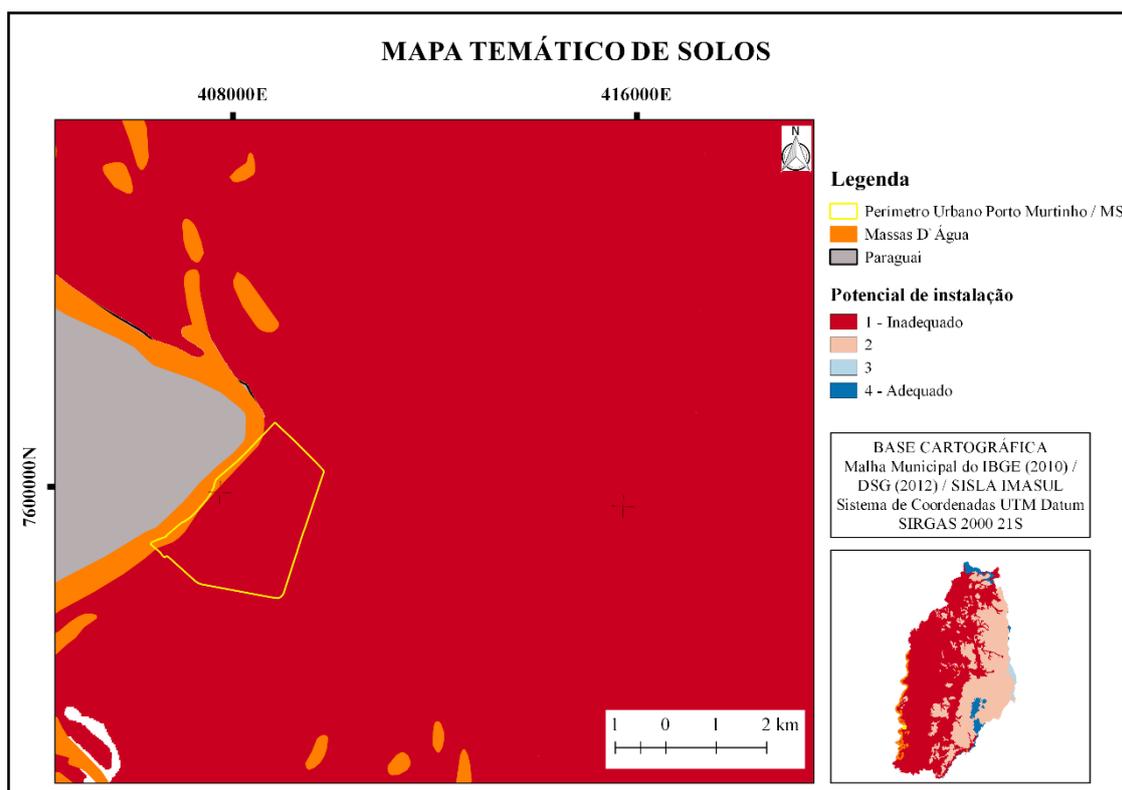


Figura 8. Mapa Temático de Solos, para instalação de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), no município de Porto Murtinho/MS.

1.2.5.7 MAPA TEMÁTICO DE DISTÂNCIA MÁXIMA EXEQUÍVEL

Do ponto de vista econômico, o cenário mais dispendioso é aquele que envolve o bombeamento do esgoto (recalque). Portanto, considerando experiências profissionais e revisões de literatura foi determinado qual seria a extensão máxima da linha de recalque que poderia ser instalada.

Dessa forma, a extensão máxima da linha de recalque foi estabelecida em 3 (três) quilômetros considerando limites com relação a gastos financeiros de obras de engenharia. Assim, foi criado um *buffer* de 3 (três) quilômetros de distância do perímetro urbano do município, representando o limite máximo da linha de recalque e, conseqüentemente, a distância máxima da ETE.

Além disso, um raio de 200 (duzentos) metros foi adicionado ao limite do perímetro urbano, determinado como uma medida de segurança, representando o afastamento mínimo para a instalação da ETE, a fim de mitigar possíveis impactos na população vizinha devido a odores provenientes do sistema de tratamento.

As áreas fora dos limites do município, juntamente com aquelas dentro do perímetro urbano acrescido do raio de 200 (duzentos) metros e a faixa com distância superior à estabelecida (3 quilômetros), foram consideradas inadequadas para a instalação do empreendimento (peso 0), as demais áreas receberam peso 1 (um). Por fim, os *shapes* foram convertidos em *raster* com *pixel* de 30 (trinta) metros (Figura 9).

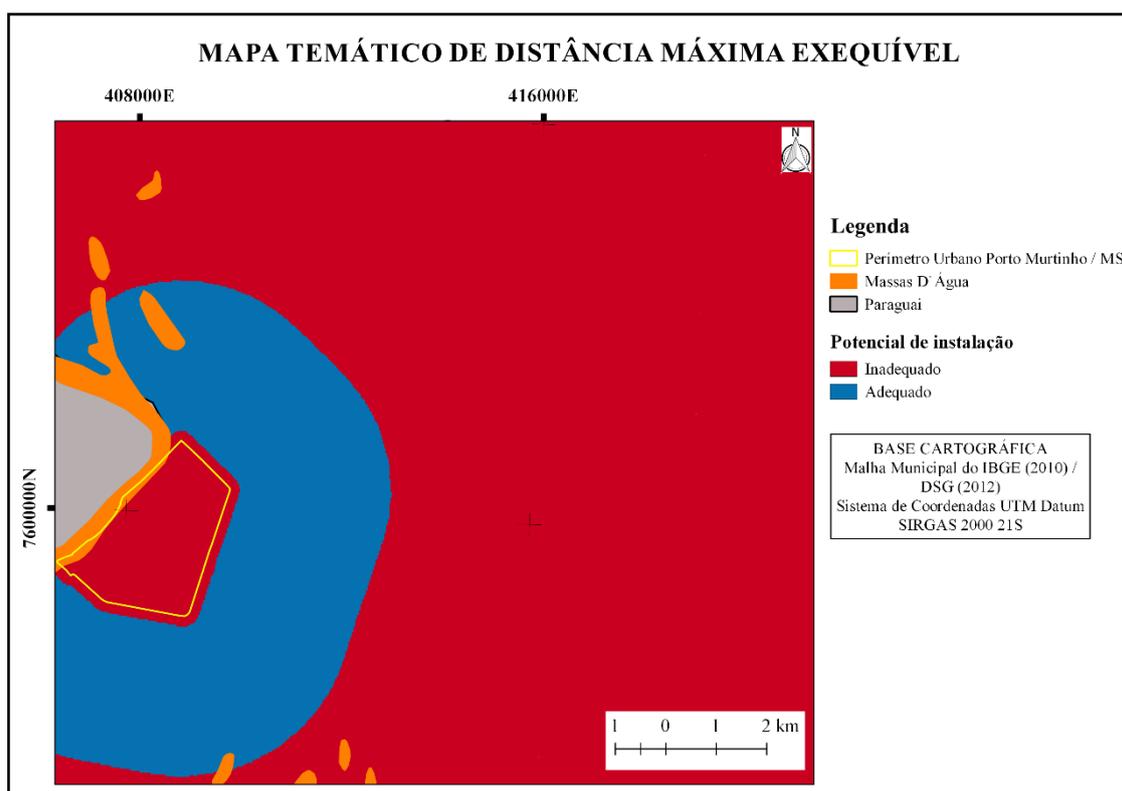


Figura 9. Mapa Temático de Distância Máxima Exequível, para instalação de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), no município de Porto Murtinho/MS.

1.2.5.8 MAPA TEMÁTICO DE FAIXAS DE DISTÂNCIA DO PERÍMETRO URBANO

De forma semelhante, foram designados pesos de aptidão para as porções da faixa exequível (de 200 metros a 3 quilômetros de distância do limite do perímetro urbano) (Tabela 4). Foram gerados *buffers* intermediários para representar essas porções, aos quais foram atribuídos os pesos correspondentes de 1 (um) a 6 (seis). Por fim, eles foram convertidos em *raster* para integrar o mapa (Figura 10).

Tabela 4. Pesos atribuídos às frações da faixa exequível, para o município de Porto Murtinho/MS.

Faixa (m)	Peso Atribuído
0 – 200	1
200 – 500	6

500 – 1.000	5
1.000 – 1.500	4
1.500 – 2.000	3
2.000 – 3.000	2
> 3.000	1

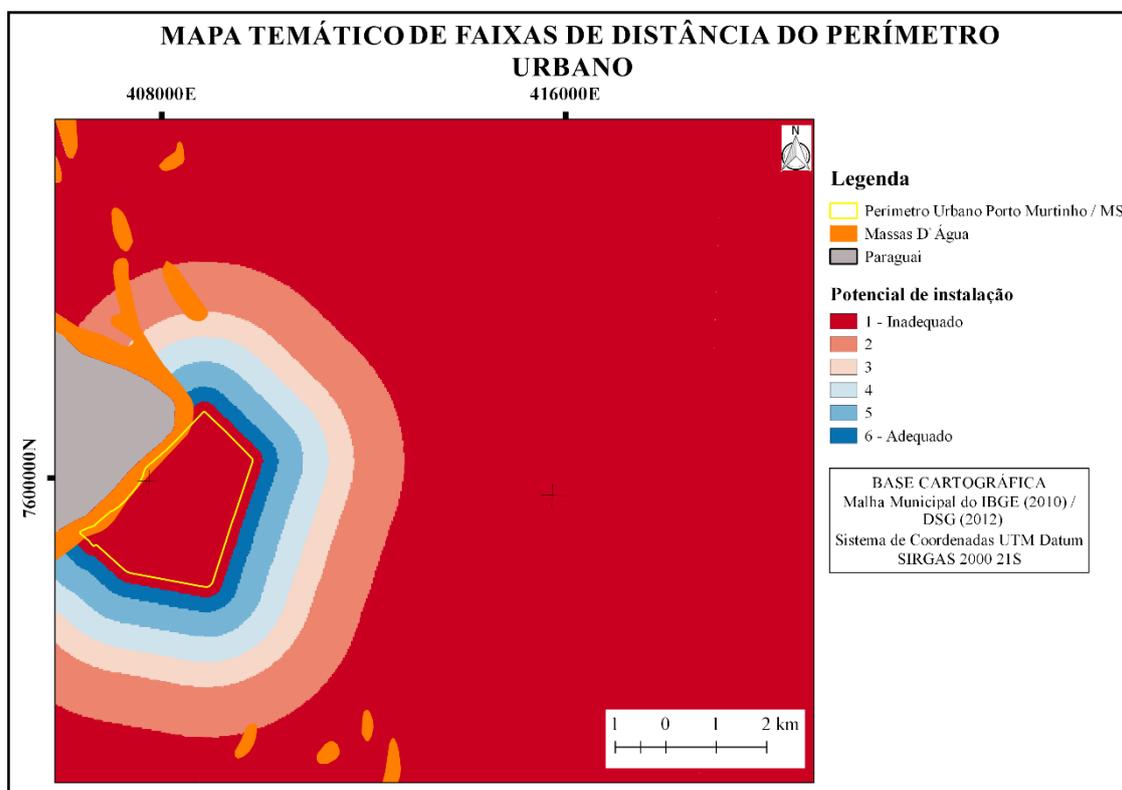


Figura 10. Mapa Temático de Faixas de Distância do Perímetro Urbano, para instalação de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), no município de Porto Murtinho/MS.

1.2.6 ÁLGEBRA DE MAPAS

Conforme destacado por Paranhos Filho *et al.* (2021), o ambiente de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) se destaca como o meio ideal para a integração de dados, informações e mapas de diferentes temas. O conceito de álgebra de mapas, amplamente difundido na literatura de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, refere-se ao conjunto de operações aplicadas na manipulação de campos geográficos, como imagens, mapas temáticos e modelos numéricos de terreno (PARANHOS FILHO *et al.*, 2021).

No procedimento adotado, os mapas *raster* foram empregadas como parâmetros em uma equação utilizando a ferramenta de calculadora *raster*. Os fatores limitantes foram multiplicados entre si e, posteriormente, pelo produto da média geométrica dos não limitantes (Figura 11). Esse processo resultou na elaboração do Mapa de Potencial para a

Instalação de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) para o município de Porto Murtinho/MS.

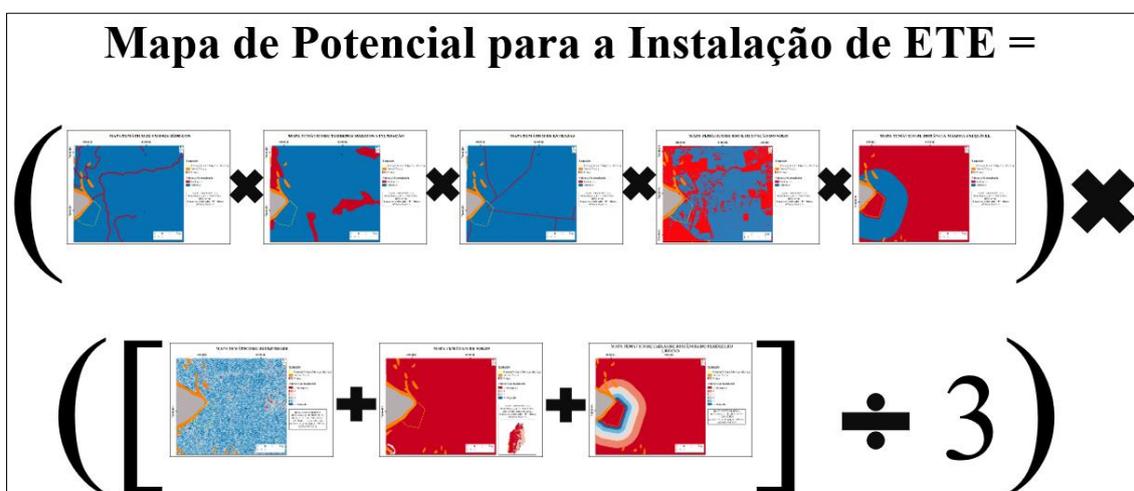


Figura 11. Equação composta pelos Mapas Temáticos para a elaboração do Mapa de Potencial para a Instalação de ETE, no município de Porto Murtinho/MS.

