

# REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:  
Investigación, desarrollo y práctica.

## IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS FAVORÁVEIS A IMPLANTAÇÃO DE ATERROS SANITÁRIOS ENTRE MUNICÍPIOS DO SERTÃO NO ESTADO DA PARAÍBA, BRASIL

\*José Ludemario da Silva Medeiro <sup>1</sup>

William de Paiva <sup>1</sup>

Tássio Jordan Rodrigues Dantas da Silva <sup>1</sup>

Maxsuel Bezerra do Nascimento <sup>1</sup>

Janaína Aparecida Cezario <sup>1</sup>

Daniele de Almeida Carreiro <sup>2</sup>

Laércio Leal dos Santos <sup>1</sup>

## IDENTIFICATION OF AREAS FAVORABLE FOR THE IMPLEMENTATION OF SANITARY LANDFILLS BETWEEN SERTÃO MUNICIPALITIES IN THE STATE OF PARAÍBA, BRAZIL

Recibido el 6 de noviembre de 2021. Aceptado el 25 de abril de 2022

### Abstract

*This work aimed to identify potential areas for the installation of landfills among the nine municipalities of the Region Geoadministrative of Pombal (RGP), located in the interior of the State of Paraíba, based on current environmental legislation. The methodology proposed for the study consists of the use of geotechnologies, mainly the Qgis software, version 3.10.12, for the preparation of thematic maps based on the minimum criteria for landfill implantation, established by the current environmental legislation and competent public agencies, which are standardized for the same unit, assigning weights according to their aptitudes, based on the Analytic Hierarchy Process (AHP) methodology, classifying them in proper, good, regular and inappropriate areas for the implementation of a landfill. Among the results obtained, it was found that the most suitable sites according to the established criteria correspond to 1.5% (4.5 thousand ha) of the total area of the RGP. On the other hand, the unsuitable localities cover about 47% (136 thousand ha) of the studied region. Finally, it is expected that the information collected from this study will serve as a technical and scientific basis for the preparation of projects and/or programs for the municipal solid waste sector in the municipalities of RGP.*

**Keywords:** landfill implementation, geoprocessing, solid waste, Geoadministrative Region of Pombal.

<sup>1</sup> Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual da Paraíba, Brasil.

<sup>2</sup> Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil.

\*Autor correspondente: Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual da Paraíba, Campus Universitário, s/n, Bodocongó, Campina Grande/PB, CEP: 58109-790, Brasil. Email: [joseludemariomedeiros@gmail.com](mailto:joseludemariomedeiros@gmail.com)

## Resumo

Este trabalho teve como objetivo realizar a identificação das áreas potenciais à instalação de aterros sanitário entre os nove municípios da Região Geoadministrativa de Pombal (RGP), localizada no sertão do Estado da Paraíba, com base na legislação ambiental vigente. A metodologia proposta para o estudo, consiste no uso das geotecnologias, principalmente o *software* Qgis, na versão 3.10.12, para a elaboração de mapas temáticos a partir dos critérios mínimos para implantação de aterro sanitário, estabelecidos pela legislação ambiental vigente e órgãos públicos competentes, sendo os mesmos padronizados para a mesma unidade, atribuindo pesos de acordo com suas aptidões, com base na metodologia *Analytic Hierarchy Process* (AHP), classificando-as em áreas próprias, boas, regulares e impróprias para implantação de aterro sanitário. Dentre os resultados obtidos, verificou-se que os locais mais adequados de acordo com os critérios estabelecidos correspondem a 1.5% (4.5 mil ha) da área total da RGP. Por outro lado, as localidades inaptas abrangem cerca de 47% (136 mil ha) da região estudada. Por fim, espera-se que as informações levantadas do presente estudo sirvam de base técnica e científica na elaboração de projetos e/ou programas para o setor municipal de resíduos sólidos dos municípios da RGP.

**Palavras-chave:** localização de áreas para aterro sanitário, geoprocessamento, resíduos sólidos, Região Geoadministrativa de Pombal.

## Introdução

No Estado da Paraíba, de acordo com o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Estado da Paraíba (PGIRS-PB), a gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) é executada de modo incipiente, como na maioria das Unidades Federativas do Brasil, sendo que 91% dos municípios paraibanos dispõem seus RSU de forma inadequada em lixões que caracterizam-se pela disposição destes RSU sobre o terreno sem qualquer técnica especial de proteção para o meio ambiente ou à saúde pública, ocasionando, assim, a contaminação do solo, dos recursos hídricos e do ar (Serhmact, 2015).

Neste contexto, a problemática de geração de RSU está presente na Região Geoadministrativa de Pombal (RGP). De acordo com o último censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), publicado no ano de 2010, referente 2008, a população na RGP era cerca de 76.377 habitantes e a geração de RSU eram de 47 toneladas/dia (IBGE, 2010), com a estimativa para o ano de 2030 totalizando cerca de 54 toneladas por dia, sendo que o município de Pombal é responsável pela maior parte da geração. Vale ressaltar, que as cidades inseridas na RGP realizam a disposição final dos RSU de maneira inapropriada em lixões (Serhmact, 2015).

Diante deste cenário, os aterros sanitários constituem uma alternativa ambientalmente correta para a disposição final de resíduos sólidos. No entanto, faz-se necessário a seleção apropriada da área que se deseja implantar o referido aterro, devendo, aliado a isso, serem realizados diversos estudos, observando os critérios técnicos, ambientais e econômicos (Almeida, 2016).

A escolha de locais apropriados para essa destinação pode ser auxiliada por geotecnologias, que são capazes de coletar, tratar, manipular e apresentar dados georreferenciados, por meio de

técnicas de Sensoriamento Remoto (SR), Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e *Global Positioning System* (GPS) (Almeida, 2016). As geotecnologias constituíram-se, ao longo dos anos, em uma ferramenta importantíssima nas avaliações e planejamento em estudos ambientais, podendo ser utilizada, também, na gestão e gerenciamento dos RSU.

De acordo com Carvalho (2017), a utilização das geotecnologias em estudos de áreas para aterros sanitários, em especial o SIG, apresenta uma variedade de vantagens, como, por exemplo: permite construir bancos de dados e armazenar diferentes tipos de dados; permite análises espacial de extensas áreas em reduzido período de tempo; permite a integração de vários tipos de dados; e reduz o tempo de análise e os custos envolvidos.

Partindo destes pressupostos, este trabalho teve como objetivo identificar áreas favoráveis à implantação de um aterro sanitário entre os nove municípios da RGP, inserida na região do sertão do Estado da Paraíba, tendo em vista minimizar os efeitos negativos ao meio ambiente, bem como atender a legislação ambiental vigente, contribuindo, assim, para a qualificação da gestão dos RSU da RGP, além da preservação ambiental.

## Metodologia

### Localização da área de estudo

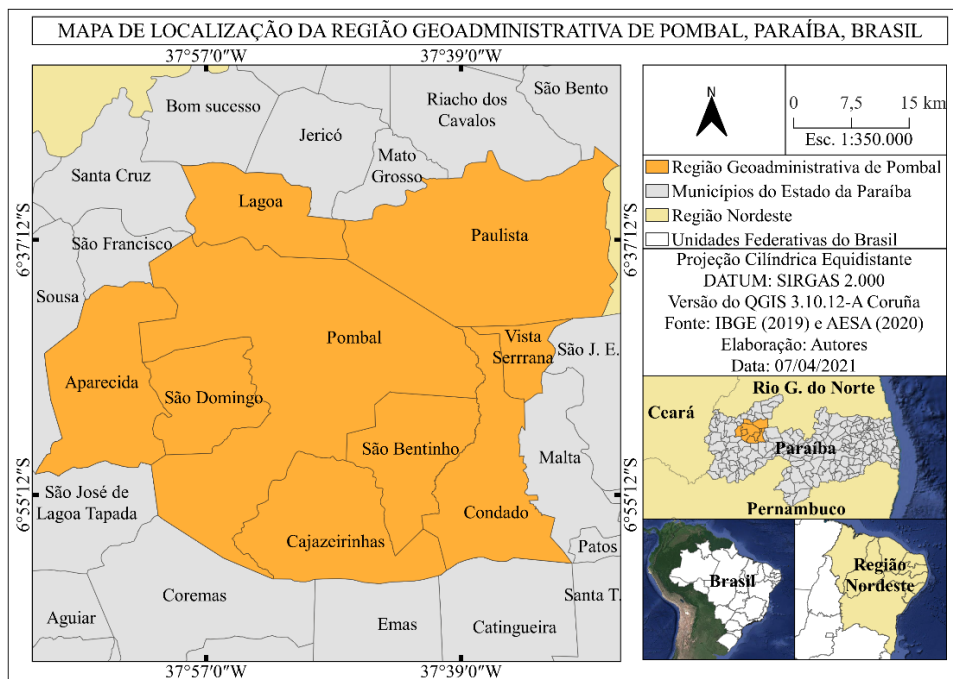


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo. Fonte: Autoria própria (2021).

A área de estudo situa-se na região Oeste do estado da Paraíba, na Mesorregião do Sertão Paraibano e na Microrregião de Sousa, sendo formada por nove municípios circunvizinhos: Cajazeirinhas, Pombal, São Bentinho, Lagoa, Vista Serrana, Aparecida, Condado, Paulista e São Domingos, como se pode observar na Figura 1. A RGP detém uma área de 2.935 km<sup>2</sup> e a população no ano de 2010, de acordo com o último censo do IBGE, era cerca de 76.377 habitantes (IBGE, 2010).

### Construção do banco de dados cartográficos digitais

Para o desenvolvimento desta pesquisa, se fez necessário construir um banco de dados digitais georreferenciados para a execução das atividades. Logo, a base de dados é apresentada na Tabela 1.

