



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO,  
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA

COORDENAÇÃO DO CURSO SUPERIOR DE  
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL



WAMON SALOMÃO DANTAS TORRES

**SELEÇÃO DE ÁREAS PARA IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO NO  
MUNICÍPIO DE SÃO JOÃO DO RIO DO PEIXE-PB, UTILIZANDO TÉCNICAS  
DE GEOPROCESSAMENTO**

Cajazeiras-PB, 2020

WAMON SALOMÃO DANTAS TORRES

**SELEÇÃO DE ÁREAS PARA IMPLANTAÇÃO DE ATERRO  
SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE SÃO JOÃO DO RIO DO PEIXE-PB,  
UTILIZANDO TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba-*Campus* Cajazeiras, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil, sob Orientação da Prof. Me. Cinthya Santos da Silva.

Cajazeiras-PB, 2020

T623s

TORRES, Wamon Salomão Dantas

Seleção de áreas para implantação de aterro sanitário no município de São João do Rio do Peixe-PB, utilizando técnicas de Geoprocessamento. Wamon Salomão Dantas Torres. - Cajazeiras, 2020. 31f..

TCC (PDF)

Orientador: Cinthya Santos da Silva

1. Geoprocessamento. 2. Aterro Sanitário. 3. Legislação Ambiental. I. Wamon Salomão Dantas Torres. II. Título.

CDU: 628.472

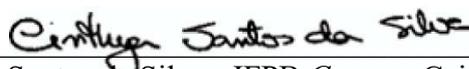
WAMON SALOMÃO DANTAS TORRES

**SELEÇÃO DE ÁREAS PARA IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO NO  
MUNICÍPIO DE SÃO JOÃO DO RIO DO PEIXE-PB, UTILIZANDO TÉCNICAS  
DE GEOPROCESSAMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à  
Coordenação do Curso de Bacharelado em  
Engenharia Civil do Instituto Federal de  
Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba,  
como parte dos requisitos para a obtenção do  
Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em 10 de Dezembro de 2020.

**BANCA EXAMINADORA**



---

Cinthya Santos da Silva - IFPB *Campus* Cajazeiras  
Orientadora



---

Mateus Rodrigues da Costa IFPB *Campus* Cajazeiras  
Examinador 1



---

Germano Gondim Ribeiro Neto - Wageningen University  
Examinador 2

A minha mãe, Teresinha Flor Dantas Torres (*in memoriam*), que enquanto em vida, batalhou arduamente para que eu pudesse ter o melhor investimento, a educação.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por até aqui ter me sustentado e dado forças para a realização desse sonho. “Pois dele, por ele e para ele são todas as coisas. A ele seja a glória para sempre! Amém.” Romanos 11:36

Aos meus pais, Teresinha Flor Dantas Torres (*in memoriam*) e Francisco Braz Torres, pelos incontáveis esforços para me proporcionar essa grande conquista.

Ao meu querido irmão, David Sammuel Dantas Torres, por todo apoio e convivência durante esses anos de curso.

A minha namorada, Kely Laine Barbosa de Brito, por estar sempre ao meu lado me incentivando.

Ao meu grande amigo, Antônio Rondinely, pelo companheirismo durante todo o curso.

Aos meus familiares, em especial, as minhas tias, Ana Dantas, Antônia Flor e Raimunda Flor, e meu primo, Aristóteles Dantas.

A todos os membros da Primeira Igreja Batista do Sétimo Dia em São João do Rio do Peixe-PB, pelas orações e auxílio durante toda essa jornada.

A minha orientadora, Cinthya Santos da Silva, por toda assistência na trajetória acadêmica e por estar sempre disposta a contribuir com minha aprendizagem.

Aos meus queridos amigos Tiago Emanuel, Alexandra Amador e Isabela Dantas, por toda ajuda durante minha formação acadêmica.

Aos meus futuros colegas de profissão: Francisco Ygor, Rafaela Oliveira e Sara Jamille, por toda amizade desenvolvida durante toda a graduação.

## RESUMO

A produção de resíduos sólidos no Brasil, a cada ano, apresenta um crescimento significativo e condizente com o seu aumento populacional, entretanto, a maioria das cidades brasileiras, principalmente na região Nordeste, não possuem destinação ambientalmente adequada para esses resíduos, como é o caso do município de São João do Rio do Peixe na Paraíba, o que infringe a Lei nº12.305/2010. Dessa forma, neste trabalho foi calculada a área necessária a inserção de um aterro sanitário de pequeno porte, para a cidade em estudo, e através de ferramentas de geoprocessamento, utilizadas para a geração de mapas temáticos, foi possível indicar áreas propícias a implantação do aterro, atendendo assim, parcialmente, os critérios exigidos na Norma Técnica Brasileira a respeito dos aterros sanitários de pequeno porte; no que se refere a adoção de Unidades de Gerenciamento Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos para municípios abaixo de 20.000 habitantes; e na Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente, que estabelece os critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos.