1.2.7 ROSA DOS VENTOS

Por tratar-se de um critério relevante, devido à sua influência no transporte de odores, em complemento ao Mapa de Potencial, elaborou-se a rosa dos ventos para reforçar o embasamento na escolha da área para a instalação da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), considerando sua capacidade de apontar a direção predominante dos ventos na área de estudo.

A seleção do período a ser analisado baseou-se no fato de que o odor em sistemas de tratamento de esgoto é potencializado na estação do inverno, devido à redução do metabolismo de microrganismos responsáveis pela decomposição da matéria-orgânica.

De acordo com Curtis, Lindner e Kobiyama (1994), a penetração de raios luminosos é essencial para a eliminação de agentes patogênicos em lagoas facultativas e de maturação, bem como para aumentar a produtividade dos microrganismos fotossintéticos. Ou seja, a temperatura afeta diretamente o desempenho dos microrganismos anaeróbios; em temperaturas abaixo de 20 °C, o processo de digestão pode ser limitado pela velocidade da etapa hidrolítica (LEMA, 1997).

Segundo Scaratti *et al.* (2014), os resultados de sua pesquisa indicam que as condições hidroclimáticas interferem na eficiência dos sistemas naturais de tratamento por lagoas de estabilização de esgoto. Baixas temperaturas em estações de inverno dificultam a manutenção da eficiência dos micro-organismos nos sistemas, enquanto

temperaturas elevadas aceleram a remoção de matéria orgânica devido ao aumento do metabolismo dos micro-organismos.

Dessa forma, realizou-se o *download* dos dados climatológicos da estação automática Porto Murtinho – A723 (INMET, 2024), para o período de 01/06/2016 a 30/09/2016, referente à estação de inverno de um ano com registros históricos de frio na região. Assim, com o auxílio do software gratuito WRPLOT View (LAKES, 2018), obteve-se a rosa dos ventos (Figura 12).

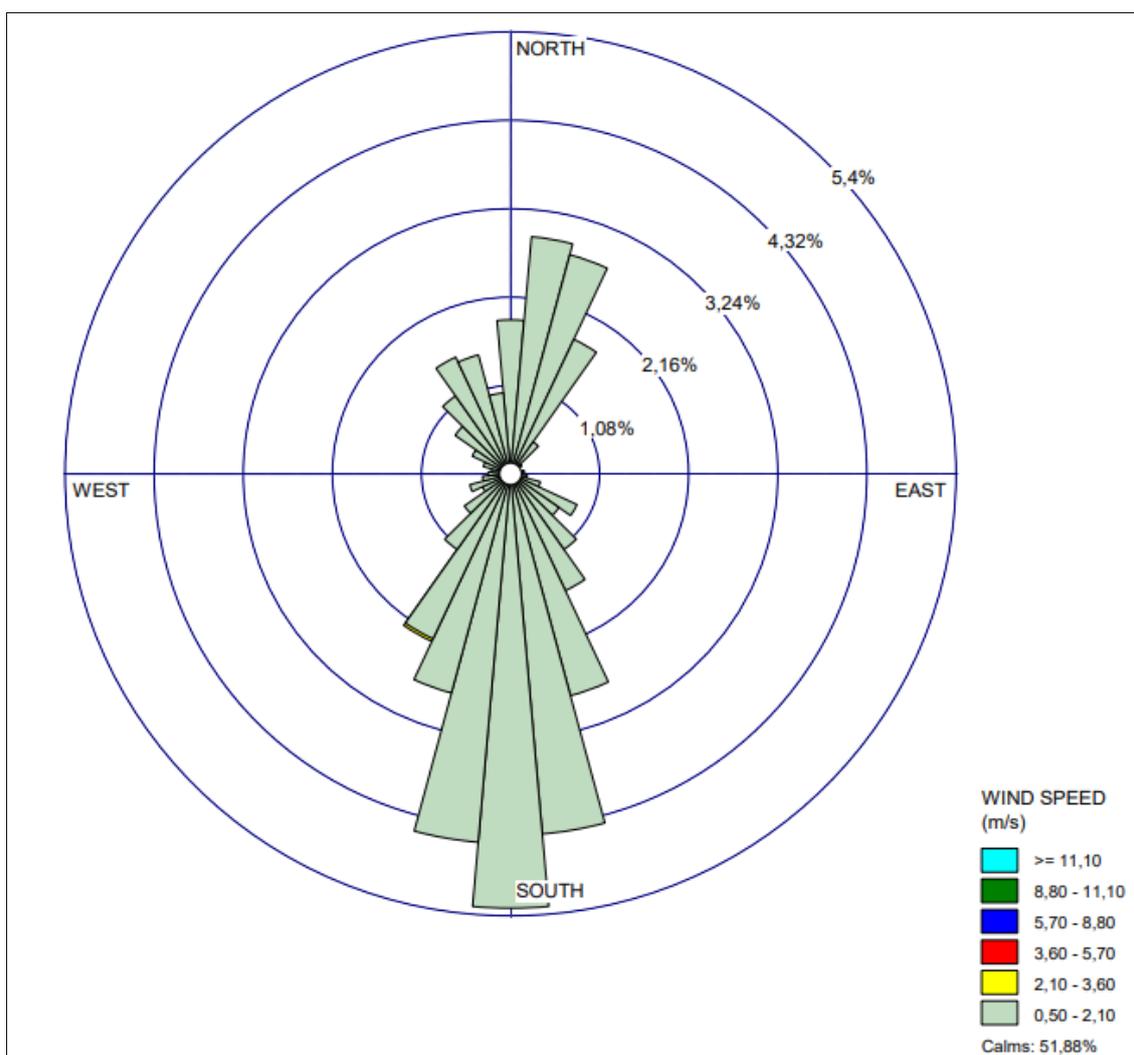


Figura 12. Rosa dos ventos para o município de Porto Murtinho/MS, referente ao período compreendido entre 01/06/2016 e 30/09/2016, estação inverno.

1.3 RESULTADO E DISCUSSÃO

A busca pelos locais adequados para a instalação de Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) exigiu uma abordagem criteriosa e integrada, que não apenas considerasse os fatores limitantes, mas também os que promovem a eficácia do procedimento (Tabelas

5 e 6). Sob esse viés, a integração destes elementos revelou-se uma estratégia necessária para filtrar as áreas viáveis para tal instalação.

Ao examinar uma gama de características ambientais e operacionais, obteve-se uma compreensão abrangente do contexto em questão. Esta abordagem multifacetada permitiu identificar tanto as áreas inadequadas quanto as apropriadas para o propósito em questão. A análise integrada destes fatores possibilita uma base sólida para a tomada de decisões, ao ponderar os riscos e benefícios associados a cada local em potencial, pois dessa forma, os esforços podem ser direcionados para áreas que ofereçam as melhores condições para a instalação funcional de uma ETE.

Assim, por meio da aplicação da álgebra, utilizando mapas que representam tanto os fatores limitantes quanto os não limitantes elaboradas para a área de estudo, foi possível desenvolver o Mapa de Potencial para a Instalação de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) na região de Porto Murtinho/MS (Figura 13). Este instrumento permite a avaliação do potencial de diferentes áreas do município para a instalação da unidade de tratamento, considerando os critérios analisados.

O Mapa resultante evidenciou que os fatores limitantes desempenharam um papel preponderante na identificação das áreas inadequadas, resultando na exclusão destas da seleção final para a instalação da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE). Por outro lado, os mapas não limitantes foram cruciais para a classificação do potencial de instalação em diversos níveis.

Dessa forma percebe-se que a maioria das áreas com alta possibilidade de instalação estão situadas até 1 (um) quilômetros da faixa de segurança de 200 (duzentos) metros do perímetro urbano. Além disso, considerando os critérios analisados neste capítulo, verifica-se que a atual Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) está inserida no perímetro urbano da cidade, sendo área considerada como inadequada.

Além disso, baseando-se na Rosa dos Ventos gerada para o município de Porto Murtinho/MS, verificou-se que os ventos predominantes formam um corredor no sentido norte/sul, assim sendo, são indicadas áreas localizadas à leste da cidade, visto que a implantação da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) nessa região poderia resultar no menor carreamento de odores ao perímetro urbano.

Tabela 5. Critérios limitantes empregados para a elaboração do Mapa de Potencial para a Instalação de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) na região de Porto Murtinho/MS.

Critério Limitantes	Inadequado	Adequado
Distância de Cursos Hídricos	≤75 m	>75 m
Terrenos Sujeitos a Inundação	Interior das áreas indicadas	Exterior das áreas indicadas
Estradas	≤50 m	>50 m
Uso e Ocupação do Solo	Área nativas e/ou reflorestadas	Áreas antropizadas
Distância Máxima Exequível	≤200 m e >3 Km	>200 m a ≤3 Km

Tabela 6. Critérios limitantes empregados para a elaboração do Mapa de Potencial para a Instalação de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) na região de Porto Murtinho/MS.

Critério Não Limitantes	Graus de Adequabilidade (1 – inadequado e 6 – adequado)					
	1	2	3	4	5	6
Declividade	>10%	>8% a ≤10%	>6% a ≤8%	>4% a ≤6%	>2% a ≤4%	0% a ≤2%
Solos	Plintossolo/ Planossolo	Neossolo	Argissolo	Chernossolo	Vertissolo	Latossolo
Faixas de Distância do Perímetro Urbano	0 m a ≤200 m e > 3 Km	>2 Km a ≤3 m	>1,5 Km a ≤2 Km	>1Km a ≤1,5 Km	>500 m a ≤1 Km	>200 m a ≤500 m

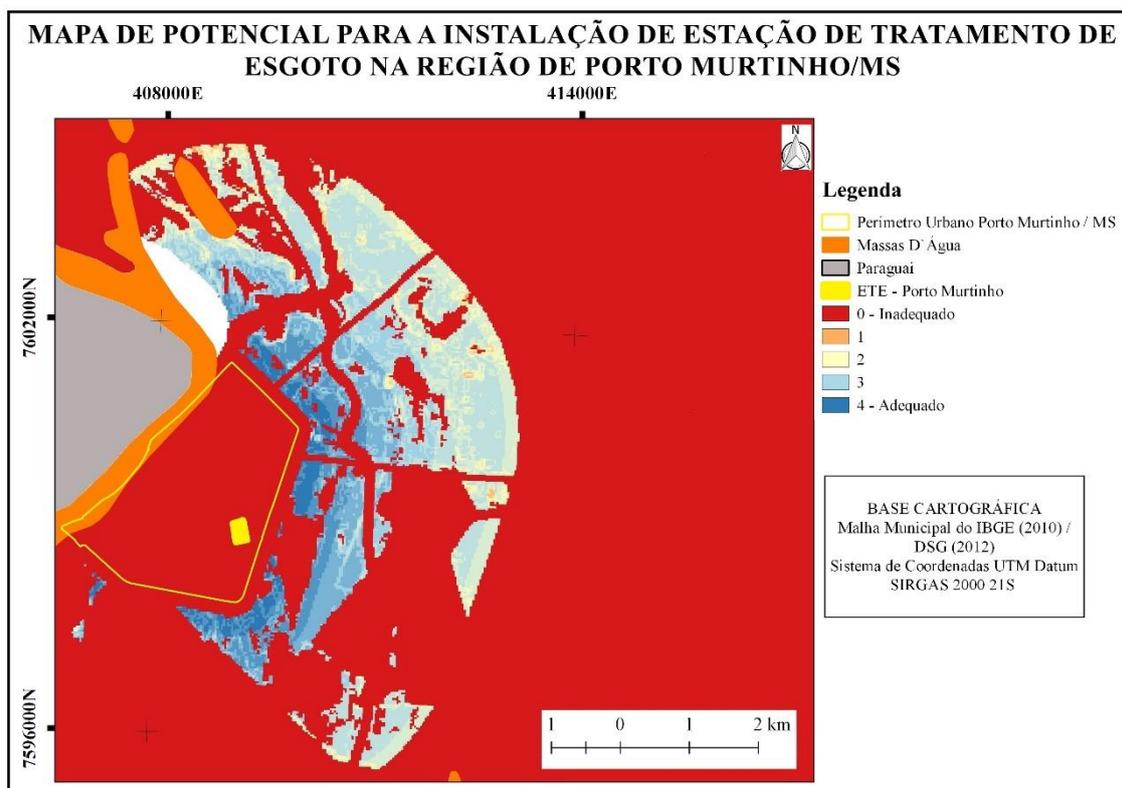


Figura 13. Mapa de Potencial para a Instalação de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) para a região de Porto Murtinho/MS.