**Tabela 1.** Base de dados cartográficos.

Dado base	Resolução espacial	Fonte do dado
Imagem multiespectrais do satélite CEBERS-04A	8m	INPE <sup>1</sup>
Imagem pancromática do CEBERS-04A	2m	INPE
Modelo Digital de Elevação (MDE)	30m	TOPODATA <sup>2</sup>
Dado base	Escala	Fonte do dado
Limites municipais	1:1.000.000	IBGE
Pedologia	1:250.000	IBGE
Geologia	1:250.000	INPE
Sistema de aquífero	1:250.000	AESA <sup>3</sup>
Hidrografia	1:1.000.000	AESA
Rodovias	1:1.000.000	AESA

*Legenda: <sup>1</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais; <sup>2</sup>Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil; <sup>3</sup>Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Fonte: Autoria própria (2021).*

### Definição dos critérios para a seleção da área do aterro sanitário

Nessa etapa realizou-se um levantamento dos critérios, para identificação de áreas potenciais para implantação de aterros sanitários, com base na legislação ambiental vigente, como por exemplo, a ABNT NBR 13.896/97, que estabelece critérios para projeto, implantação e operação de aterros de resíduos não perigosos, Resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). Além disso, foram utilizadas informações e dados obtidos através de pesquisa em plataformas digitais, trabalhos técnicos-científicos na temática e consulta a órgãos públicos, conforme exposto no Quadro 1.

**Quadro 1.** Critérios normatizados para a seleção de área para aterros sanitários na RGP.

Critérios ambientais	Restrições
Proximidade a cursos d'água relevantes	A NBR 13.896 (ABNT, 1997) estabelece uma distância mínima de 200 m dos aterros sanitários a qualquer coleção hídrica ou curso d'água, tais como, rios, lagos, lagoas e oceano. Também não poderão estar a menos de 50 metros de qualquer corpo d'água, inclusive valas de drenagem que pertençam ao sistema de drenagem.
Sistema de Aquíferos	As áreas com aquíferos sedimentares serão excluídas pelo fato que o solo desses locais possui alta porosidade, assim, conseqüentemente facilitando a infiltração do lixiviado do aterro no solo. Por outro lado, as áreas que possuem aquíferos cristalinos tornaram aptas, porém necessitará de estudos ambientais adicionais.
Declividade	A NBR 13.896 (ABNT, 1997) recomenda locais com declividade superior a 1% e inferior a 30% para instalação de aterro sanitário.
Uso do solo	O Manual de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (MGIRS) sugere que as áreas para instalação de aterro sanitário devem ter uso rural ou industrial e estar fora de Unidades de Conservação de acordo com a Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República (SEDU), (SEDU, 2001).
Solo	O MGIRS recomenda que o solo da área selecionada para instalação de aterro sanitário deve ter características argilosas jamais deverão ser arenosas (SEDU, 2001).
Distância de fraturas e/ou falhas geológicas	As áreas não devem estar a menos de 200 metros das fraturas ou falhas geológicas. Metodologia adotada por CALIJURI (2002) e DALMAS (2008).
Caracterização Climatológica (Temperatura e Precipitação)	A temperatura, quanto maior o valor da temperatura ambiente, menor será a probabilidade de promover a geração de lixiviados, pois à medida que a temperatura diminui a vazão aumenta.
Critérios Econômicos	Restrições
Distância de vias	Segundo Oliveira <i>et al.</i> (2021) a abertura de um novo acesso à área onera os custos de implantação e operação de um aterro, sendo importante a proximidade da área analisada com uma rodovia, diminuindo assim os custos com transporte. Dessa forma, quanto maior a proximidade da área com uma rodovia, mais apta esta será para a implantação de um aterro. Diante disso, Poague <i>et al.</i> (2018), recomenda-se uma distância mínima de rodovias e estradas de 100 m.
Critérios sociais	Restrições
Proximidade a núcleos residenciais urbanos	A NBR 13.896 (ABNT, 1997) estabelece que os aterros sanitários devem se localizar a uma distância superior a 500 m dos núcleos residenciais a fim de minimizar os efeitos negativos provenientes do impacto causado pelo aterro junto à população, dentre esses, o mau cheiro e a poeira oriunda do aterro.

Fonte: Autoria própria (2021).

### Elaboração e padronização dos mapas temáticos de acordo com os critérios

A partir dos critérios adotados para a instalação do aterro sanitário, foram confeccionados mapas temáticos para cada um dos critérios, com auxílio do *software* Qgis, versão 3.10.12, os quais foram padronizados para a mesma projeção cartográfica e sistema de referência de coordenadas.

Posteriormente, realizou-se padronização de todas as cartas para a mesma estrutura, vetorial, estabelecendo-lhes uma escala comum de valores de aptidão, variando de 0 a 1, sendo a nota zero atribuída às áreas que não atenderam aos critérios da legislação, já o peso um atribuído às áreas consideradas aptas para implantação de aterros sanitários, conforme exposto na Tabela 2.

**Tabela 2.** Pesos atribuídos para a padronização dos mapas temáticos dos critérios.

Aptidão	Pesos
Próprio	[0.8 - 1]
Ótimo	[0.6 - 0.8]
Bom	[0.4 - 0.6[
Regular	[0.2 - 0.4[
Impróprio	[0 - 0.2 [

Fonte: Autoria própria (2021).

### Ponderação dos critérios

Logo após a padronização das classes dos mapas temáticos, realizou-se a ponderação dos critérios atribuindo valores de importância da escala fundamental de Saaty, por meio do método *Analytic Hierarchy Process* (AHP).

### Combinação Linear Ponderada

Posteriormente à padronização dos mapas e à ponderação dos critérios, realizou-se a conversão vetor para *raster*, deixando-as todas as cartas cartográficas no formato matricial, com a finalidade de realizar a combinação linear ponderada, por meio da álgebra de mapas no *software* Qgis, através da calculadora *raster*.

Essa ferramenta possibilitou realizar uma média ponderada dos dados de entrada, resultando no mapa final com a indicação das áreas potenciais para implantação de aterros sanitários, conforme ilustrado na Figura 2.



**Figura 2.** Ilustração de uma operação de Combinação Linear Ponderada. Fonte: ESRI (2020).

## Resultados e discussão

### Padronização dos mapas dos critérios

A seguir, são apresentados os mapas, em formato *raster*, dos fatores padronizados. Dito isso, as faixas de distâncias e de declividades, bem como as notas atribuídas a cada uma delas, foram adaptadas de trabalhos sobre localização de áreas para aterros sanitários, assim como também, as classes e suas respectivas notas de aptidão para os mapas de solo e uso e cobertura do solo.

### Mapa de distância de recursos hídricos

Segundo Poague *et al.* (2017) aterros sanitários não devem estar localizados próximos a cursos d'água, de forma a garantir a segurança destes e diminuir o risco de contaminações. Nesse sentido, a NBR nº 13.896 estabelece que deve ser avaliada e estudada a possível influência do aterro na utilização e na qualidade das águas superficiais e subterrâneas nas imediações. Além disso, tal empreendimento deve se encontrar a uma distância mínima de 200 metros de qualquer coleção hídrica ou curso d'água.

Mediante o exposto, na Tabela 3 estão apresentadas as distâncias reclassificadas com os respectivos pesos de adequação para a instalação de aterros sanitários na RGP. Partindo desse princípio, admitiu-se que as áreas situadas entre as distâncias de 200 e 600 metros possui aptidão mínima por estar mais próxima dos rios, ao passo que as áreas localizadas em distâncias superiores a 1000 metros possuem aptidão própria por oferecer menor risco de contaminação aos recursos hídricos.

**Tabela 3.** Pesos e designações de importância de distância de recursos hídricos.

Distância (m)	Peso	Legenda
0 até 200m	0	Impróprio
200m até 600m	0.3	Regular
600m até 1000m	0.5	Bom
Acima de 1000m	1	Próprio

Fonte: Autoria própria (2021).

A Figura 3 ilustra o mapa resultante com os intervalos de distância de recursos hídricos na área de estudo.

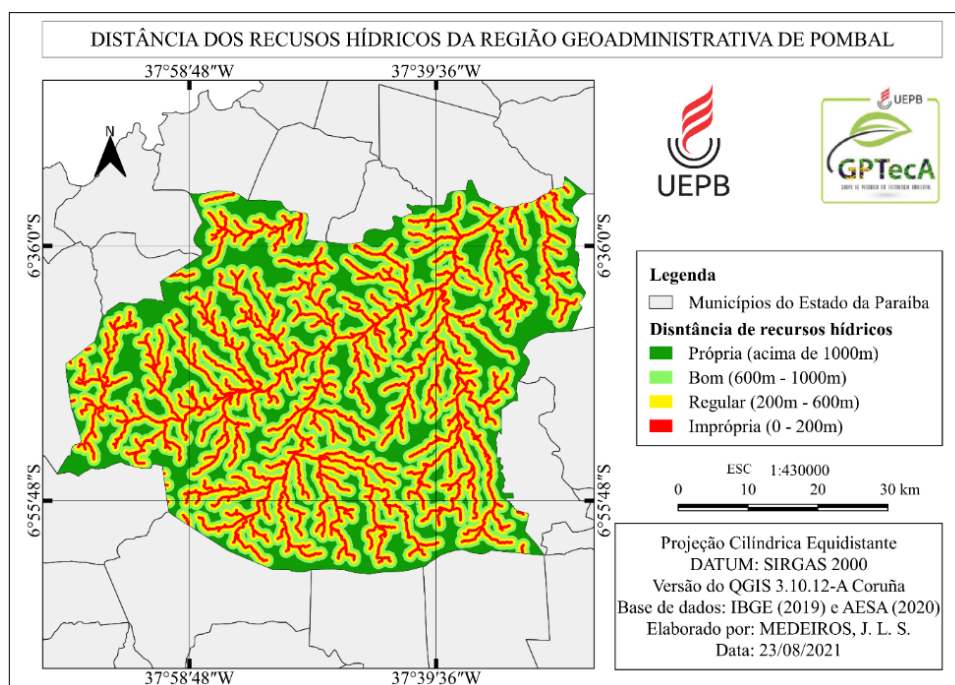


Figura 3. Mapa com os intervalos de distância dos recursos hídricos da RGP. Fonte: Autoria própria (2021).