1.4 CONCLUSÃO

O estudo em questão representa um esforço significativo na aplicação de geotecnologias para a seleção criteriosa de locais destinados à instalação de Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs), com foco específico em Porto Murtinho/MS. A abordagem multifacetada adotada, que integra dados demográficos, ambientais e operacionais, revela-se fundamental para uma tomada de decisão informada e eficaz nesse contexto.

A transição perceptível na seleção de áreas para ETEs, priorizando aspectos ambientais e sociais em detrimento do viés puramente econômico, destaca a importância crescente da dimensão social nesse cenário. A expertise técnica emerge como elemento crucial na proposição de soluções que, mesmo implicando em custos mais elevados, buscam harmonizar considerações sociais, viabilidade econômico-financeira e preservação ambiental.

A utilização de ferramentas como sensoriamento remoto e Sistemas de Informação Geográfica (SIG) demonstra ser uma estratégia eficiente na obtenção de dados de qualidade, sem a necessidade de contato físico direto. A escolha criteriosa do *software* QGIS, uma plataforma de código aberto, evidencia uma abordagem que visa minimizar custos, tornando-se um ponto relevante em projetos dessa natureza.

A análise integrada de diferentes fatores, representados em mapas temáticos, permite uma compreensão abrangente do contexto local. O Mapa de Potencial para a Instalação de ETE, resultante desse estudo, emerge como uma ferramenta valiosa para avaliação do potencial de diferentes áreas no município de Porto Murtinho. A exclusão de áreas inadequadas, guiada por fatores limitantes, e a classificação do potencial com base em mapas não limitantes destacam a eficácia desse método.

A identificação de áreas com alta possibilidade de instalação, principalmente aquelas situadas até 1 quilômetro da faixa de segurança do perímetro urbano, fornece percepções valiosas para o planejamento urbano e a gestão eficiente dos recursos hídricos. Ademais, a análise complementar da Rosa dos Ventos gerada para o município de Porto Murtinho/MS permite identificar que os ventos predominantes formam um corredor no sentido norte/sul. Dessa forma, áreas localizadas mais a leste do mapa de potencial são indicadas, uma vez que a implantação da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) nessa região poderia resultar no menor transporte de odores ao perímetro urbano.

Em síntese, este estudo não apenas contribui para o entendimento da seleção de locais para ETEs, mas também destaca a relevância das geotecnologias e abordagens integradas para enfrentar desafios complexos no âmbito do saneamento ambiental. Essa metodologia

pode ser replicada em outras localidades, promovendo avanços significativos na gestão sustentável dos recursos hídricos e na busca por soluções ambientalmente responsáveis.

1.5 REFERÊNCIAS

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA 303, de 20 de março de 2002.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>>. Acesso em: janeiro de 2024.

COPERNICUS DIGITAL ELEVATION MODEL. **European Space Agency (ESA).** Disponível em: <<https://spacedata.copernicus.eu/pt/collections/copernicus-digital-elevation-model>>. Acesso em: março de 2024.

CURTIS K., LINDNER E. A., KOBIYAMA M. **The Effect of Sunlight on Faecal Coliforms in Ponds:** Implication for Research and Design. *Water Science Technology.* 1994; 26:7-8.

DSG – Departamento de Serviço Geográfico do Exército. **Carta Porto Murтинho.** Disponível em: <<https://bdgex.eb.mil.br/portal/index.php?lang=pt>>. Acesso em: janeiro de 2024.

ESRI Inc. - **ARC/INFO version 7.11.** Environmental Systems Research Institute Inc. New York, 1997, 1 CD ROM.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2024. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: janeiro de 2024.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Banco de Dados Meteorológicos. 2016. Disponível em: <<https://bdmep.inmet.gov.br/#>>. Acesso em: março de 2024.

LAKES. Lakes Environmental Software. WRPLOT View, 2018. Disponível em: <<https://www.weblakes.com/software/freeware/wrplot-view/>>. Acesso em: março de 2024.

LEMA J. M. **Curso de digestão anaeróbia aplicada a resíduos sólidos e líquidos.** In: Santana FB. Tratamento anaeróbio de águas residuárias da indústria de curtume. Monografia [Especialização em Engenharia Química] – Universidade Federal de Santa Catarina; 1997.

MICROSOFT OFFICE. Excel. Sistema operativo Microsoft Windows. 2016.

PARANHOS FILHO, A. C. *et al.* **Geotecnologias para aplicações ambientais.** Maringá/PR: UNIEDUSUL, 2021. 394 p.

PONTES FILHO, G. **Estradas de rodagem:** projeto geométrico. São Carlos, 1998.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. **QGIS Geographic Information System**. Versão 3.34.1 Prizren. 2023. Disponível em: https://www.qgis.org/pt_BR/site/forusers/download.html. Acesso em: março de 2024.

RAMOS, P. R.; RAMOS, L.A; LOCH, C. **Sensoriamento Remoto como Ferramenta para a Gestão Ambiental e o Desenvolvimento Local**. 7º Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, Florianópolis: UFSC, COBRAC. 2004.

SANESUL – Empresa de Saneamento do Estado de Mato Grosso do Sul. **Esgotamento Sanitário: Tratamento de Esgotos**. Site da SANESUL, 2009. Disponível em: <<http://www.sanesul.ms.gov.br>>. Acesso em: janeiro de 2024.

SCARATTI, D. *et al.* Influência das condições hidroclimáticas no tratamento de esgoto sanitário por lagoas de estabilização de esgoto. **Evidência**, Joaçaba, SC, v. 14, n. 2, p. 139-154, jul. 2014. Semestral. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8814599>>. Acesso em: março de 2024.

SiBCS – Sistema Brasileiro de Classificação de Solos / Humberto Gonçalves dos Santos ... [*et al.*]. – 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.: il. color.; 16 cm x 23 cm. ISBN 978- 85-7035-800-4.

SISLA. Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental. Disponível em: http://sisla.imasul.ms.gov.br/sisla/pagina_inicial2.php. Acesso em: janeiro de 2024.

SNIS. Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento. **Série Histórica: Municípios**. Brasília: Disponível em: < <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/#>>. Acesso em: março de 2024.

VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico das Águas Residuárias**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, v. III, 1996. 140 p.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014. 472 p.

USGS. **United States Geological Survey**. Imagem Landsat 9. Sensor OLI. Canais 3, 4, 5. Órbita 226 ponto 074. De 05 de agosto de 2023. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: março de 2024.

QUARTO CAPÍTULO: ELABORAÇÃO DE MAPA DE ÁREAS POTENCIAIS PARA A INSTALAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO NA REGIÃO DE PORTO MURTINHO/MS

Resumo: Este estudo versa sobre a relevância da seleção criteriosa de locais para a implantação de Aterros Sanitários, com ênfase em aspectos ambientais e sociais, utilizando geotecnologias como ferramentas fundamentais para uma análise abrangente e eficaz dos dados pertinentes. O principal objetivo consiste em elaborar um mapa temático destinado à identificação de áreas com potencial para a instalação de um aterro sanitário. Esse mapeamento baseia-se na aquisição e preparação de dados geoespaciais, incluindo imagens de satélite Landsat 9 OLI, o Copernicus Modelo Digital de Superfície (MDS) e informações ambientais. Os diferentes fatores foram categorizados como limitantes ou não para a instalação da infraestrutura, contemplando elementos como cursos d'água, áreas sujeitas a inundação, estradas, uso e ocupação do solo, declividade, solos e distâncias do perímetro urbano. Para otimizar os recursos e maximizar a eficiência da análise, optou-se pela utilização do *software* de Sistema de Informações Geográficas (SIG) QGIS, versão 3.34.1, uma plataforma de código aberto. A álgebra de mapas foi empregada para integrar os diferentes fatores considerados. O Mapa de Potencial para Instalação de Aterro Sanitário na Região de Porto Murtinho/MS foi elaborado, revelando que os fatores limitantes desempenham um papel crucial na identificação de áreas inadequadas, enquanto os fatores não limitantes são determinantes para classificar o potencial de instalação. A abordagem multifacetada, que contempla aspectos ambientais e operacionais, possibilita a identificação de áreas propícias para a implantação de aterros sanitários. Observou-se que a maioria das áreas com alto potencial de instalação está situada a uma distância de 2 (dois) quilômetros a 5 (cinco) quilômetros do perímetro urbano. Além disso, a análise suplementar da Rosa dos Ventos, elaborada para o município utilizando o *software* gratuito WRPLOT View, revela que os ventos predominantes criam um corredor no sentido norte/sul. Portanto, áreas situadas a leste são mais adequadas para a instalação do aterro sanitário, pois apresentam menor possibilidade de transporte de odores para a cidade.

Palavras-chave: SIG, QGIS, fatores limitantes, fatores não limitantes.

Abstract: This study focuses on the relevance of the careful selection of locations for the implementation of Sanitary Landfills, with an emphasis on environmental and social aspects, using geotechnologies as fundamental tools for a comprehensive and effective analysis of relevant data. The main objective is to prepare a thematic map aimed at identifying areas with potential for the installation of a landfill. This mapping is based on the acquisition and preparation of geospatial data, including Landsat 9 OLI satellite images, the Copernicus Digital Elevation Model (DEM) and environmental information. The different factors were categorized as limiting or not for the installation of infrastructure, covering elements such as watercourses, areas subject to flooding, roads, land use and occupation, slope, soil and distances from the urban perimeter. To optimize resources and maximize analysis efficiency, we chose to use the Geographic Information System (GIS) software QGIS, version 3.34.1, an open source platform. Map algebra was used to integrate the different factors considered. The Potential Map for Installing a Sanitary Landfill in the Porto Murtinho/MS Region was prepared, revealing that limiting

factors play a crucial role in identifying unsuitable areas, while non-limiting factors are decisive in classifying the installation potential. The multifaceted approach, which includes environmental and operational aspects, makes it possible to identify areas suitable for the implementation of sanitary landfills. It was observed that the majority of areas with high installation potential are located at a distance of 2 (two) kilometer to 5 (five) kilometer from the urban perimeter. Furthermore, the supplementary analysis of the Wind Rose, prepared for the municipality using the free software WRPLOT View, reveals that the prevailing winds create a corridor in the north/south direction. Therefore, areas located to the east are more suitable for installing a landfill, as they are less likely to transport odors to the city.

Keywords: GIS, QGIS, limiting factors, non-limiting factors.

1.1 INTRODUÇÃO

O aumento constante na geração de resíduos sólidos tem despertado uma preocupação crescente e mobilizado diversos setores da sociedade na busca por um ciclo de produção e disposição final mais adequado. A formulação de políticas eficazes nesse contexto requer embasamento técnico e científico sólido, especialmente no que diz respeito aos métodos de disposição, como os aterros sanitários (DALMAS *et al.*, 2011).

O aterro sanitário é uma das formas mais comuns de destinação de resíduos sólidos, envolvendo a disposição controlada e compactação do lixo sobre o solo, seguida pela cobertura com camadas de terra compactada. Essa prática, como destacado por Silva e Zaidan (2004), busca minimizar o volume ocupado pelos resíduos, garantindo ao mesmo tempo a preservação ambiental e a saúde pública.

Além de proporcionar uma destinação segura dos resíduos, os aterros sanitários também podem contribuir para a recuperação de áreas degradadas. Contudo, para que cumpram efetivamente seu papel, é fundamental a implantação e operação adequadas, como ressaltado por Crespo (2006), exigindo cuidados técnicos específicos e a escolha criteriosa do local.

A seleção do local para a instalação de um aterro sanitário constitui uma etapa crucial do processo, demandando uma análise minuciosa de diversos critérios. Tanto o Centro de Pesquisas Urbanas do Instituto Brasileiro de Administração Municipal (CPU/IBAM) quanto o Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo (IPT/SP) estabelecem diretrizes e requisitos técnicos fundamentais para essa seleção, considerando aspectos como propriedade, tamanho, localização e características ambientais da área em questão.

Nesse contexto, o emprego de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) desempenha um papel essencial, permitindo a delimitação precisa de áreas adequadas

para a localização do aterro sanitário. A integração de dados espaciais e descritivos, aliada à capacidade de simulação e análise oferecida por esses sistemas, possibilita uma tomada de decisão embasada em aspectos técnicos, ambientais e socioeconômicos.

Estes sistemas possibilitam a representação visual de informações em formato cartográfico, permitindo a manipulação matemática desses dados. Os mapas são utilizados como variáveis em equações, visando auxiliar na análise decisória, conforme a metodologia conhecida como Álgebra de Mapas (PARANHOS FILHO *et al.*, 2021). A utilização do *software* QGIS, versão 3.34.1 (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2023), se destaca como uma opção viável, por ser de código aberto e permitir uma personalização conforme as necessidades do usuário (LIMA; GUIMARÃES, 2000).