### Mapa de Relevô

O relevo é considerado por alguns autores como o principal fator na perda do solo por erosão, principalmente no que se refere ao comprimento e à declividade da encosta (Valladares *et al.*, 2012).

A declividade está associada à estabilidade do terreno e, conseqüentemente, do aterro, visto que terrenos mais íngremes estão mais suscetíveis a processos erosivos. Além disso, a alta declividade pode prejudicar a operação do aterro, pois dificulta o transporte dos resíduos até o local (SNSA, 2008).

Em relação ao relevo da RGP, na Tabela 4, constata-se que o relevo é predominantemente plano na área do estudo, ocupando cerca de 52.2%, o que corresponde a 151.7 mil ha. Segundo Carvalho (2017), baixas declividades favorecem a operação de máquinas para a movimentação dos resíduos e do solo, além de oferecer condições menos crítica de drenagem, ou seja, a declividade pode facilitar ou dificultar na área do aterro. Além disso, de acordo com Sampaio (2019) esses locais geralmente concentram-se próximos aos cursos fluviais, nos leitos ou nos campos de várzea.



As faixas de relevo montanhoso e escarpado abrangem somente 2.2% (6.2 mil ha) do território. Segundo Silva (2019), as áreas mais declivosas não são indicadas para a construção de aterros sanitários, pois os custos envolvidos nesse tipo de empreendimento na construção e manutenção seria muito elevado.

**Tabela 4.** Intervalos de Declividade com respectivas denominações das classes, áreas e porcentagens correspondentes a cada uma, na RGP, Paraíba.

Declividade (%)	Relevo	Área (ha)	%
0 - 3	Plano	151,675.10	52.2
3 - 8	Suave ondulado	86,838.92	29.9
8 - 20	Ondulado	27,728.66	9.5
20 - 45	Forte ondulado	18,059.18	6.2
45 - 75	Montanhoso	5,433.6	1.9
>75	Forte montanhoso ou Escarpado	770.75	0.3
Total		290,506.21	100

Fonte: A autoria própria (2021).

Com base no contexto apresentado, os valores de declividade foram reclassificados e ponderados em cinco intervalos expostos na Tabela 5, e ilustrado na Figura 4.

**Tabela 5.** Pesos e designações de importância para a declividade da RGP.

Declividade (%)	Peso	Legenda
1 até 3	1	Própria
3 até 8	0.7	Ótimo
8 até 20	0.5	Bom
20 até 30	0.3	Regular
< 1% e > 30%	0	Imprópria

Fonte: A autoria própria (2021).

A figura 4 ilustra os intervalos de declividade apropriados para a instalação de aterros sanitários da área de estudo. Desta forma, cabe frisar que a NBR n° 13.896 recomenda que sejam escolhidos locais com declividade superior a 1% e inferior a 30%, pois esta característica é determinante na escolha do método construtivo e nas obras de terraplenagem para a construção de aterros sanitários (ABNT, 1997).

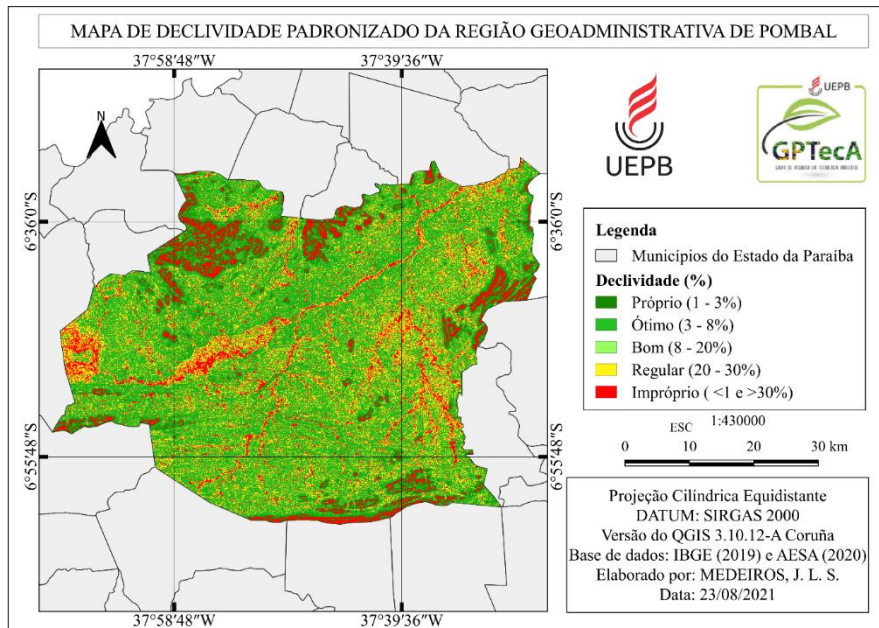


Figura 4. Mapa com os intervalos de declividade padronizado da RGP. Fonte: Autoria própria (2021).

### Mapa de Pedologia

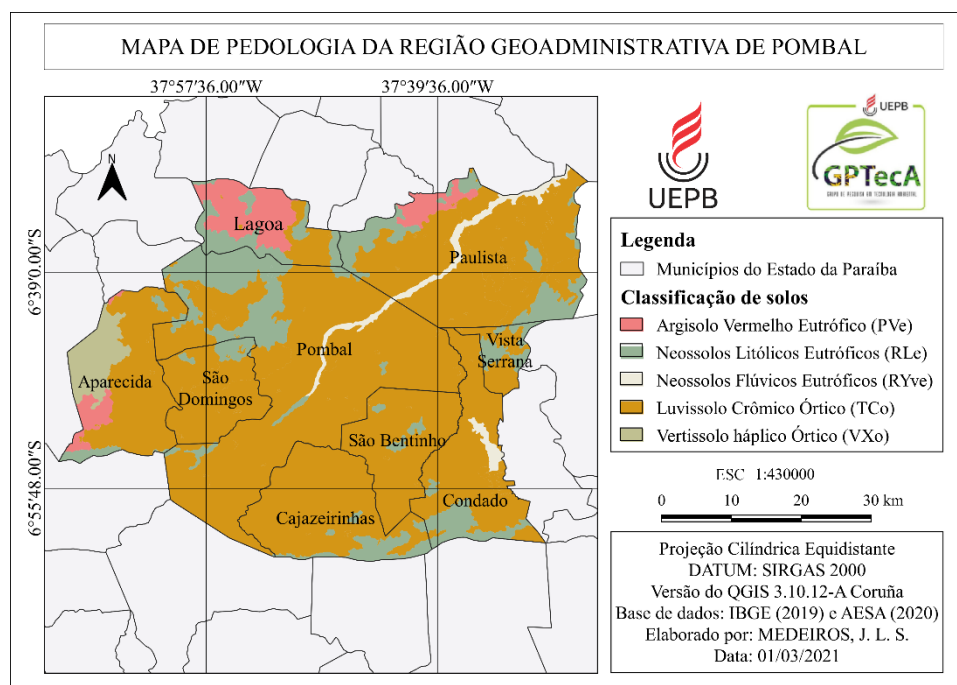
Segundo Carvalho (2017) é de grande relevância, nos estudos para instalação de aterros sanitários, que os solos da área a ser selecionada apresente uma certa impermeabilidade natural, com vistas a reduzir as possibilidades de infiltração e percolação do lixiviado e a contaminação do próprio solo e das águas subterrâneas. Desta forma, os locais selecionados devem possuir características argilosas e não deverão ser arenosas.

No que se refere aos aspectos pedológicos dos municípios da RGP, conforme ilustrado na Figura 5, observa-se que o tipo de solo predominante é do tipo Luvisolo Crômico Órtico (TCo), com 83.1% (2.2 mil km<sup>2</sup>) da área, seguido do Neossolo Litólico Eutrófico (RLe), com 13.9% (365.5 km<sup>2</sup>). Além disso, apresentam-se, em menor porção, solos do tipo Neossolo Flúvico Eutrófico (RYve), Argissolo Vermelho Eutrófico (PVe) e Vertissolo Háplico Órtico (VXo), com 2.1% (54.2 km<sup>2</sup>), 1% (26.9 km<sup>2</sup>) e 0.003% (0.07 km<sup>2</sup>), respectivamente.

Segundo Gomes *et al.* (2017), os solos do tipo Luvisolos Crômicos Órticos são solos minerais, não hidromórficos, de textura média no horizonte A e argiloso no B e ficam situados em localidades que apresentam basicamente relevo ondulado. Estes solos são caracterizados pela baixa profundidade, por fertilidade regular e alta erodibilidade. Diante disto, constata-se que estes tipos de solos não são os mais indicados para receber a implantação do aterro sanitário, devido apresentarem alta susceptibilidade a ocorrer processos erosivos de cunho hídricos.

No que tange aos Neossolos, de acordo com o Manual Técnico de Pedologia (MTP) do IBGE, ocorre em praticamente todas as regiões do Brasil, embora sem constituir representatividade espacial expressiva, ou seja, ocorrem de forma dispersa em ambientes específicos, como é o caso das planícies às margens de rios e córregos (Neossolos Flúvicos) e nos relevos muito acidentados de morrarias e serras (Neossolos Litólicos) (IBGE, 2015).