Considerando o exposto, o presente estudo tem como meta a criação de um mapa temático visando identificar áreas com potencial para a implantação de um aterro sanitário em Porto Murtinho/MS, utilizando geotecnologias para mapear locais adequados e, dessa forma, favorecer um planejamento mais eficiente nesse setor.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

1.2.1 DADOS VETORIAIS

O procedimento inicial para a elaboração do Mapa de Potencial para a Instalação de Aterro Sanitário na Região de Porto Murtinho/MS iniciou-se com a aquisição e preparação dos dados geoespaciais necessários para a análise de geoprocessamento. Todos os dados, tanto vetoriais quanto *raster*, foram convertidos para a projeção UTM, *datum* SIRGAS 2000 Fuso 21S, utilizando a função de reprojeção disponível no *software* QGIS 3.34.1 (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2023).

A escolha do *software* QGIS versão 3.34.1 (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2023) visa minimizar custos, sendo um SIG de código aberto distribuído sob a licença General Public License (GPL), permitindo acesso e modificação conforme as necessidades do usuário.

Os dados vetoriais, englobando elementos como vias públicas, limites político-administrativos e o perímetro urbano da cidade, foram obtidos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2024) em formato *shapefile* (ESRI, 1997). Ademais, informações sobre rodovias, corpos d'água, recursos hídricos e áreas sujeitas a inundação foram adquiridas junto ao Departamento de Serviço Geográfico do Exército (DSG, 2024). No que diz respeito aos tipos de solos, foram utilizadas informações do Sistema Interativo

de Suporte ao Licenciamento Ambiental (SISLA) do Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul (IMASUL).

1.2.2 DADOS MATRICIAIS

Neste estudo, foram empregadas imagens do satélite Landsat 9 (USGS, 2023), sensor *Operational Land Imager* (OLI) com a mesma data de passagem e um Modelo Digital de Superfície (MDS) (COPERNICUS, 2023).

Através do portal *Earth Explorer* do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS, 2023), foram adquiridas de forma gratuita as imagens Landsat 9 OLI (USGS, 2023), em formato GeoTIFF, com resolução de *pixel* de 30 (trinta) metros, órbita-ponto 226-074. Com data de 05/08/2023 e ausência de cobertura de nuvens na área de interesse, essas imagens possibilitaram uma classificação mais precisa dos atuais usos e ocupações do solo.

Copernicus consiste em um Modelo Digital de Superfície (MDS), representando a topografia da Terra (resolução espacial de 30 metros adquiridos por meio da missão TanDEM-X durante o período de 2011 a 2015. Disponibilizados para uso em 2019, esses conjuntos de dados permanecerão acessíveis até 2026.

1.2.3 MAPAS TEMÁTICOS

Com o propósito de mitigar a subjetividade no processo decisório para a seleção de locais destinados a Aterros Sanitários, uma diversidade de variáveis foi cartografada, cada uma delas atribuída com pesos que variam de 1 (um – inadequado) a 6 (seis – adequado) para mapas não restritivos e de 0 (zero – inadequado) a 1 (um – adequado) para mapas restritivos.

Para determinar os pesos, além da experiência profissional, foi utilizado como base a "Tabela dos Critérios para Pré-Seleção de Áreas para Implantação de Aterros Sanitários", desenvolvida pelo Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul (IMASUL), que se embasou em legislações de abrangência nacional, tais como: Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010; Resolução CONAMA nº 04, de 09 de outubro de 1995; Resolução CONAMA nº 308, de 21 de março de 2002; Resolução CONAMA nº 404, de 11 de novembro de 2008; ABNT. NBR 8.419 e ABNT NBR 13.896.

Foram considerados mapas limitantes aqueles que incorporam elementos, sejam eles físicos, técnicos, financeiros ou legais, capazes de inviabilizar a implantação do aterro. Incluem-se entre estes: Mapa Temático de Cursos Hídricos, Mapa Temático de Terrenos

Sujeitos a Inundação, Mapa Temático de Estradas, Mapa Temático de Uso e Ocupação do Solo e Mapa Temático de Distância Máxima Exequível.

Por outro lado, os mapas não limitantes abrangem fatores cuja variação de potencial não impede a realização da instalação. Estes incluem: Mapa Temático de Declividade, Mapa Temático de Solo e Mapa Temático de Distância do Limite Urbano.

1.2.3.1 MAPA TEMÁTICO DE CURSOS HÍDRICOS

Com base nos dados vetoriais adquiridos junto ao Departamento de Serviço Geográfico do Exército (DSG, 2024), os cursos d'água dentro dos limites do município foram ajustados para o sistema de coordenadas UTM, utilizando o *datum* SIRGAS 2000 Fuso 21S, com o propósito de sua incorporação neste estudo.

A análise da "Tabela de Critérios para Pré-Seleção de Áreas para Implantação de Aterros Sanitários", elaborada pelo Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul (IMASUL), indica que a localização dessas instalações é recomendada somente a partir de 500 (quinhentos) metros dos cursos d'água, resultando na criação de um *buffer* com essa extensão ao redor dos corpos hídricos.

Por ser uma restrição relevante, as áreas localizadas dentro do *buffer* de 500 (quinhentos) metros foram designadas com peso 0 (zero – inadequado), enquanto as demais regiões foram atribuídas com peso 1 (um – adequado). Posteriormente, o *shapefile* foi convertido em *raster*, com uma resolução de *pixel* de 30 (trinta) metros, para a produção do Mapa Temático de Cursos Hídricos (Figura 14).

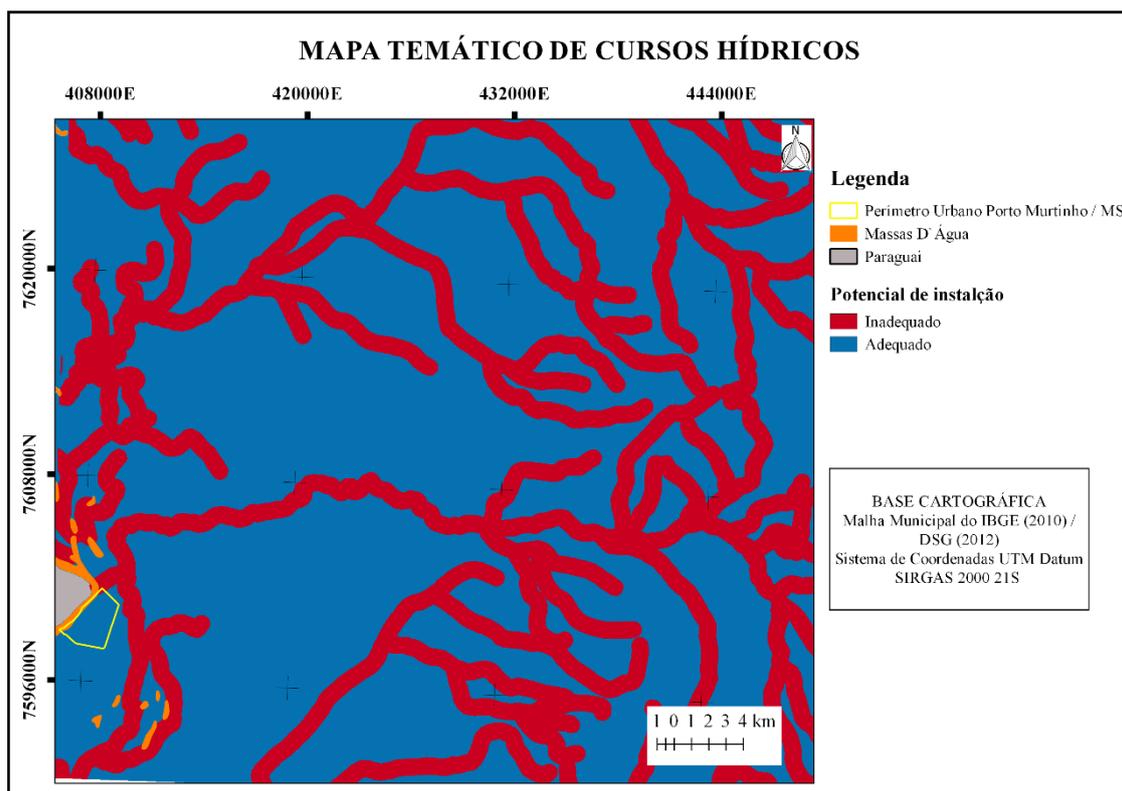


Figura 14. Mapa Temático de Cursos Hídricos, para instalação de Aterro Sanitário, no município de Porto Murtinho/MS.

1.2.3.2 MAPA TEMÁTICO DE TERRENOS SUJEITOS A INUNDAÇÃO

Assim como abordado no capítulo anterior, em consideração à necessidade de evitar a localização de aterros sanitários em áreas suscetíveis a inundações devido a questões ambientais, construtivas e de execução, foi obtido junto ao Departamento de Serviço Geográfico do Exército (DSG, 2024) um arquivo vetorial datado de 2012, delineando as zonas sujeitas a inundação na região de interesse. Este arquivo foi reprojeto e recortado para abranger exclusivamente a área de estudo. Dada a relevância deste critério, os terrenos suscetíveis à inundação foram categorizados com peso 0 (zero – inadequado), enquanto as demais áreas foram atribuídas com peso 1 (um – adequado). Tais informações foram empregadas na elaboração do Mapa Temático de Terrenos Sujeitos a Inundação (Figura 15).

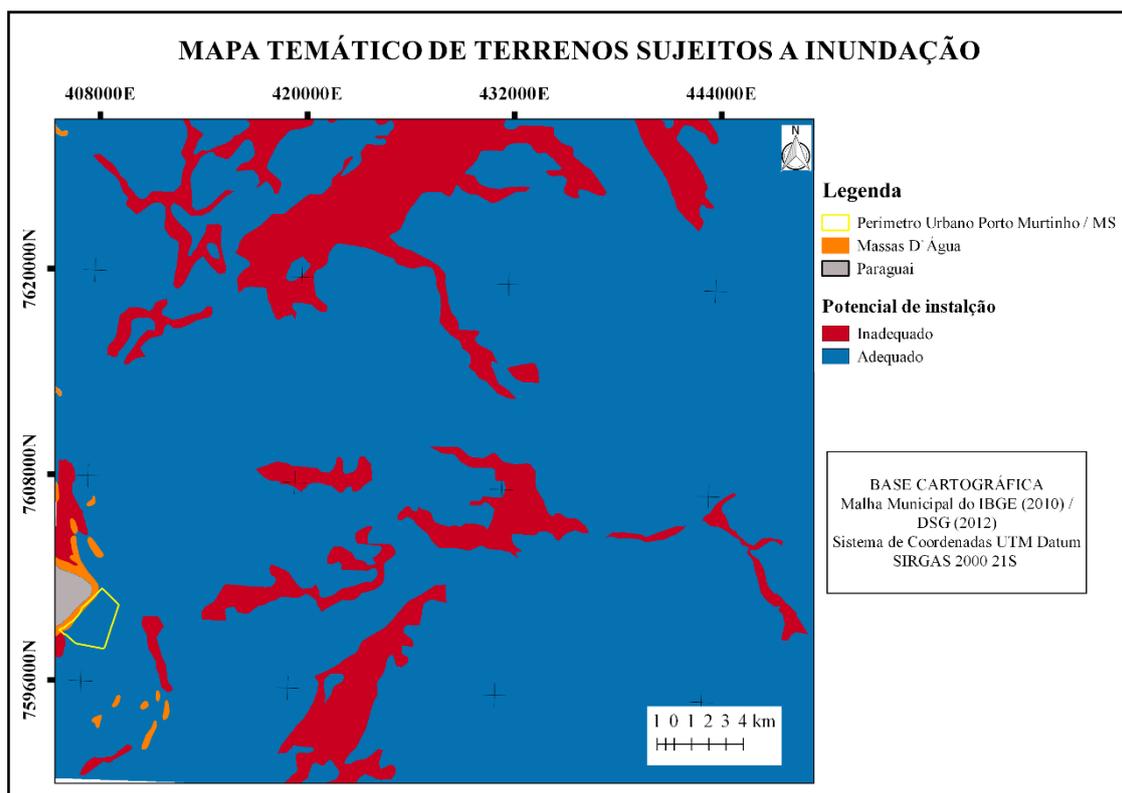


Figura 15. Mapa Temático de Terrenos Sujeitos a Inundação, para instalação de Aterro Sanitário, no município de Porto Murtinho/MS.

1.2.3.3 MAPA TEMÁTICO DE ESTRADAS

Utilizando o mesmo procedimento empregado na elaboração do Mapa Temático de Cursos Hídricos, com base nos dados geográficos de Porto Murtinho fornecidos pelo Departamento de Serviço Geográfico do Exército (DSG, 2024), foram adquiridos os trechos rodoviários do município, já em formato vetorial.

De acordo com a "Tabela de Critérios para Pré-Seleção de Áreas para Implantação de Aterros Sanitários", elaborada pelo Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul (IMASUL), estabelece-se que a distância mínima entre as estradas de acesso e o aterro sanitário deve ser de 300 (trezentos) metros. Assim, em conformidade com essa restrição, foi definida um *buffer* de segurança com 300 (trezentos) metros de largura.

Concluiu-se que a implantação de um aterro sanitário dentro dessa faixa de segurança seria inviável. Portanto, considera-se esse mapa como limitante, atribuindo peso 0 (zero – inadequado) às áreas contidas no *buffer*, enquanto as demais regiões receberam peso 1 (um – adequado). Por fim, o arquivo *shapefile* foi rasterizado com um *pixel* de 30 (trinta) metros para gerar o Mapa Temático de Estradas (Figura 16).

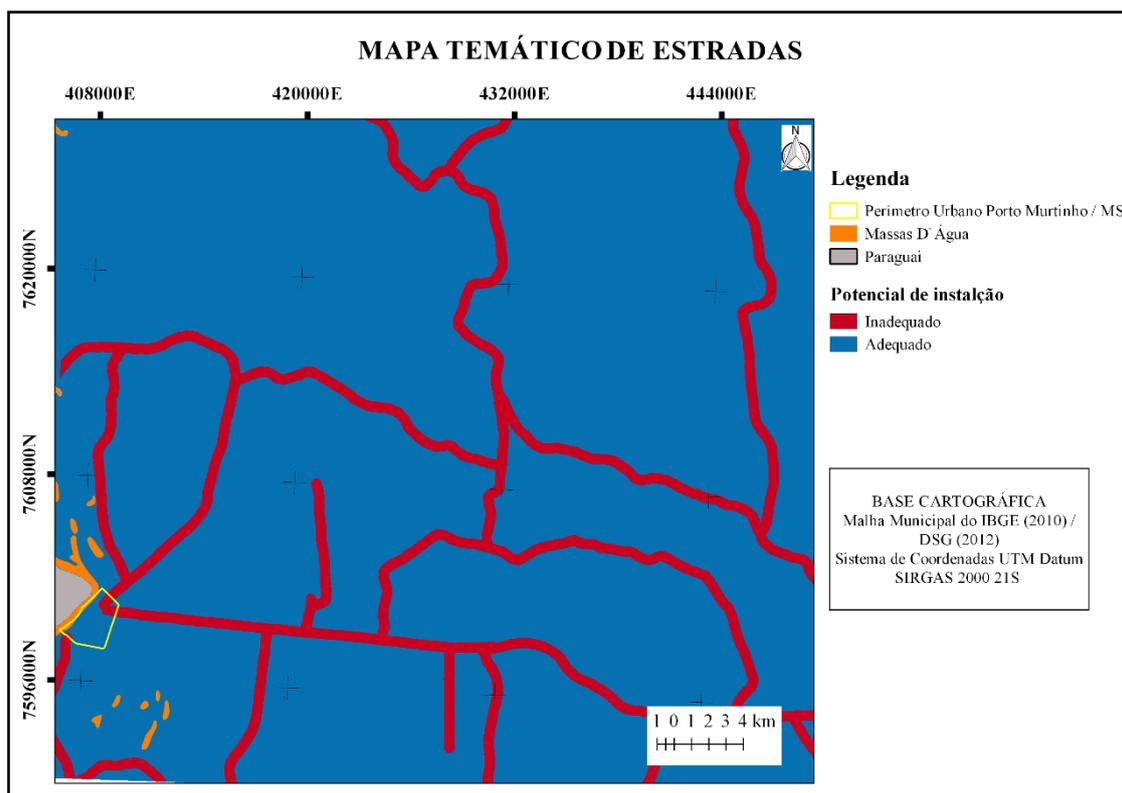


Figura 16. Mapa Temático de Estradas, para instalação de Aterro Sanitário, no município de Porto Murtinho/MS.

1.2.3.4 MAPA TEMÁTICO DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Utilizando as bandas 5 (infravermelho próximo), 4 (vermelho) e 3 (verde) do Landsat 9 OLI, com data de passagem em 05/08/2023 realizou-se a composição de bandas através da ferramenta de mesclagem do *software* QGIS 3.34.1 (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2023), resultando em uma imagem com capacidade de destacar os tons de vegetação.

Por meio da composição colorida infravermelho 543 da imagem Landsat 9 OLI, aplicou-se a classificação semi-automática supervisionada por meio do plugin Dzetsaka, definindo-se 6 (seis) classes distintas: Floresta Nativa, Floresta Plantada, Formação Nativa não Florestal, Corpos d'Água, Área não Vegetada e Agropecuária.

Posteriormente, essas classes foram agrupadas em 2 (duas) grandes categorias utilizando novamente a ferramenta de reclassificação "*r.reclass*" no *software* QGIS 3.34.1 (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2023). A primeira categoria inclui as áreas antropizadas, como áreas não vegetadas, agricultura e pastagens. A segunda categoria abrange as áreas nativas e/ou reflorestadas, áreas úmidas e corpos d'água.

Considerando que a instalação do aterro não prevê desmatamento e que este fator é limitante, foi atribuído peso 0 (zero – inadequado) às áreas nativas e/ou reflorestadas e

peso 1 (um – adequado) às áreas antropizadas. Assim, foi elaborado o Mapa Temático de Uso e Ocupação do Solo (Figura 17).

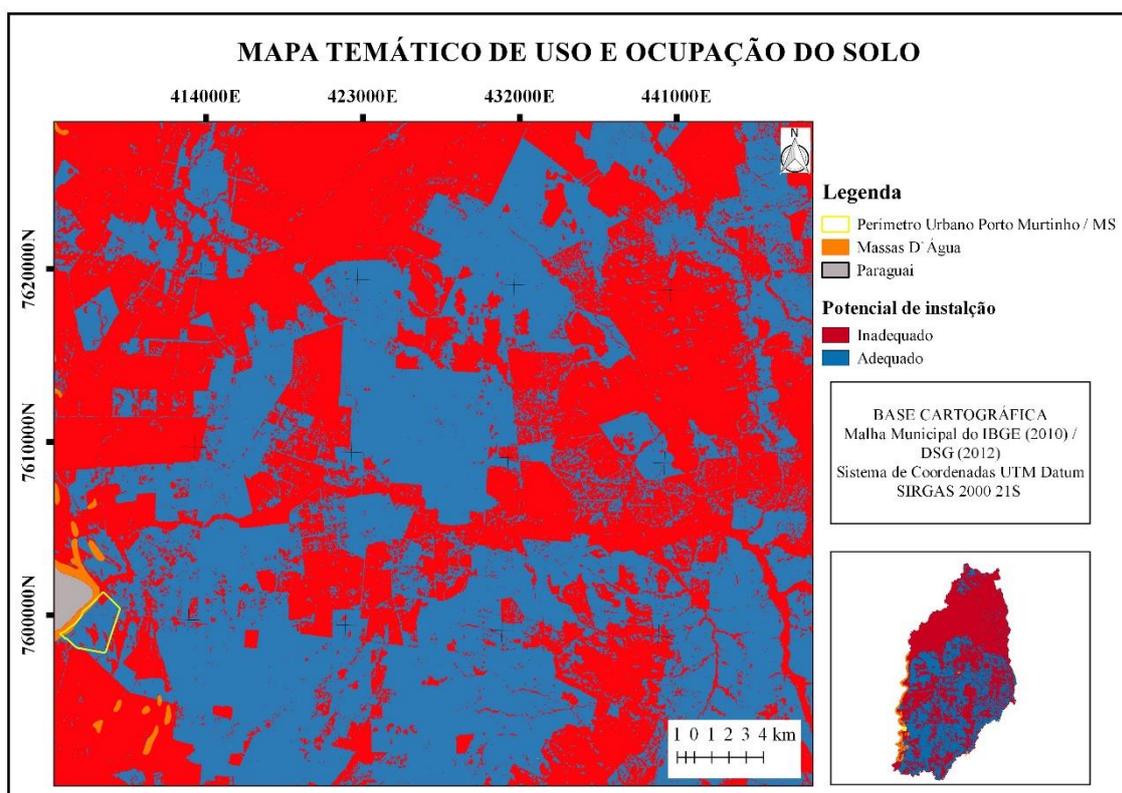


Figura 17. Mapa Temático de Uso e Ocupação do Solo, para instalação de Aterro Sanitário, no município de Porto Murtinho/MS.

1.2.3.5 MAPA TEMÁTICO DE DECLIVIDADE

Por meio do Copernicus Modelo Digital de Superfície (MDS) e utilizando a ferramenta "Declividade" integrada ao *software* QGIS 3.34.1 (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2023), os valores de declividade, originalmente expressos em metros, foram convertidos para porcentagens. Considerando que o relevo do município é predominantemente plano, o mapa de declividade não foi considerado como um fator limitante.

Com o objetivo de facilitar a implantação do aterro sanitário, foram atribuídos pesos aos intervalos de declividade predefinidos (Tabela 7) utilizando a ferramenta "*r.reclass*". Esses pesos variam de 1 (um – inadequado) a 6 (seis – adequado), resultando no Mapa Temático de Declividade (Figura 18).

Tabela 7. Pesos atribuídos aos intervalos de declividade identificados no município de Porto Murtinho/MS.

Faixas de Declividade (%)	Peso Atribuído
0 – 2	6
2 – 4	5
4 – 6	4
6 – 8	3
8 – 10	2
> 10	1

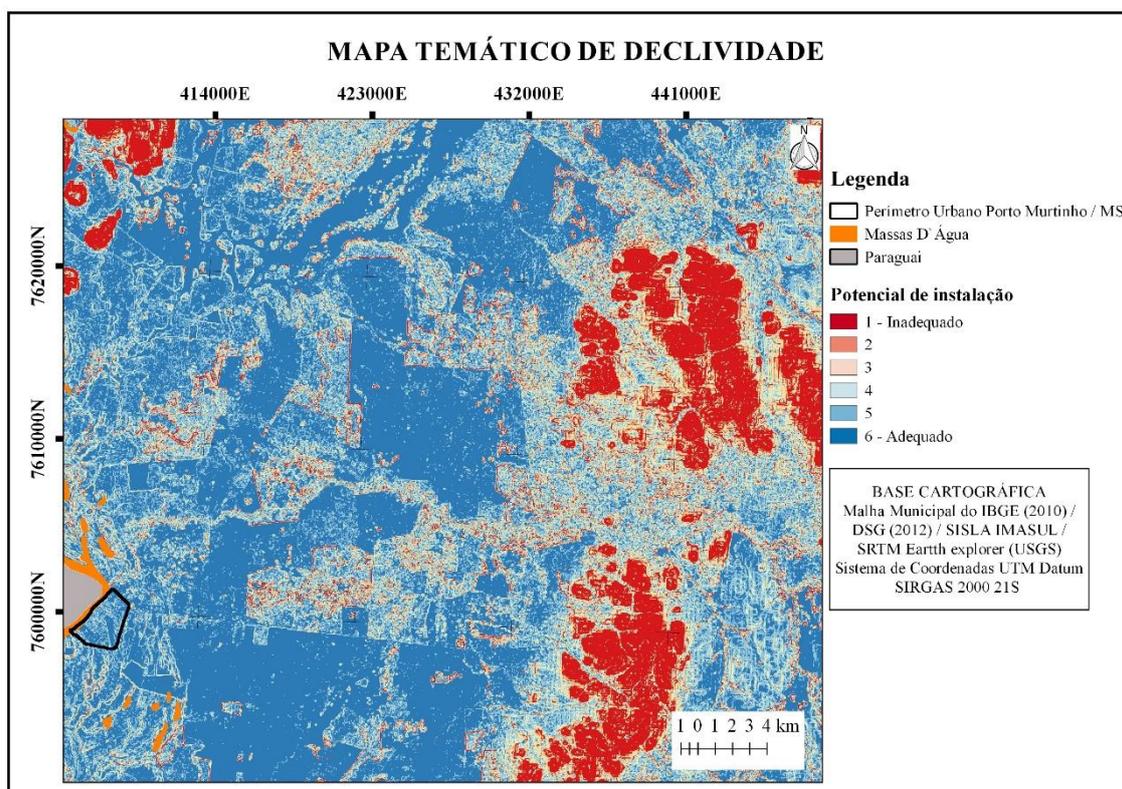


Figura 18. Mapa Temático de Declividade, para instalação de Aterro Sanitário, no município de Porto Murtinho/MS.

1.2.3.6 MAPA TEMÁTICO DE SOLOS

O arquivo *shapefile* proveniente do Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental (SISLA, 2024) do IMASUL foi reconfigurado e delimitado para a área de interesse. Além disso, a nomenclatura dos tipos de solo foi atualizada de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (EMBRAPA, 2018).

Com o intuito de facilitar a implementação do aterro, com enfoque na estabilidade tanto construtiva quanto operacional, foram atribuídos pesos aos diversos tipos de solo

(Tabela 8), variando de 1 (um – inadequado) a 6 (seis – adequado). Em seguida, esses dados foram transformados em *raster* com uma resolução de *pixel* de 30 (trinta) metros, resultando na elaboração do Mapa Temático de Solos (Figura 19). Os Plintossolos e Planossolos receberam peso 1 (um – inadequado), considerando sua presença em áreas úmidas.

Tabela 8. Pesos atribuídos aos tipos de solos identificados no município de Porto Murtinho/MS.