Portanto, os Neossolos não são os mais apropriados para a implantação de um aterro sanitário, visto que a maior limitação desse grupo é a proximidade aos cursos d'água, podendo acarretar a contaminação dos recursos hídricos, como também a dificuldade e os custos elevados para a construção e manutenção nos locais com valores elevados de declividade. Cabe frisar, que o ideal são solos impermeáveis, mas existem regiões onde não existem estes solos e a alternativa é a impermeabilização, que implica em custos, mas não inviabiliza o projeto.



**Figura 5.** Mapas dos tipos de solos da área de estudo. *Fonte: Autoria própria (2021).*

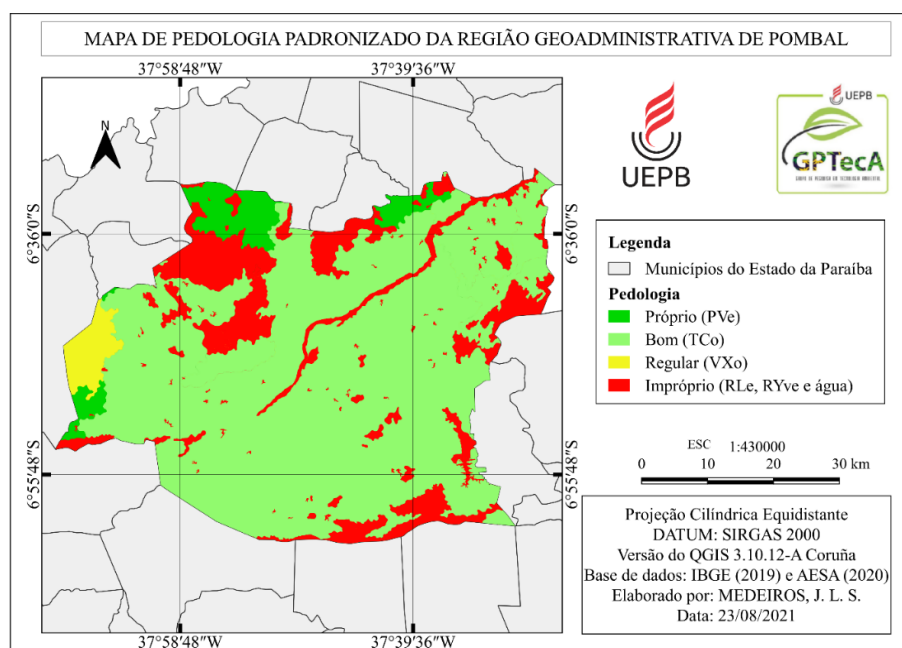
Em relação aos Vertissolos Háplicos Órticos, eles são solos mal drenados, apresentam uma impermeabilidade natural, fator de grande relevância para reduzir a infiltração do lixiviado proveniente dos aterros sanitários. Entretanto, suas principais limitações estão relacionadas ao uso de máquinas no período chuvoso, visto que estes solos são susceptíveis ao encharcamento

em razão da alta concentração de argila, assim restringindo o uso de maquinário pesado (EMBRAPA, 2021). Além disso, solos com essa característica tem menor aptidão para a instalação de aterros, já que não devemos implantar aterros em áreas sujeitas a alagamentos, devido a maior probabilidade de contaminação dos cursos d'água.

Os Argissolos Vermelhos Eutróficos, são solos que apresenta como característica marcante um aumento de argila do horizonte superficial A para o subsuperficial B, que é do tipo textural (Bt), geralmente acompanhado de boa diferenciação também de cores e outras características específicas. As cores do horizonte Bt variam de acinzentadas a avermelhadas e as do horizonte A, são sempre mais escurizadas (IBGE, 2015).

Em síntese, constata-se que os Argissolos Vermelhos são os mais indicados para receber a implantação do aterro sanitário, além do mais, este tipo se apresenta alto gradiente textural (Bt), deixando-o com uma impermeabilidade natural, sendo assim reduzindo as possibilidades de contaminação do solo, como também dos lençóis freáticos, o que o satisfaz as exigências que se espera para a área.

Mediante o exposto, as classes pedológicas foram padronizadas atribuindo pesos de aptidão para a instalação de aterros sanitários conforme exposto na Tabela 6, e ilustrado na Figura 6.



**Figura 6.** Mapa com os intervalos de classes de solos padronizado da RGP. Fonte: Autoria própria (2021).

**Tabela 6.** Pesos e designações de importância para cada classe pedológica.

Tipos de solos	Pesos	Legenda
Argissolos Vermelhos Eutróficos	1	Próprio
Luvissolo Crômico Órtico	5	Bom
Vertissolos Háplicos Órticos	2	Regular
Neossolos Lítico	0.15	Impróprio
Neossolos Flúvicos	0	Impróprio

Fonte: Autoria própria (2021).

### Mapa de sistemas de aquíferos

Os aquíferos são reservatórios naturais de grande importância para o abastecimento humano em todo o mundo, e sua má exploração pode causar danos irreversíveis ao mesmo. Nesse sentido, a NBR nº 13.896 estabelece que deve ser avaliada e estudada a possível influência do aterro sanitário na utilização e na qualidade das águas superficiais e subterrâneas nas imediações.

Em relação as águas subterrâneas da RGP, com base na Figura 7, constata-se a predominância do sistema de aquífero cristalino, formado por rochas ígneas e metamórficas, com cerca de 93.45%, o que corresponde a 2.7 mil Km<sup>2</sup> da área total. Além disso, cerca de 6.55% (193.78 km<sup>2</sup>) da área restante apresenta aquífero sedimentar, constituído por rochas sedimentares e sedimentos não consolidados.

No que diz respeito aos aquíferos sedimentares, de acordo com a Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (ABAS), são aqueles formados por rochas sedimentares consolidadas, sedimentos inconsolidados ou solos arenosos, onde a circulação da água se faz nos poros formados entre os grãos de areia, silte e argila de granulação variada. Além disso, constituem os mais importantes aquíferos, pelo grande volume de água que armazenam, e por sua ocorrência em grandes áreas. Ainda mais, estas formações hidrológicas ocorrem nas bacias sedimentares e em todas as várzeas onde se acumularam sedimentos arenosos (ABAS, 2021).

Os sistemas de aquíferos cristalinos são formados por rochas ígneas, metamórficas ou cristalinas, duras e maciças, onde a circulação da água se faz nas fraturas, fendas e falhas, abertas devido ao movimento tectônico. Além disso, a sua capacidade de armazenar água é menor que os sedimentares, devido estar relacionada à quantidade de fraturas, aberturas e intercomunicação, permitindo a infiltração e fluxo da água (ABAS, 2021). Nestes aquíferos, geralmente a qualidade das águas é de baixa qualidade, não servindo para o consumo humano, por outro lado as formações hidrológicas porosas apresentam alta potabilidade para os seres humanos

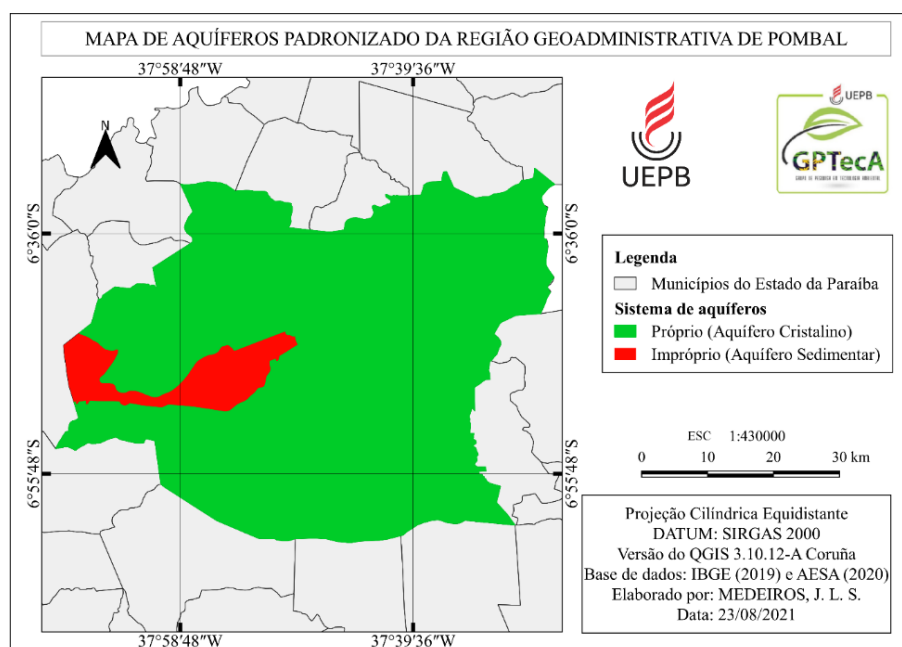
Portanto, verifica-se que os sistemas de aquíferos cristalinos são os mais apropriados para a implantação de aterros sanitários, visto que a maior limitação dessa formação hidrológica é a alta impermeabilidade decorrente dos materiais rochosos duros e maciços, além disso a quantidade e qualidade das águas desse tipo de aquífero são reduzidas (ABAS, 2021). Em síntese, as áreas que contém o sistema cristalino apresentam potencial para a instalação deste empreendimento, em virtude da grande importância que os sistemas sedimentares têm para o abastecimento dos centros urbanos, como também para outras atividades antrópicas.

Perante o exposto, as classes de aptidão para os sistemas de aquíferos, sedimentar e cristalino, para a instalação de aterros sanitários estão apresentadas na Tabela 7. A Figura 7 ilustra o mapa de sistema de aquíferos padronizado com os pesos de importância, com base na Tabela 7, para a identificação de áreas favoráveis a implantação de aterros sanitários na RGP.

**Tabela 7.** Pesos e designações de importância para cada classe de sistema de aquífero.

Sistema de aquíferos	Pesos	Legenda
Aquífero cristalino	1	Próprio
Aquífero sedimentar	0	Impróprio

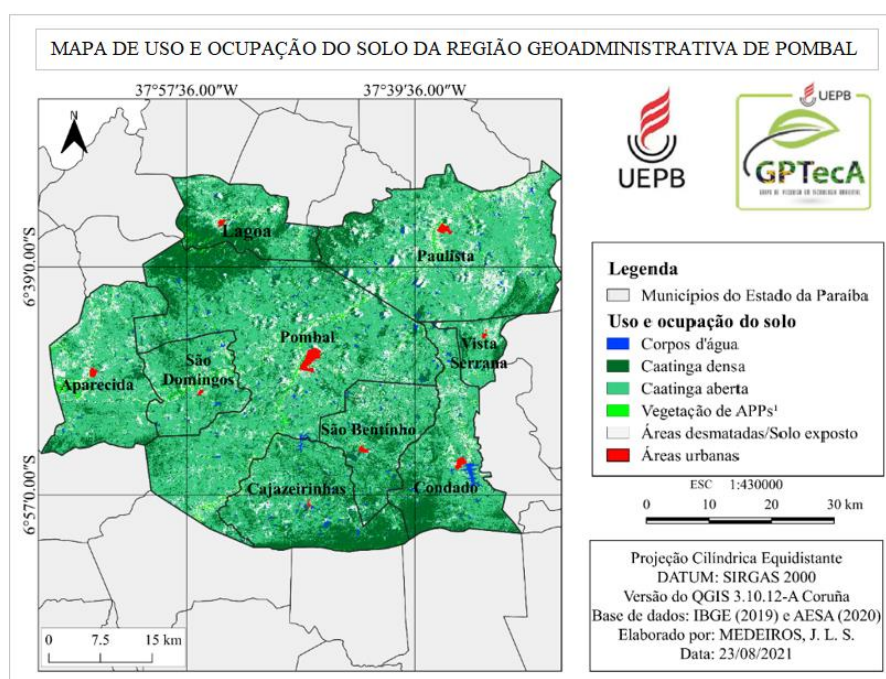
Fonte: Autoria própria (2021).



**Figura 7.** Mapa de sistema de aquíferos padronizados da RGP. Fonte: Autoria própria (2021).

### Mapa de uso e ocupação do solo

Em relação ao uso e ocupação do solo na área de estudo, na Figura 8 estão ilustrados os principais usos do solo identificados na RGP, dando destaque para a caatinga densa, que corresponde às áreas com substrato arbóreo - arbustivo fechado, cuja cobertura florestada densa alta predomina. Por outro lado, na caatinga aberta são as áreas com substrato arbustivo espaçado, com presença de vegetação herbácea e solo exposto, muitas vezes associada à presença de solos rasos com afloramentos rochosos.



**Figura 8.** Mapa de uso e ocupação da área de estudo. *Legenda:* <sup>1</sup> Áreas de Preservação Permanentes (Vegetação das margens de corpos hídricos e de topos de morros e/ou montanhas). *Fonte:* Autoria própria (2021).

Com base na Figura 8, e por meio do Tabela 8, verifica-se que o uso e ocupação predominante na área total da RGP é a caatinga aberta, ocupando aproximadamente uma faixa de 58.8% (1.7 milhão de Km<sup>2</sup>) do seu território. Além disso, o segundo maior uso, em termos percentuais, verificado na área em estudo, é a caatinga densa, totalizando cerca de 24.5% (713 mil Km<sup>2</sup>) da área do estudo.

Em relação as menores taxas percentuais de uso e ocupação do solo da RGP, verifica-se que as áreas desmatadas representam 12.4% (362 mil Km<sup>2</sup>), sendo que nessas localidades predomina o desenvolvimento de atividades de cunho agropecuário, destacando-se a pecuária extensiva e a

agricultura (Sequeiro e irrigada). Além disso, vale ressaltar que, a maior porção dessas localidades apresentam o solo sem nenhuma cobertura vegetal, desta forma, deixando-o vulnerável aos efeitos dos agentes naturais (chuvas, raios solares, ventos, entre outros) e às ações antrópicas, assim, favorecendo os processos erosivos que contribuem para sua degradação ambiental.

A literatura científica recomenda a utilização de áreas degradadas para serem utilizadas para receber a implantação de aterros sanitários (Poague *et al.*, 2018; Silva, 2019). Nesse sentido, a NBR n° 13.896 estabelece que o impacto ambiental a ser causado pela instalação do aterro deve ser mínimo, corroborando para que as áreas de florestas e vegetação secundária sejam evitadas.

Mediante o exposto, na Tabela 9 estão apresentados os pesos de aptidão para cada uso e ocupação do solo da RGP. Desta forma, verifica-se que as áreas com pouca ou nenhuma cobertura vegetal receberam os maiores valores de adequação para a implantação de aterros sanitários.

**Tabela 8.** Principais tipos de uso e ocupação do solo da área de estudo.

Tipos de usos/ocupação do solo	Área (Km <sup>2</sup> )	Área (%)
Corpos d'água	46,123	1.6
Caatinga preservada	713,950	24.5
Caatinga degradada	1.714,307	58.8
Vegetação das APPs	80,002	2.7
Áreas desmatadas/Solo exposto	362,001	12.4
Áreas urbanas	13,501	0.0005
Total	2,916,396.5	100

Fonte: Autoria própria, 2021.

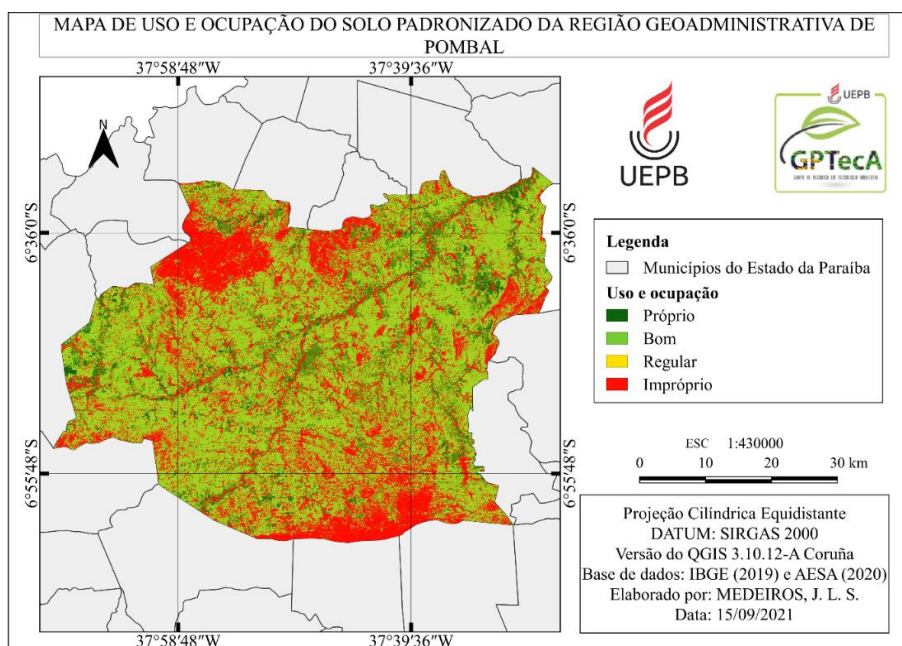
**Tabela 9.** Pesos e designações de importância para cada classe de uso e ocupação do solo da RGP.

Uso e ocupação	Pesos	Legenda
Áreas desmatadas/Solo exposto	1	Próprio
Caatinga degrada	0.5	Bom
Áreas urbanas	0.25	Regular
Caatinga preservada. vegetação das APPs e Corpos d'água	0	Impróprio

Fonte: Autoria própria, 2021.



A Figura 9 ilustra as informações expostas na tabela 9, considerando a ponderação adotada.



**Figura 9.** Mapa de uso e ocupação do solo padronizado da RGP. *Fonte: Autoria própria (2021).*

### Mapa de distância de áreas urbanas

De acordo com a Deliberação Normativa Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) nº 118 de 2008, que determina que para a escolha da localização da área para a implantação e operação do aterro sanitário deve respeitar um limite mínimo de 500 metros de núcleos populacionais (Carrilo; Cândido; Souza, 2018 e Iglesias, 2021).

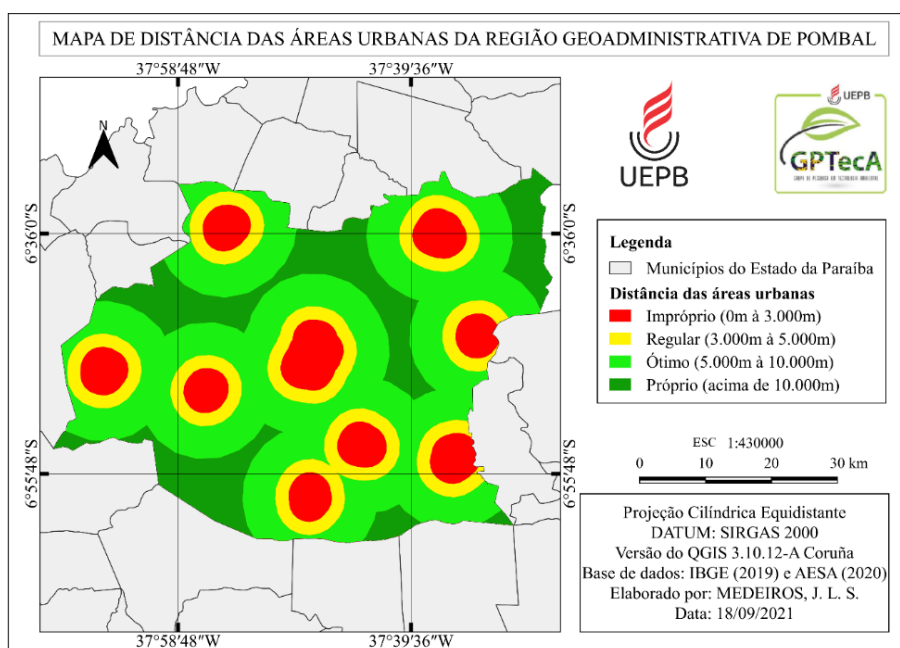
Desta forma, na Tabela 10 estão expostas as distâncias com as respectivas ponderações referentes aos distanciamentos com maior viabilidade socioambiental para a implantação do aterro sanitário. Partindo desse princípio, admitiu-se uma distância mínima de 3.000 metros de áreas urbanas, visando prevenir e/ou minimizar os efeitos dos impactos ambientais negativos que poderão vir a ocorrer nos locais ao entorno do aterro sanitário.