Tipo de Solos Antigo Sistema	Tipo de Solo SiBCS (EMBRAPA, 2018)	Peso Atribuído
Latossolo Vermelho-Escuro Álico (LEa)	Latossolo	6
Vertissolo (V)	Vertissolo	5
Rendzina (AZ)	Chernossolo	4
Podzólico Vermelho-Escuro eutrófico (PELe)	Argissolo	3
Solos Litólicos eutróficos (Re)	Neossolo	2
Regossolo álico (REa)		
Regossolo eutrófico (REe)		
Solonetz Solodizado (SS)	Planossolo	1
Glei Pouco Húmico distrófico (HGPe)	Plintossolo	1

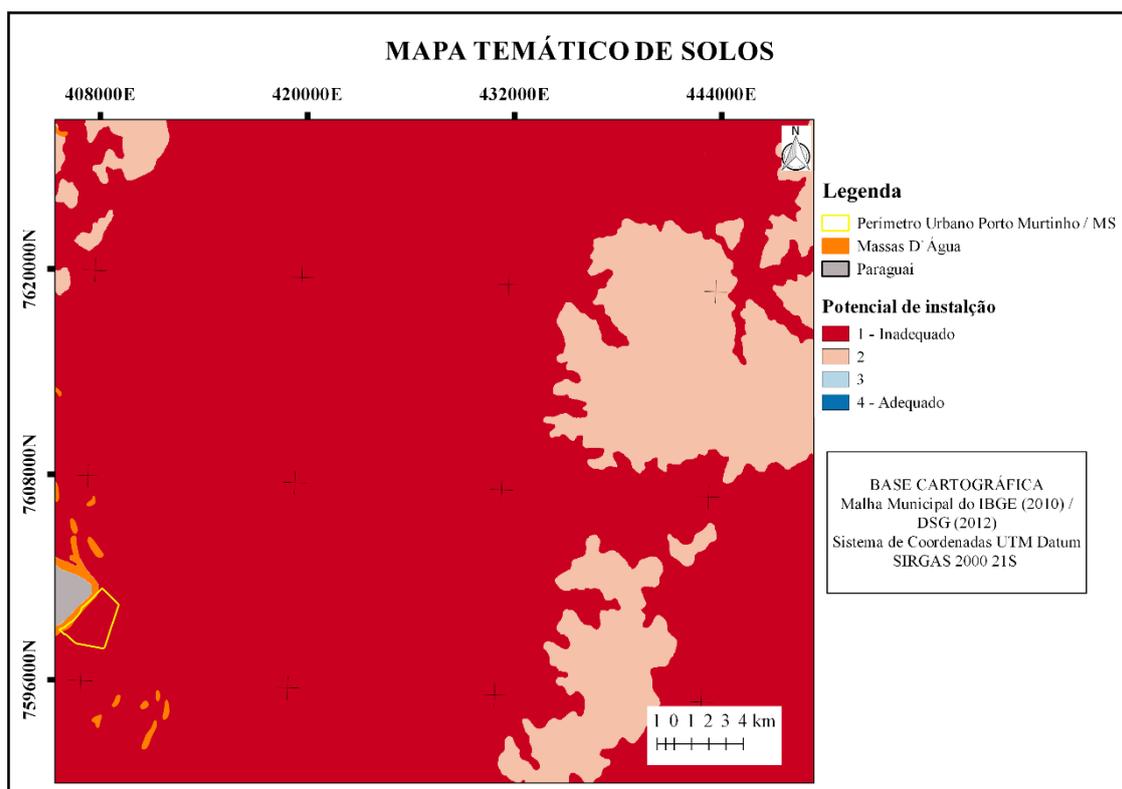


Figura 19. Mapa Temático de Solos, para instalação de Aterro Sanitário, no município de Porto Murtinho/MS.

1.2.3.7 MAPA TEMÁTICO DE DISTÂNCIA MÁXIMA EXEQUÍVEL

Conforme estipulado pela "Tabela de Critérios para Pré-Seleção de Áreas para Implantação de Aterros Sanitários", elaborada pelo Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul (IMASUL), não é aconselhável implantar aterros sanitários a uma distância inferior a 2 (dois) quilômetros de aglomerações urbanas, principalmente devido às questões relacionadas à emissão de odores. Além disso, por motivos logísticos, não se recomenda a instalação em uma distância superior a 25 (vinte e cinco) quilômetros do ponto central de geração de resíduos.

Portanto, foi delimitado um *buffer* de 2 (dois) quilômetros a partir do perímetro urbano do município, representando a distância mínima aceitável para a instalação do aterro sanitário. Da mesma forma, um *buffer* de 25 (vinte e cinco) quilômetros foi estabelecido a partir do perímetro urbano, definindo a distância máxima de instalação.

As áreas localizadas além dos limites de 25 (vinte e cinco) quilômetros, juntamente com aquelas dentro do perímetro urbano acrescido do *buffer* de 2 (dois) quilômetros, foram consideradas inadequadas para o estabelecimento do empreendimento (peso 0), enquanto as demais áreas receberam peso 1 (um). Por fim, os dados vetoriais foram convertidos em formato *raster*, com uma resolução de *pixel* de 30 (trinta) metros (Figura 20).

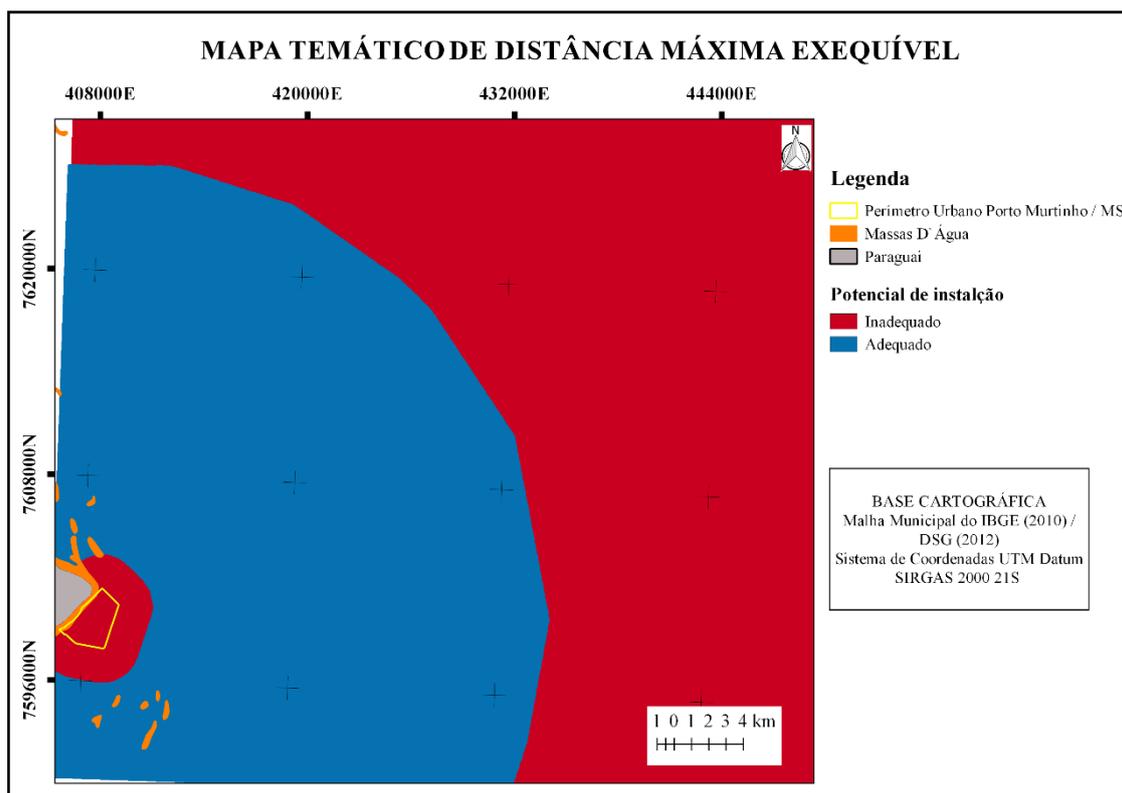


Figura 20. Mapa Temático de Distância Máxima Exequível, para instalação de Aterro Sanitário, no município de Porto Murtinho/MS.

1.2.3.8 MAPA TEMÁTICO DE FAIXAS DE DISTÂNCIA DO PERÍMETRO URBANO

De maneira análoga, foram atribuídos pesos de adequação para as seções da faixa exequível, que compreende a distância de 2 (dois) quilômetros a 25 (vinte e cinco) quilômetros do limite do perímetro urbano (Tabela 9). *Buffers* intermediários foram criados para representar essas seções, sendo-lhes atribuídos os respectivos pesos de 1 a 6. Posteriormente, esses *buffers* foram convertidos em formato *raster* para incorporação ao mapa (Figura 21).

Tabela 9. Pesos atribuídos às frações da faixa exequível, para o município de Porto Murtinho/MS.

Faixa (Km)	Peso Atribuído
0 – 2	1
2 – 5	6
5 – 10	5
10 – 15	4
15 – 20	3
20 – 25	2
> 25	1

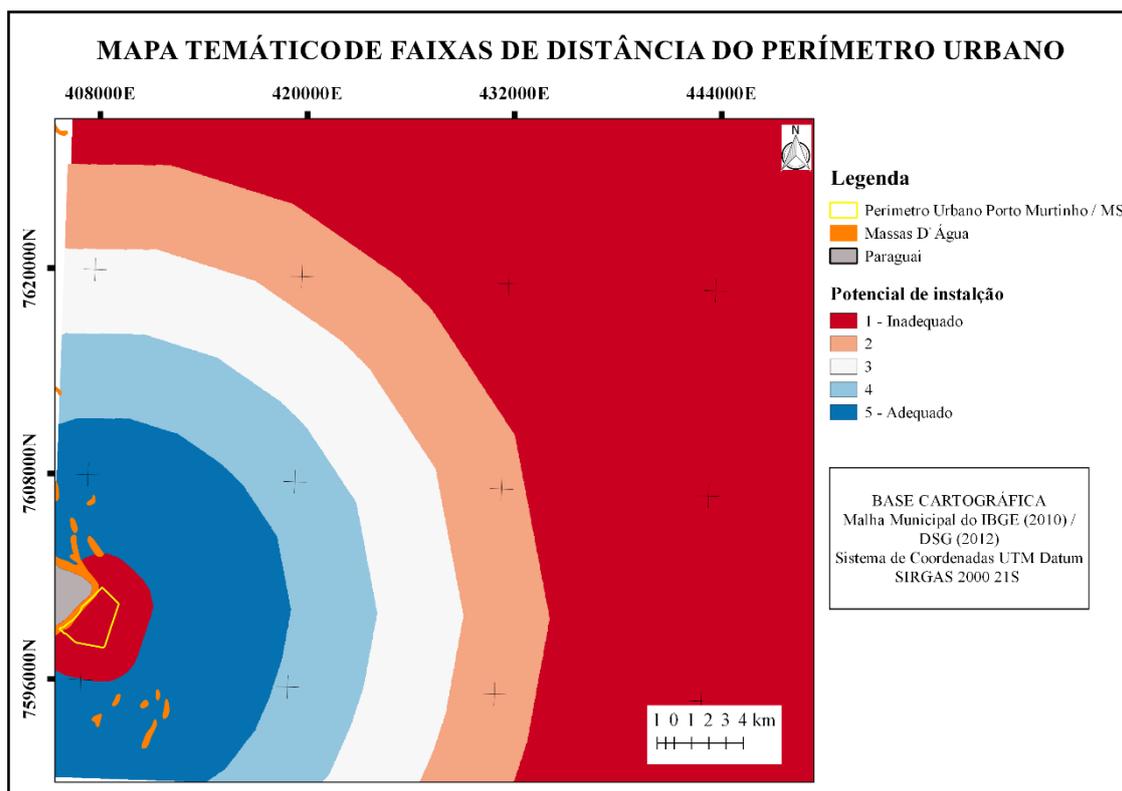


Figura 21. Mapa Temático de Faixas de Distância do Perímetro Urbano, para instalação de Aterro Sanitário, no município de Porto Murtinho/MS.

1.2.4 ÁLGEBRA DE MAPAS

Conforme ressaltado por Paranhos Filho *et al.* (2021), o ambiente dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) se destaca como o meio ideal para a integração de dados, informações e mapas de diversas temáticas. O conceito de álgebra de mapas, amplamente difundido na literatura de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, refere-se ao conjunto de operações aplicadas na manipulação de campos geográficos, como imagens, mapas temáticos e modelos numéricos de terreno (PARANHOS FILHO *et al.*, 2021).

No método adotado, os mapas *raster* foram utilizados como variáveis em uma equação por meio da ferramenta de calculadora *raster*. Os fatores limitantes foram multiplicados entre si e, em seguida, pelo produto da média geométrica dos não limitantes (Figura 22). Esse procedimento resultou na criação do Mapa de Potencial para a Instalação de Aterro Sanitário no município de Porto Murtinho/MS.