Na Figura 10, estão ilustradas as informações expostas na tabela 10 referentes as distâncias apropriadas para a implantação de aterros sanitários em relação aos centros urbanos da RGP.

**Tabela 10.** Pesos e designações de importância de acordo com o distanciamento das áreas urbanas da RGP.

Distância (m)	Pesos	Legenda
Acima de 10000m	1	Próprio
5000m até 10000m	0.7	Ótimo
3000m até 5000m	0.3	Regular
0m até 3000m	0	Impróprio

Fonte: Autoria própria, 2021.



**Figura 10.** Mapa com as distâncias das áreas urbanas da RGP. Fonte: Autoria própria, 2021.

### Mapa de distância de rodovias

Segundo Rezende (2015), as áreas aptas para a instalação de aterros sanitários devem estar perto de estradas, para facilitar o traslado de veículos pesados, orientando que o acesso ao terreno deve ter pavimentação de boa qualidade, sem rampas íngremes e sem curvas acentuadas. Além disso, as vias necessitam estarem próximas caso haja a necessidade de eventuais manutenções e transporte. Diante disto, de acordo com Iglesias (2021), para a implementação de aterros sanitários deve ser estabelecido uma distância mínima de 100 metros.

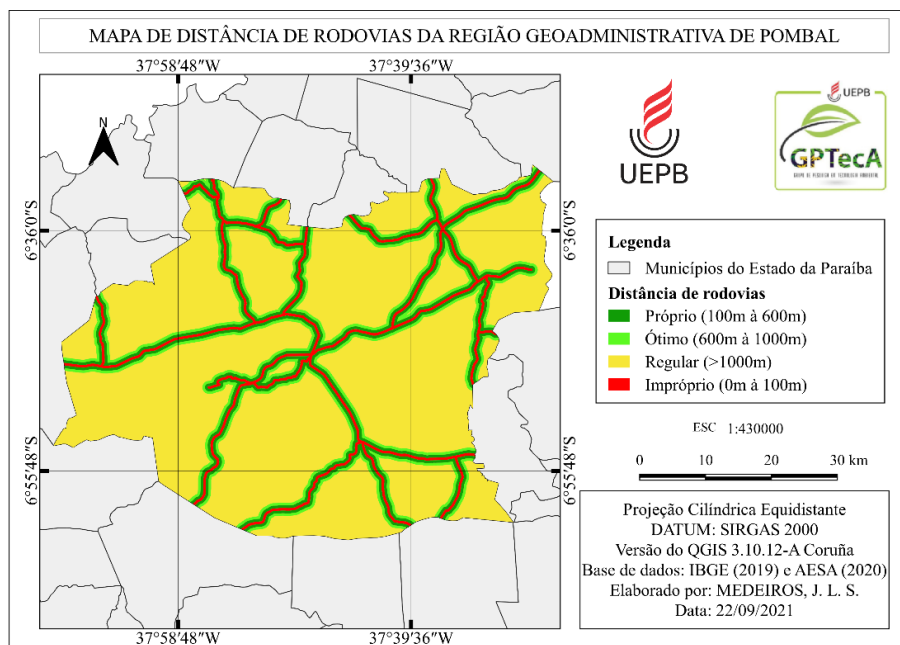
Assim, as distâncias apropriadas das rodovias em relação as áreas aptas para a instalação de aterros sanitários estão expostas detalhadamente na Tabela 11, e ilustrado na Figura 11.

**Tabela 11.** Pesos e designações de importância de acordo com o distanciamento das rodovias da RGP.

Distância (m)	Peso	Legenda
100m até 600m	1	Próprio
600m até 1000m	0.7	Ótimo
Acima de 1000m	0.3	Regular
0m até 100m	0	Impróprio

Fonte: Autoria própria, 2021.

A Figura 11 ilustra os distanciamentos padronizados das rodovias para a instalação de aterros sanitários.



**Figura 11.** Mapa de distância das rodovias da RGP. Fonte: Autoria própria, 2021.

### Mapa de distância de falhas geológicas

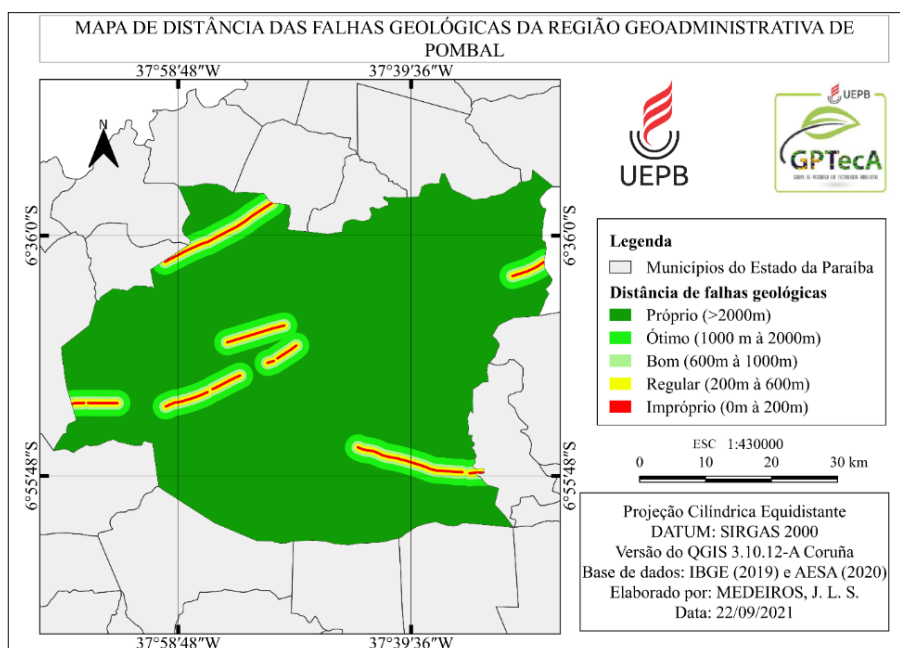
A NRB 13.896/97 diz que as áreas aptas para a instalação de aterros sanitários deve estar uma distância mínima de 200 metros. Assim sendo, a finalidade deste distanciamento visa preservar os caminhos preferenciais dos efluentes dos aterros sanitários. Diante disto, na Tabela 12 estão expostos os pesos de importâncias para as distâncias das falhas geológicas para a instalação de aterros sanitários da RGP.

**Tabela 12.** Pesos e designações de importância de acordo com o distanciamento das rodovias da RGP.

Distância (m)	Peso	Legenda
Acima de 2000m	1	Próprio
1000m até 2000m	7.5	Ótimo
600m até 1000m	5.5	Bom
200m até 600m	3.5	Regular
0m até 200m	0	Impróprio

Fonte: Autoria própria, 2021.

A Figura 12 apresenta o mapa padronizado das distâncias das falhas geológicas na RGP, com base na Tabela 12.



**Figura 12.** Mapa padronizado de distância das falhas geológicas da RGP. Fonte: Autoria própria, 2021.

### Mapa de precipitação

Segundo Araújo *et al.* (2020) a precipitação é um dos principais fatores para a produção de maior quantidade de lixiviado dos aterros sanitários. Além disso, ainda de acordo com os autores supracitados, estes locais podem proporcionar elevados gastos na implantação de sistemas de drenagem para as águas pluviais. Diante disto, fica evidente que as áreas que apresentam baixos índices pluviométricos são as mais aptas para a instalação de aterros.

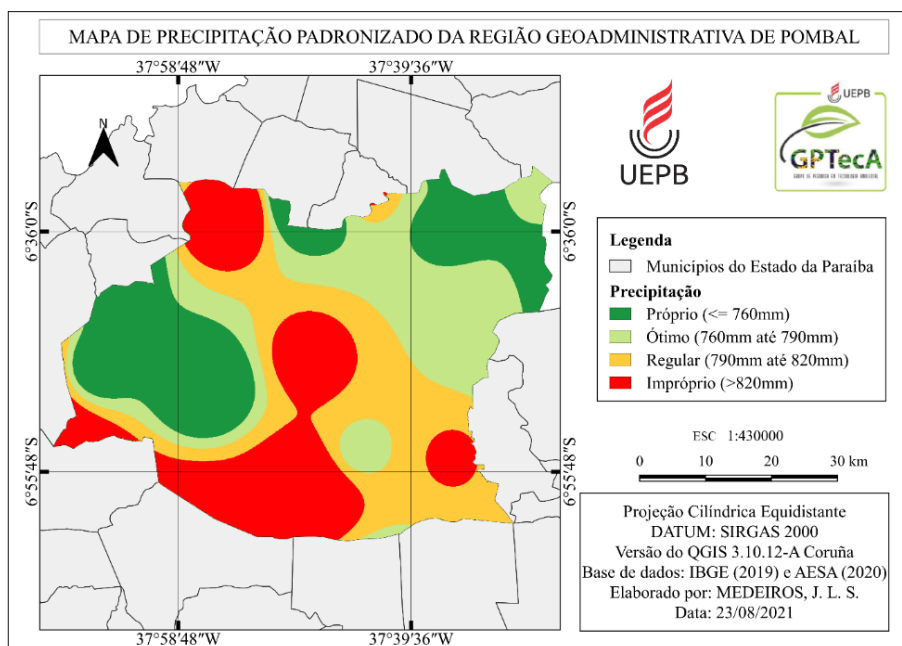
Logo, na Tabela 13 estão expostos os pesos de importância para os valores de precipitação para a indicação de áreas potenciais para a instalação de aterros sanitários na RGP.