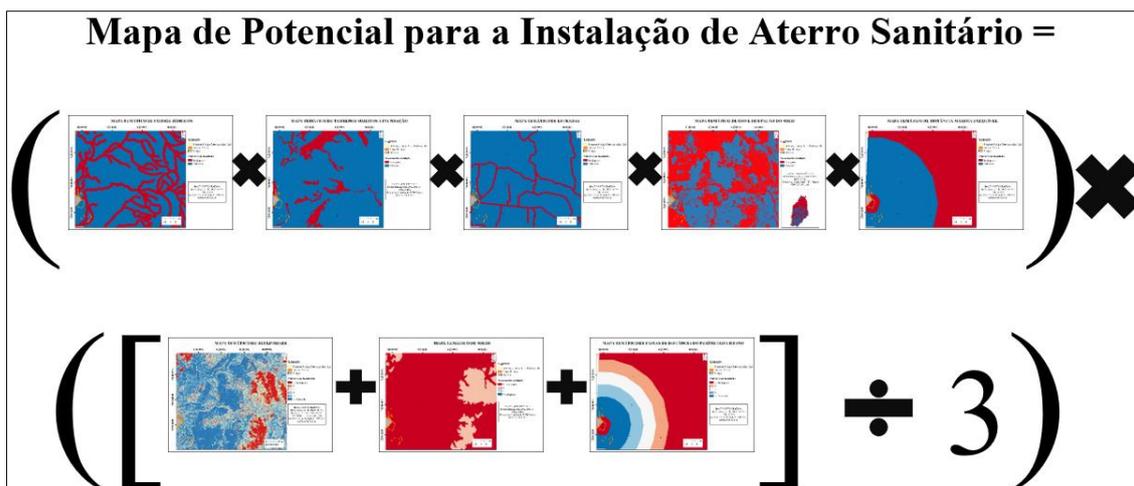


Figura 22. Equação composta pelos Mapas Temáticos para a elaboração do Mapa de Potencial para a Instalação de Aterro Sanitário, no município de Porto Murtinho/MS.

1.2.5 ROSA DOS VENTOS

A influência dos ventos no transporte de odores de um aterro sanitário é significativa e pode afetar diretamente áreas próximas ao local de disposição de resíduos. Ventos predominantes têm o potencial de transportar partículas odoríferas em diferentes direções, podendo impactar comunidades circunvizinhas. Dessa forma, por tratar-se de um critério relevante, elaborou-se a rosa dos ventos em complemento ao Mapa de Potencial, reforçando a fundamentação na escolha da área para a instalação do aterro sanitário.

Para tanto, os dados climatológicos da estação automática Porto Murtinho – A723 (INMET, 2024), referente ao período de 01/06/2016 a 30/09/2016 foram baixados e com o auxílio do *software* gratuito WRPLOT View (LAKES, 2018), obteve-se a rosa dos ventos (Figura 23).

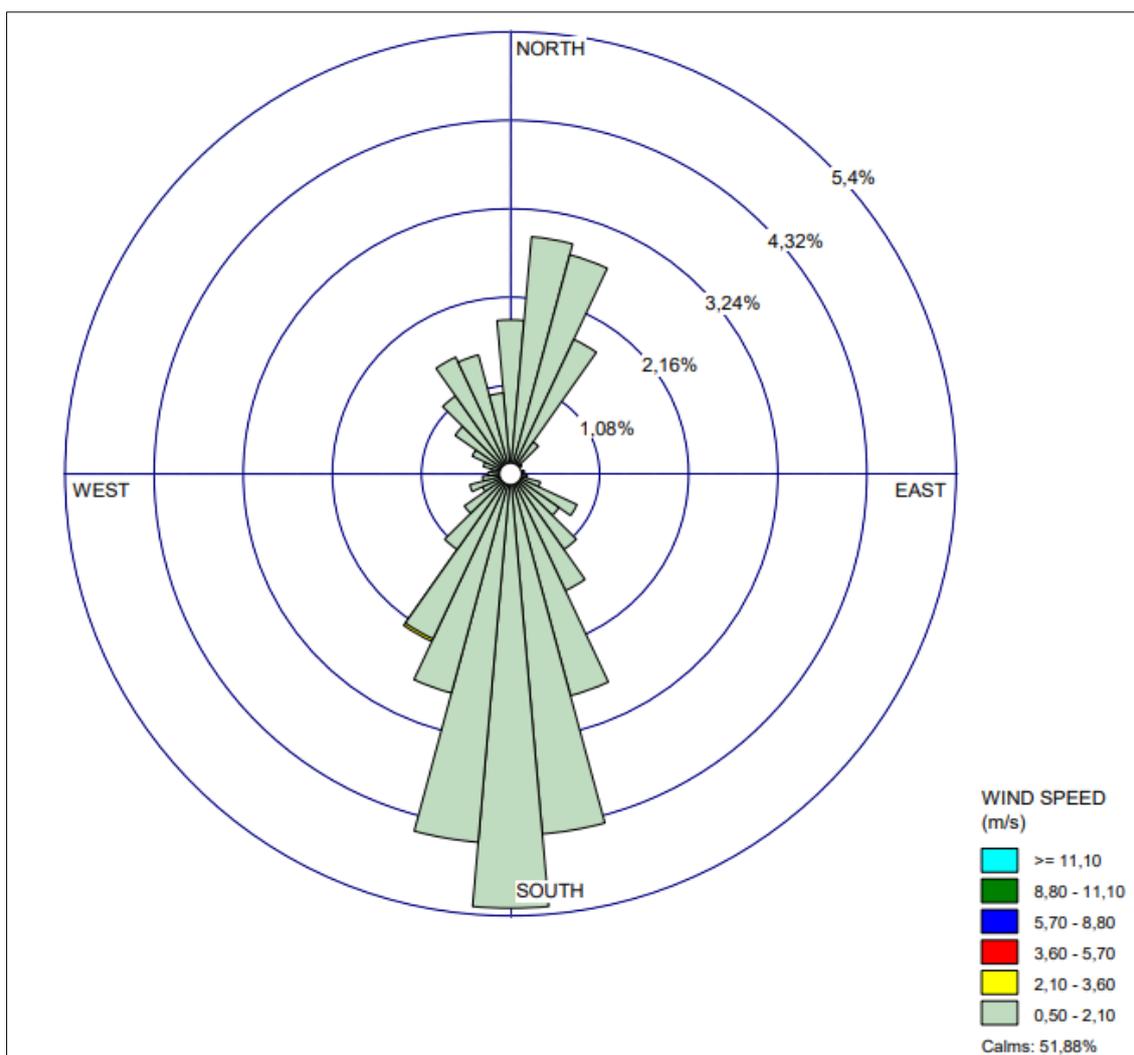


Figura 23. Rosa dos ventos para o município de Porto Murtinho/MS, referente ao período compreendido entre 01/06/2016 e 30/09/2016.

1.3 RESULTADO E DISCUSSÃO

A análise envolveu uma variedade de características ambientais e operacionais, como pode ser verificado nas Tabelas 10 e 11, resultando em uma compreensão abrangente do contexto. Essa abordagem multifacetada permitiu identificar tanto áreas inadequadas quanto apropriadas para o propósito em questão. A análise integrada desses fatores proporciona uma base sólida para a tomada de decisões, avaliando os riscos e benefícios de cada potencial local de instalação de um aterro sanitário.

Através da aplicação de álgebra utilizando mapas que representam tanto os fatores limitantes quanto os não limitantes, elaborados para a área de estudo, desenvolveu-se o Mapa de Potencial para a Instalação de Aterro Sanitário na região de Porto Murtinho/MS

(Figura 24). Este mapa permite a avaliação do potencial de diferentes áreas do município para a instalação da atividade, considerando os critérios analisados.

O Mapa resultante destacou que os fatores limitantes influenciaram na identificação das áreas inadequadas, excluindo-as da seleção final para a instalação do aterro sanitário. Por outro lado, os mapas não limitantes foram cruciais para classificar o potencial de instalação em diversos níveis.

Observa-se que a maioria das áreas com alta possibilidade de instalação está situada na faixa de 2 (dois) a 5 (cinco) quilômetros do perímetro urbano. Adicionalmente, ao considerar o resultado da Rosa dos Ventos gerada para o município de Porto Murtinho/MS, verificou-se que os ventos predominantes formam um corredor no sentido norte/sul. Portanto, são indicadas áreas localizadas à leste da cidade, visto que a implantação do aterro sanitário nessa região poderia resultar em menor carreamento de odores ao entorno.

Tabela 10. Critérios limitantes empregados para a elaboração do Mapa de Potencial para a Instalação de Aterro Sanitário na região de Porto Murtinho/MS.

Critério Limitantes	Inadequado	Adequado
Distância de Cursos Hídricos	≤ 500 m	> 500 m
Terrenos Sujeitos a Inundação	Interior das áreas indicadas	Exterior das áreas indicadas
Estradas	≤ 300 m	> 300 m
Uso e Ocupação do Solo	Área nativas e/ou reflorestadas	Áreas antropizadas
Distância Máxima Exequível	≤ 2 Km e > 25 Km	> 2 Km a ≤ 25 Km

Tabela 11. Critérios não limitantes empregados para a elaboração do Mapa de Potencial para a Instalação de Aterro Sanitário na região de Porto Murtinho/MS.

Critério Não Limitantes	Graus de Adequabilidade (1 – inadequado e 6 – adequado)					
	1	2	3	4	5	6
Declividade	$> 10\%$	$> 8\%$ a $\leq 10\%$	$> 6\%$ a $\leq 8\%$	$> 4\%$ a $\leq 6\%$	$> 2\%$ a $\leq 4\%$	0% a $\leq 2\%$
Solos	Plintossolo/ Planossolo	Neossolo	Argissolo	Chernossolo	Vertissolo	Latossolo
Faixas de Distância do Perímetro Urbano	0 Km a ≤ 2 Km e > 25 Km	> 20 Km a ≤ 25 Km	> 15 Km a ≤ 20 Km	> 10 Km a ≤ 15 Km	> 5 Km a ≤ 10 Km	> 2 Km a ≤ 5 Km

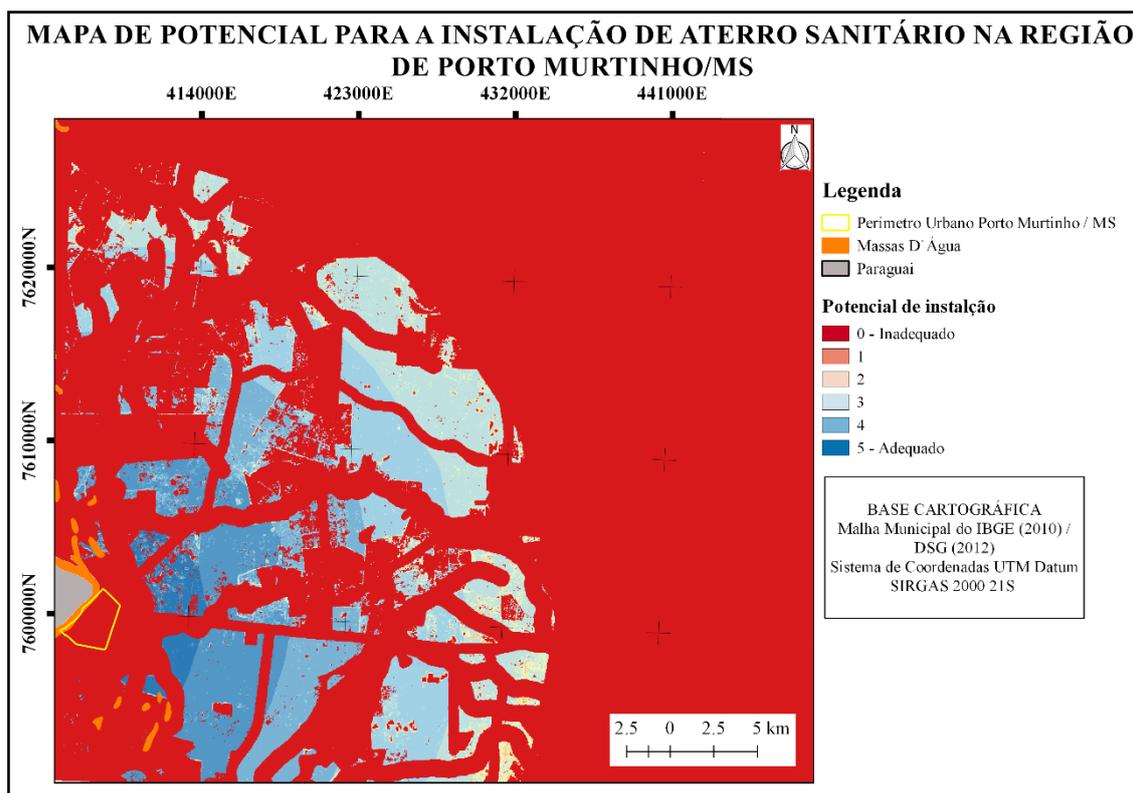


Figura 24. Mapa de Potencial para a Instalação de Aterro Sanitário para a região de Porto Murtinho/MS.

1.4 CONCLUSÃO

O estudo em questão representa uma iniciativa substancial na aplicação de geotecnologias para a seleção meticulosa de locais destinados à instalação de aterros sanitários, com foco específico em Porto Murtinho/MS. A abordagem multifacetada adotada, que integra dados ambientais e operacionais, revela-se fundamental para uma tomada de decisão eficaz nesse contexto.

A mudança perceptível na seleção de áreas para aterros sanitários, priorizando aspectos ambientais e sociais em detrimento do viés puramente econômico, ressalta a crescente importância da dimensão social nesse cenário. A expertise técnica emerge como elemento crucial na proposição de soluções que, mesmo implicando em custos mais elevados, buscam harmonizar considerações sociais, viabilidade econômico-financeira e preservação ambiental.

A utilização de ferramentas como sensoriamento remoto e Sistemas de Informação Geográfica (SIG) demonstra ser uma estratégia eficiente na obtenção de dados de qualidade, sem a necessidade de contato físico direto. A escolha criteriosa do *software*

QGIS, uma plataforma de código aberto, evidencia uma abordagem que visa minimizar custos, tornando-se um ponto relevante em projetos dessa natureza.