**Tabela 13.** Pesos e designações de importância de acordo com a precipitação da RGP.

Precipitação (mm)	Peso	Legenda
Menor ou igual a 760mm	1	Próprio
760mm até 790mm	0.7	Ótimo
790mm até 820mm	0.4	Bom
Acima de 820mm	0.2	Impróprio

Fonte: Autoria própria (2021).

A Figura 13 ilustra o mapa de precipitação padronizado com os pesos de importância de acordo a Tabela 13.



**Figura 13.** Mapa de precipitação padronizado da RGP. Fonte: Autoria própria (2021).

### Mapa de temperatura

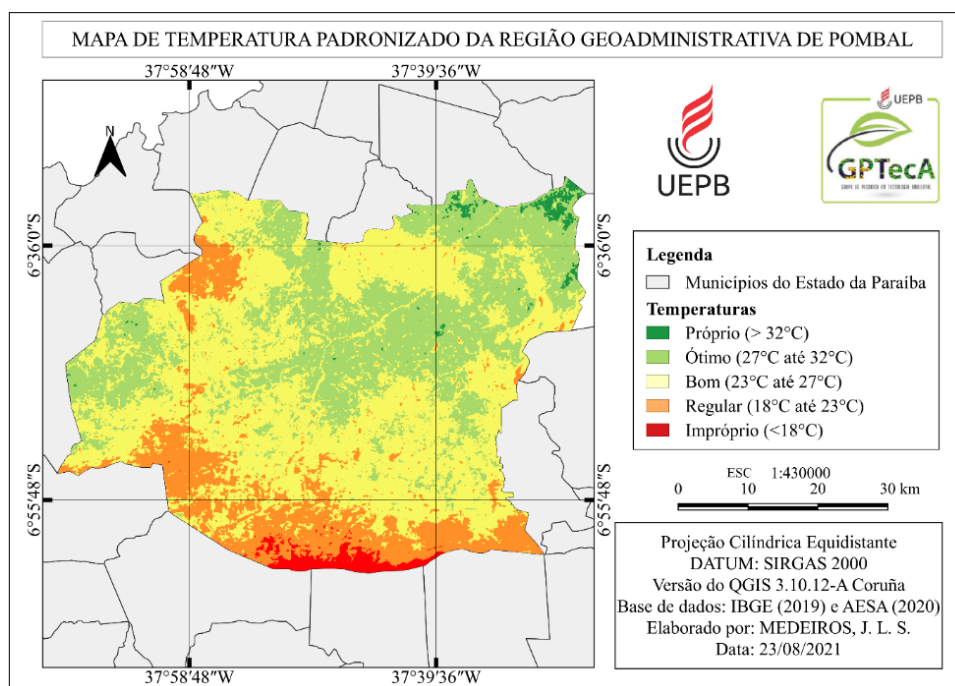
Na Tabela 14 estão apresentados os pesos de importância referentes as temperaturas ideais para a instalação de aterros sanitários na RGP.

**Tabela 14.** Pesos e designações de importância das temperaturas anuais médias da RGP.

Temperatura (°C)	Peso	Legenda
Maior que 32°C	1	Próprio
27°C até 32°C	0.7	Ótimo
23°C até 27°C	0.5	Bom
18°C até 23°C	0.3	Regular
Menor ou igual a 18°C	0.1	Impróprio

Fonte: Autoria própria (2021).

A Figura 14 ilustra o mapa com os pesos de importância das temperaturas para a construção de aterros sanitários na RGP.



**Figura 14.** Mapa de temperatura padronizado da RGP. Fonte: Autoria própria (2021).

### Ponderação dos critérios

A metodologia AHP proporcionou a ponderação para cada critério comparado dentro da matriz. Diante disto, na Tabela 15 estão expostas as ponderações dos fatores ambientais, econômicos e sociais, e os pesos relativos deles.

**Tabela 15.** Matriz global das ponderações dos critérios ambientais, econômicos e sociais.

Critérios	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	Pesos
C1	1	0.3	0.1	0.1	2	2	2	0.3	1	1	0.2	0.036
C2	3	1	0.2	0.1	2	2	2	2	2	5	0.5	0.074
C3	9	5	1	0.5	9	9	9	2	7	9	3	0.240
C4	7	7	2	1	9	9	9	2	7	9	3	0.245
C5	0.5	0.5	0.1	0.1	1	3	3	0.2	0.3	3	0.3	0.047
C6	0.5	0.5	0.1	0.1	0.3	1	1	0.1	0.3	3	0.3	0.028
C7	0.5	0.5	0.1	0.1	0.3	1	1	0.2	0.2	1	0.3	0.020
C8	3	0.5	0.5	0.5	5	7	5	1	3	5	0.3	0.116
C9	2	0.5	0.1	0.1	3	3	5	0.3	1	3	0.3	0.069
C10	1	0.2	0.1	0.1	0.3	0.3	1	0.2	0.3	1	0.2	0.018
C11	5	2	0.3	0.3	3	3	3	3	3	5	1	0.107

*Legenda: (C1) Solos; (C2) Declividade; (C3) Distância de corpos d'água; (C4) Distância de fraturas e falhas geológicas; (C5) Distância de rodovias; (C6) Distância dos geradores de RSU; (C7) Distância de área urbana; (C8) Uso e ocupação do solo; (C9) Precipitação; (C10) Temperatura da superfície terrestre; (C11) Sistema de aquíferos. Fonte: Autoria própria (2021).*

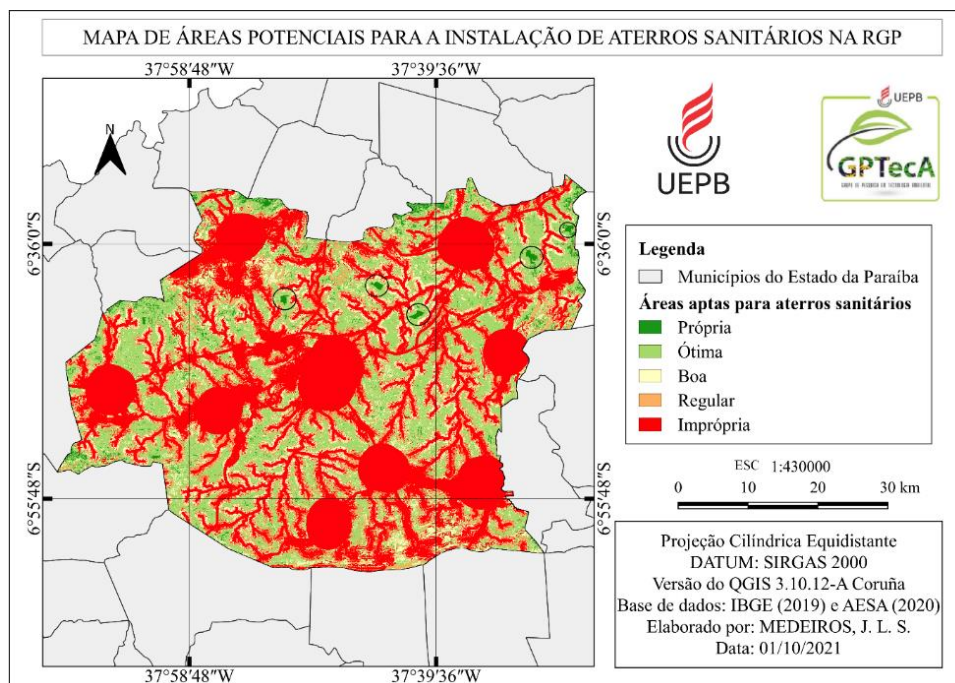
De acordo com a Tabela 15, observa-se que o critério distância de fraturas e falhas geológicas foi considerado o mais importante, atribuindo-se o peso de 0.245 (24.5%), seguido dos fatores distância de corpos d'água e uso e ocupação do solo, conferindo valores de 0.24 (24%) e 0.116 (11.6%), respectivamente cada. Por outro lado, constata-se que o fator temperatura da superfície terrestre foi julgado como menos importante, com nota de 0.018 (1.8%).

Portanto, os pesos determinados para cada um dos critérios se mostraram consistentes, pois, o IC e a RC foram de 0.1 e 0.08, respectivamente, ressaltando-se que os valores máximos permitidos para que haja consistência, nesse caso, é de 0.1.

#### Áreas potenciais para aterros sanitários

As áreas potenciais aptas para aterros sanitários são resultado das combinações lineares ponderadas dos mapas dos fatores ambientais, econômicos e sociais. Diante disso, a Figura 15 ilustra o mapa de áreas potenciais para a instalação de aterros, indicando as classes de aptidão: própria, ótima, boa, regular e imprópria.

A Tabela 16 apresenta a quantificação das áreas classificadas potenciais para aterros sanitários na RGP, em hectares e porcentagem.



**Figura 15.** Mapa de áreas potenciais para aterros sanitários. *Fonte: Autoria própria (2021).*

**Tabela 16.** Quantificação das áreas favoráveis e inaptas para a instalação de aterros sanitários na RGP.

Classificação	Área (ha)	(%)
Própria	4,491.00	1.54
Ótima	72,768,00	25.01
Boa	39,046.00	13.42
Regular	38,329.00	13.17
Imprópria	136,301.00	46.85
<b>Total</b>	<b>290,935.00</b>	<b>100</b>

*Fonte: Autoria própria (2021).*

De acordo com a Tabela 16, a melhor escolha corresponde às áreas próprias que representam um valor total de extensão aproximado de 4.5 mil ha com uma porcentagem de 1.5% da área total da RGP. Além disso, os locais classificados em ótimos e bons, juntos compreende cerca de 38% (111.8 mil ha) da área de estudo.

Por outro lado, as áreas regulares e impróprias representam 60% (174.6 mil ha) da área total do estudo, sendo que os locais inaptos detêm cerca de 47% (136 mil ha) da RGP, representando as restrições absolutas quanto à construção de aterros sanitários, diretamente ligadas a distância de



corpos d'água, distância de fraturas e falhas geológicas, tipo de solos e declividade do terreno. Cabe frisar, que estes fatores se não forem levados em consideração nos estudos ambientais prévios podem ocasionarem diversos impactos ambientais significativos nas fases de implementação e operação dos aterros sanitários.

Mediante o contexto apresentado, Iglesias (2021) realizou um estudo semelhante a esta pesquisa, no município de Veríssimo, no Estado de Minas Gerais. Entre os resultados obtidos, o autor destacou que as áreas mais propícias para a instalação de aterros sanitários detêm 23.48% do território total. Por outro lado, as localidades inaptas totalizam 29.5% da área que correspondem às áreas mais sensíveis em relação ao tipo de solo e geologia.

Oliveira *et al.* (2021), também realizaram um estudo no estado de Pernambuco, no município de Toritama, onde fez a identificação de áreas adequadas para a instalação de um aterro sanitário. Entre os resultados, os autores verificaram que 100% das áreas próximas ao perímetro urbano da cidade são classificadas como baixa ou nula aptidão à implantação de aterros sanitários, ocasionado essencialmente pela presença de corpos hídricos e terraços aluviais nessas localidades.

### Conclusões

O geoprocessamento em conjunto com a análise multicritério, método AHP, mostrou-se uma importante ferramenta prática e eficiente para estudos ambientais preliminares, na identificação de áreas favoráveis à implantação de aterros sanitários. Em síntese, auxiliou na tomada de decisão da seleção dos melhores locais para receber este tipo de empreendimento.

Com os resultados deste estudo, verificou-se que os locais mais adequados para receber a instalação de aterros sanitários de acordo com os critérios estabelecidos corresponde a 1.5% (4.5 mil ha) da área total da RGP. Por outro lado, as localidades inaptas abrangem cerca de 47% (136 mil ha) da região estudada.

Cabe ressaltar, que neste estudo há fatores que não foram considerados na análise, como por exemplo, direção e velocidade do vento e profundidade do lençol freático. Sendo assim, reitera-se a importância do uso de informações complementares no processo decisório para a implantação de aterros sanitários na RGP, a fim de obter uma segurança ambiental e menores custos relacionados ao projeto futuro.

Por fim, espera-se que as informações obtidas do presente estudo sirvam de base técnica e científica na avaliação de áreas potenciais a instalação de aterros sanitários na Região Geoadministrativa de Pombal, dentro do contexto de adequação das normas e leis ambientais vigentes.

## Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos ao primeiro autor, e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental (PPGCTA) da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).

## Referências bibliográficas

- ABAS, Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. (2021) Águas subterrâneas o que são: Aquíferos. São Paulo - SP: ABAS, 2021. Acesso em 19/10/ 2021, disponível em: <https://www.abas.org/aguas-subterraneas-o-que-sao/>
- Araújo, L. G. S., de Souza Ferreira, R. P., Norberto, A. S, Mariano, M. O. H., Callado, N. H. (2020) Análise temporal de parâmetros ambientais do lixiviado do aterro sanitário de Maceió-AL, Brasil. *Research, Society and Development*, 9(7), 1-23. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i7.4435>
- Almeida, S. N. R (2016) *Aplicação de geoprocessamento na identificação de áreas para implantação de aterro sanitário para o município de Pombal-PB*, Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais), Programa em Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB, 88 pp.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas (1997) *Norma Brasileira (NBR) 13.896: Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação, 30 de junho de 1997*, ABNT, Rio de Janeiro, 12 pp.
- Branco, V. T. A., Schafer, A. G., LUCAS, E. A., Bresolin, S., ALONSO, C. M. (2015) Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Rio Negro - RS no ano de 2003, In: *7º Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão da UNIPAMPA: Salão de Pesquisa - VII SIEPE*, Alegrete-RS, 24 a 26 de novembro de 2015. Acesso em 29/10/2021, disponível em: <https://periodicos.unipampa.edu.br/index.php/SIEPE/article/view/90037>
- ESRI, Environmental Systems Research Institute (2020) *Conjunto de Ferramentas de sobreposição: Overlay Ponderado, Ilustração*. Acesso em 29/10/2021, disponível em: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/weighted-overlay.htm>
- SNSA, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (2008) *Operação e manutenção de sistemas simplificados de tratamento de esgotos: Guia do profissional em treinamento: nível 2*, Ministério das Cidades, Brasília. Acesso em 29/10/2021, disponível em: [https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos\\_PDF/recesa/processosdetratamentodeesgoto-nivel1.pdf](https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos_PDF/recesa/processosdetratamentodeesgoto-nivel1.pdf)
- SEDU, Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República - SEDU, (2001) *Gestão integrada de resíduos sólidos: Manual Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos*, IBAM, Rio de Janeiro, 204 pp.
- Carvalho, R. R. (2017) *Aplicação de análise multicritério em ambiente de geoprocessamento no estudo de áreas para implantação de aterros sanitários—área sul da RIDE/DF e Entorno*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental), Programa em Pós-Graduação em engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, Brasília, 141 pp.
- Carrilho, A. N., Candido, H. G., Souza, A. D. (2018) Geoprocessamento aplicado na seleção de áreas para a implantação de aterro sanitário no município de Conceição das Alagoas (MG). *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 23(1), 201-206. <https://doi.org/10.1590/s1413-41522018142980>
- Calijuri, M. L., Melo, A. O., Lorentz, J. F. (2002) Identificação de áreas para implantação de aterros sanitários com uso de análise estratégica de decisão, *Informática Pública*, 4(2), 231-250. Acesso em 29/10/2021, disponível em: [http://pbh.gov.br/informaticapublica/ANO4\\_N2\\_PDF/ip0402calijuri.pdf](http://pbh.gov.br/informaticapublica/ANO4_N2_PDF/ip0402calijuri.pdf)
- Dalmas, F. B., Goveia, 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*, 30 (2), 285-299.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2021) *EMBRAPA Solos: Solos do Brasil*, EMBRAPA, Brasília. Acesso em 23/03/2021, disponível em: <https://www.embrapa.br/solos/sibcs/solos-do-brasil>

- Gomes, N. A., Leite, J. C. A., Farias, C. A. S., Silva, A. P. O., Ismael, F. C. M. (2017) Diagnóstico ambiental qualitativo no “lixão” da cidade de Pombal, Paraíba, *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, **12**(1). <https://doi.org/10.22533/at.ed.5891908032>
- Iglesias, M. S. (2021) Diagnóstico de implantação de aterro sanitário no município de veríssimo-mg. *Observatorium: Revista Eletrônica de Geografia*, **12**(1), 16-35. <https://doi.org/10.14393/OREG-v12-n1-2021-59058>
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2015) *Manuais Técnicos de Geociências: Manual Técnico de Pedologia*, IBGE, Rio de Janeiro. Acesso em 19/03/2021, disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv95017.pdf>
- Oliveira, A. A. A. D.; Corrêa, S. D. S.; Mariano, M. O. H., Bezerra, S. D. T. M., Coelho, I. C. L. (2021) Métodos multicritérios para seleção de áreas destinadas a aterros sanitários, *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Investigación, desarrollo y práctica*, **14**(1), 425-440. <http://dx.doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2021.14.1.71086>
- Poague, K. I. H. M., Silva, W. R., Rezende, V. M., Pereira, A. P. M., Árabe, M. P. (2018) SIG na seleção de áreas para implantação de aterros sanitários: estudo de caso em Jundiáí-SP, *Revista DAE*, **66**(213), 59-75. <https://doi.org/10.4322/dae.2018.032>
- SERHMACT, Secretaria do Estado de Recursos Hídrico, do Meio Ambiente e da Ciência e Tecnologia (2015) *Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Estado da Paraíba*, SERHMACT, João Pessoa-PB.
- Rezende, P. S.; Marques, D. V.; Oliveira, L. A. (2017) Construção de modelo e utilização do método de Processo Analítico Hierárquico - AHP para mapeamento de risco a inundação em área urbana, *Caminhos de geografia*, **18**(61), 01-18. <https://doi.org/10.14393/RCG186101>
- Silva, M. V. S. D. (2019) *Identificação e seleção de áreas potenciais à implantação de aterro sanitário no Município de Castanhal-PA, através do uso de sistema de informações geográficas*. Monografia (Graduação em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura), Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA).
- Valladares, G. S., Gomes, A. S., Torresan, F. H.; Rodrigues, C. A. G.; Grego, C. R. (2012) Modelo multicritério aditivo na geração de mapas de suscetibilidade à erosão em área rural, *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **47**(9), 1376-1383. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012000900023>