A análise integrada de diferentes fatores, representados em mapas temáticos, permite uma compreensão abrangente do contexto local. O Mapa de Potencial para a Instalação de Aterros Sanitários, resultante desse estudo, emerge como uma ferramenta valiosa para avaliação do potencial de diferentes áreas no município de Porto Murtinho/MS. A exclusão de áreas inadequadas, guiada por fatores limitantes, e a classificação do potencial com base em mapas não limitantes destacam a eficácia desse método.

A identificação de áreas com alta viabilidade de instalação, sobretudo aquelas posicionadas entre 2 (dois) e 5 (cinco) quilômetros do perímetro urbano, oferece dados relevantes para o planejamento urbano e a gestão eficaz dos recursos ambientais. Além disso, ao analisar os resultados da Rosa dos Ventos gerados para o município de Porto Murtinho/MS, constatou-se que os ventos predominantes formam um corredor no sentido norte/sul. Assim, áreas localizadas mais a leste do mapa potencial são recomendadas para a instalação do aterro sanitário, visando minimizar o transporte de odores para o entorno.

Em resumo, este estudo não apenas contribui para o entendimento da seleção de locais para aterros sanitários, mas também destaca a relevância das geotecnologias e abordagens integradas para enfrentar desafios complexos no âmbito do saneamento ambiental. Essa metodologia pode ser replicada em outras localidades, promovendo avanços significativos na gestão ambiental sustentável.

1.5 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 13.896: **aterros de resíduos não perigosos – critérios de projeto, implantação e operação - procedimentos**. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 8.419: **Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos**. Rio de Janeiro, 1992.

BRASIL. Presidência da República. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: janeiro de 2024.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 04, de 9 de outubro de 1995. **Estabelece as Áreas de Segurança Portuária – ASAs**. Disponível em: <<https://conama.mma.gov.br/>>. Acesso em: janeiro de 2024.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 308, de 21 de março de 2002. **Licenciamento Ambiental de sistemas de disposição final dos resíduos sólidos urbanos gerados em municípios de pequeno porte.** Disponível em: < <https://conama.mma.gov.br/>>. Acesso em: janeiro de 2024.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 404, de 11 de novembro de 2008. **Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterros sanitários de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos.** Disponível em: < <https://conama.mma.gov.br/>>. Acesso em: janeiro de 2024.

COPERNICUS DIGITAL ELEVATION MODEL. **European Space Agency (ESA).** Disponível em: <<https://spacedata.copernicus.eu/pt/collections/copernicus-digital-elevation-model>>. Acesso em: março de 2024.

CPU/IBAM – Centro de Pesquisas Urbanas do Instituto Brasileiro de Administração Municipal. **O que é preciso saber sobre limpeza urbana – tratamento e disposição final do lixo.** 1998. 18 p. (Secretaria Nacional de Saneamento – SNS – do Ministério da Ação Social – MAS).

CRESPO, D.P. (2006). **Estudo de viabilidade ambiental para implantação do Aterro Sanitário de Canaã dos Carajás.** Monografia (Especialização em Geoprocessamento) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

DALMAS, F.B.; GOVEIRA, S.S.; OLIVEIRA, F.R.; AMARAL, C.H.; MACEDO, A.B. (2011). **Geoprocessamento aplicado à gestão de resíduos sólidos na UGRHI-11 – Ribeira de Iguape e Litoral Sul.** Geociências, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 285-299.

DSG – Departamento de Serviço Geográfico do Exército. **Carta Porto Murinho.** Disponível em: < <https://bdgex.eb.mil.br/portal/index.php?lang=pt>>. Acesso em: janeiro de 2024.

ESRI Inc. - **ARC/INFO version 7.11.** Environmental Systems Research Institute Inc. New York, 1997, 1 CD ROM.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2024. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: janeiro de 2024.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Banco de Dados Meteorológicos. 2016. Disponível em: <<https://bdmep.inmet.gov.br/#>>. Acesso em: março de 2024.

IPT. **Lixo municipal:** manual de gerenciamento integrado. (Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo S. A.). Compromisso Empresarial para a Reciclagem (CEMPRE), 1995. 296 p. (Publicação IPT 2163).

LAKES. Lakes Environmental Software. WRPLOT View, 2018. Disponível em: <<https://www.weblakes.com/software/freeware/wrplot-view/>>. Acesso em: março de 2024

LIMA, G.S.A.; GUIMARÃES, L.T. (2000). **Metodologia para seleção de áreas para implantação de aterro sanitário municipal**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., 2000, Volta Redonda. Anais... Volta Redonda. p. 1-10.

MATO GROSSO DO SUL – MS. Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul – IMASUL. **Tabela dos Critérios para Pré-Seleção de Áreas para Implantação de Aterros Sanitários**. Disponível em: <https://www.imasul.ms.gov.br/residuos-solidos/criterios-para-subsidiar-a-selecao-de-areas-para-aterros-sanitarios/>. Acesso em: 12 jan. 2024.

PARANHOS FILHO, A. C. *et al.* **Geotecnologias para aplicações ambientais**. Maringá/PR: UNIEDUSUL, 2021. 394 p.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. **QGIS Geographic Information System**. Versão 3.34.1 Prizren. 2023. Disponível em: https://www.qgis.org/pt_BR/site/forusers/download.html. Acesso em: março de 2024.

SiBCS – Sistema Brasileiro de Classificação de Solos / Humberto Gonçalves dos Santos ... [et al.]. – 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.: il. color.; 16 cm x 23 cm. ISBN 978- 85-7035-800-4.

SILVA, X.J.; ZAIDAN, T.R. **Geoprocessamento e análise ambiental: aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. 368 p.

SISLA. **Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental**. Disponível em: http://sisla.imasul.ms.gov.br/sisla/pagina_inicial2.php. Acesso em: janeiro de 2024.

USGS. **United States Geological Survey**. Imagem Landsat 9. Sensor OLI. Canais 3, 4, 5. Órbita 226 ponto 074. De 05 de agosto de 2023. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: março de 2024.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação de geotecnologias no âmbito do saneamento ambiental, especialmente na região de Porto Murtinho/MS, desempenha um papel crucial na promoção do desenvolvimento sustentável e na melhoria da qualidade de vida da população local. A análise cuidadosa e integrada de dados demográficos, ambientais e operacionais, utilizando sistemas de informação geográfica (SIG) e sensoriamento remoto, proporciona uma base sólida para a tomada de decisões informadas e eficazes em relação ao planejamento e gestão dos recursos hídricos, redes de esgoto e destinação de resíduos sólidos.

Observa-se uma transição significativa na seleção de áreas para implantação de infraestruturas de saneamento, priorizando aspectos ambientais e sociais em detrimento

do viés puramente econômico. Este movimento ressalta a importância da análise multicritério, no qual a expertise técnica emerge como elemento crucial na proposição de soluções que visam harmonizar considerações sociais, viabilidade econômico-financeira e preservação ambiental.

A escolha apropriada de locais para a instalação de infraestruturas como Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) e aterros sanitários é fundamental para garantir a eficiência e a sustentabilidade desses empreendimentos. A consideração de diversos fatores, como cursos hídricos, áreas sujeitas a inundação, estradas, uso e ocupação do solo, declividade, solos, e distâncias de áreas urbanas, demonstra a complexidade e a importância desse processo decisório.

Sugere-se que estudos futuros em áreas a serem analisadas para identificação potencial de instalação de ETEs e Aterros Sanitários busquem informações referentes às alturas do lençol freático visando otimizar a álgebra de mapas e potencializar a capacidade de identificação das áreas recomendadas para instalação destes dispositivos de saneamento.

A utilização de ferramentas como sensoriamento remoto e Sistemas de Informação Geográfica (SIG) se revela como uma estratégia eficaz na obtenção de dados de qualidade, eliminando a necessidade de contato físico direto e contribuindo para uma análise integrada e abrangente do contexto local. A adoção de softwares de código aberto, como o QGIS, não apenas permite uma análise mais acessível e personalizada, mas também ressalta o compromisso com a otimização de recursos e a busca por soluções economicamente viáveis.

A elaboração de mapas temáticos detalhados, aliada à experiência técnica, oferece uma visão abrangente e precisa das condições locais, fornecendo informações valiosas para o planejamento urbano e a gestão eficiente dos recursos naturais. Tais análises não apenas contribuem para o entendimento aprofundado da interação entre geotecnologias e saneamento em Porto Murtinho/MS, mas também destacam a importância dessas ferramentas para enfrentar desafios complexos no âmbito do saneamento ambiental. Espera-se que esta abordagem possa servir de modelo para outras localidades, promovendo avanços significativos na gestão ambiental e no bem-estar de outras comunidades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASATO, T. A; GONÇALVES, D. F; WILKE, E. P. Perspectivas do Corredor Bioceânico para o Desenvolvimento Local no estado de MS: o caso de Porto Murtinho. **Interações (Campo Grande)**, [S.L.], p. 141-157, 30 jul. 2019. Universidade Católica Dom Bosco. <http://dx.doi.org/10.20435/inter.v20iespecial.2476>.

CARELLI, L.; LOPES, P. P. Caracterização fisiográfica da Bacia Olhos d'água em Feira de Santana/BA: geoprocessamento aplicado à análise ambiental. DOI: <https://doi.org/10.5216/bgg.v31i2.16844>. **Boletim Goiano de Geografia, Goiânia**, v. 31, n. 2, p. 43-54, 2011. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/bgg/article/view/16844/10254>. Acesso em: 20 dez. 2023.

GIOMETTI, A. B. R; PANCHER, A. M. **Geotecnologias na Representação do Espaço Geográfico**. 2012. Disponível em: https://acervodigital.unesp.br/bitstream/123456789/47179/1/u1_d22_v9_t06.pdf. Acesso em: 20 dez. 2023.

CÂMARA, G; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V., **Introdução à ciência da informação**. 2004. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>. Acesso em: 20 dez. 2023.

MIOTO, C. L.; PARANHOS FILHO, A. C. & ALBREZ, E. do A.. Contribuição à caracterização das sub-regiões do Pantanal. **Entre-Lugar**, v. 3, n. 6, p. 165-180, 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. **Porto Murtinho**. Disponível em: <ht-tps://cidades.ibge.gov.br/brasil/ms/porto-murtinho/panorama>. Acesso em: 21 dez. 2023.

STRAUBE, F. C; URBEN-FILHO, A; NUNES, A. P, TÓMAS, W. M; VIEIRA-DA-ROCHA, M. C. Avifauna do Pantanal de Nabileque (Mato Grosso do Sul). **Atualidades Ornitológicas** N° 134 - Novembro/Dezembro 2006. Disponível em: <http://www.ao.com.br/download/nabilequ.pdf>. Acesso em: 21 dez. 2023.

AB'SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. 159 p.

ANEXO I



RGSA – Revista de Gestão Social e Ambiental

ISSN: 1981-982X

Data de submissão: 13/11/2023

Data de aceite: 12/01/2024

DOI: <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n2-066>

Organização: Comitê Científico Interinstitucional

Editor Chefe: Christian Luiz da Silva

Avaliação: Double Blind Review pelo SEER/OJS

SCIENTOMETRICS AND BIBLIOMETRICS OF GEOTECHNOLOGIES AND SANITATION STUDY IN THE PORTO MURTINHO REGION

Nelson Ferreira Corrêa¹
 Antonio Conceição Paranhos Filho²
 Vinícius de Oliveira Ribeiro³
 Jonailce Oliveira Diodato⁴

ABSTRACT

Objective: To map the scientific production and simultaneously highlight specific research gaps, offering a comprehensive view of the current state of knowledge at the intersection of geotechnologies and sanitation in the Porto Murtinho/MS region.

Theoretical framework: Systematic analysis of scientific studies allows for the identification of trends and specific characteristics in various areas of knowledge. Bibliometrics is associated with Scientometrics, focusing on the quantitative measurement.

Method: This research approach uses quantitative methods to examine scientific production and the distribution of academic work in this specific field. In this way, we mapped the existing theses and dissertations in the Library of Theses and Dissertations (BDTD), identified the predominant publication sources and demonstrated gaps in existing knowledge.

Results and conclusion: The scarcity of studies on geoprocessing in Porto Murtinho is due to exploration limitations in the area, scarce resources and required specialization. Lack of local outreach also affects visibility. This lack highlights the urgency of more research and scholarly contributions, focusing on specific challenges. Raising awareness about the importance of exploring this area should motivate the search for new perspectives and solutions.

Research implications: Guiding future research and development strategies in the area, thus contributing to the progress and improvement of practices related to sanitation in Porto Murtinho.

Originality/value: This literature review avoids redundancies, guarantees the efficiency of resources used in new research, validates and contextualizes the results obtained, strengthening the credibility of the findings.

Keywords: Porto Murtinho, Geoprocessing, Chaco, Sanitation.

¹ Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brazil.

E-mail: nelison.correa@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4210-0619>

² Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brazil.

E-mail: antonio.paranhos@ufms.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9838-5337>

³ Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brazil.

E-mail: vinicius.ribeiro@uemms.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4373-1132>

⁴ Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brazil.

E-mail: jodiodato@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0463-9456>