**Palavras-Chave:** Resíduos Sólidos. Lei nº 12.305. Aterro Sanitário. Geoprocessamento. Legislação Ambiental.

## ABSTRACT

*The production of solid waste in Brazil, each year, show a significant growth and consistent with its population increase, however, most Brazilian cities, especially in the Northeast region, don't have environmentally adequate destination for these residues, as is the case of the municipality of São João do Rio do Peixe in Paraíba, which violates the Law n° 12,305/2010. Thus, in this article was calculated the area necessary to insert a small sanitary landfill for the city in study, and through geoprocessing tools, used for the generation of thematic maps, it was possible to find areas propitious to the implementation of the sanitary landfill, thus, partially fulfilling the criteria required in the Brazilian Technical Standard for small sanitary landfills; regarding to the adoption of Integrated Management Units of Urban Solid Waste for municipalities, below 20,000 inhabitants, and for the Resolution of the National Environment Council, which establishes the criteria and guidelines for the licensing of small sanitary landfill of municipal solid waste.*

**Keywords:** Solid Waste. Law n° 12,305. Sanitary Landfill. Geoprocessing. Environmental Legislation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de uso e ocupação do solo .....	24
Figura 2 - Mapa de distâncias de corpos d'água .....	25
Figura 3 - Mapa de distâncias de rodovias .....	26
Figura 4 - Mapa de distâncias de zona urbana.....	27
Figura 5 - Mapa de distâncias de zona urbana com aeródromo em funcionamento .....	28
Figura 6 - Mapa de áreas adequadas e inadequadas para a implantação de aterro sanitário de pequeno porte em São João do Rio do Peixe-PB sem o aeródromo em funcionamento.....	29
Figura 7 - Mapa de áreas adequadas e inadequadas para a implantação de aterro sanitário de pequeno porte em São João do Rio do Peixe-PB com o aeródromo em funcionamento .....	29

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Critérios para a seleção da área a ser utilizada como aterro sanitário de pequeno porte .....	16
Tabela 2 - Requisitos mínimos exigidos para a escolha da localização da área, implantação e operação da UGIRSU .....	17
Tabela 3 - Condições, critérios e diretrizes, mínimas, exigidas, no licenciamento ambiental dos aterros sanitários de pequeno porte .....	18
Tabela 4 - Critérios utilizados para a seleção das áreas de aterro sanitário.....	19
Tabela 5 - Classificação e pesos atribuídos aos mapas base .....	22
Tabela 6 - Valores representativos dos mapas finais de acordo com sua classificação .....	28

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>15</b>
2.1 ABNT NBR 15.849:2010 .....	15
2.2 DELIBERAÇÃO Nº 4050/2019 - COPAM.....	16
2.3 RESOLUÇÃO Nº 404/2008 - CONAMA .....	17
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>19</b>
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	19
3.2 CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DAS ÁREAS DE ATERRO SANITÁRIO.....	19
3.3 ESTIMATIVA DA ÁREA TOTAL DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS .....	20
3.4 ELABORAÇÃO DOS MAPAS TEMÁTICOS .....	21
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>23</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>30</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>31</b>

## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil, na maioria de suas cidades, não existe um destino adequado para o descarte de resíduos sólidos urbanos, o que leva a deposição em lixões a céu aberto e aterros controlados, acarretando uma série de complicações para o meio ambiente e à saúde pública. Segundo o Panorama da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) de 2018/2019, os resíduos sólidos gerados no Brasil chegaram a 79 milhões de toneladas em 2018, destes, 29,5 milhões de toneladas foram descartados em locais inadequados em 3.001 dos 5.571 municípios.

Ainda de acordo com a ABRELPE (2019), a Região Nordeste foi a que teve o menor índice de cobertura de coleta de resíduos sólidos urbanos no país. Os 1.794 municípios da região geraram 53.975 toneladas em 2018, das quais 81,1% foram coletadas; porém, ao menos 6 em cada 10 toneladas coletadas receberam o destino inadequado, tais como lixões e aterros controlados. De acordo com a Superintendência de Administração do Meio Ambiente da Paraíba (COPAM, 2019), cerca de 71,5% dos municípios do estado possuem áreas degradadas e potencialmente contaminadas por disposição irregular de resíduos sólidos.

O município de São João do Rio do Peixe encontra-se neste percentual; de acordo com a Secretaria de Infraestrutura do município, a quantidade de resíduos coletados na cidade pelo órgão é de 14 toneladas/dia, sendo estes, dispostos em um lixão a céu aberto, desta forma, infringindo a legislação ambiental vigente, a Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010), que Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, e determina disposição final dos resíduos em aterros sanitários, como a ambientalmente adequada.

Diante desta situação, no ano de 2019, a administração pública municipal aderiu ao Projeto “Fim dos Lixões”, que vem sendo implementado pelo Ministério Público da Paraíba (MPPB, 2020), e assinou o acordo de não-persecução penal e o Termo de Ajustamento de Conduta (TAC), propostos pela instituição, comprometendo-se a encontrar a solução técnica mais viável para o destino adequado dos resíduos sólidos e a acabar com o lixão da cidade até 1º de dezembro de 2020.

Entretanto, com a sanção da Lei nº 14.026 (BRASIL, 2020), que atualiza o marco legal do saneamento básico, a Lei nº 12.305 foi alterada quanto aos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, onde, os municípios com população inferior a 50.000 mil habitantes no Censo 2010, têm o novo prazo definido para as adequações a Lei até 2 de agosto de 2024; contudo, estes devem até 31 de dezembro de 2020 ter elaborado um plano

intermunicipal de resíduos sólidos ou plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos, que disponham de mecanismos de cobrança que garantam sua sustentabilidade econômico-financeira.

Contudo, não há informação oficial sobre a existência ou processo de elaboração de um plano intermunicipal de resíduos sólidos ou plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos, para a cidade de São João do Rio do Peixe, desta forma, prevalece a data limite de 1º de dezembro de 2020 para o encerramento das atividades no lixão, conforme acordado com o MPPB.

A utilização de geoprocessamento visa facilitar e acelerar o procedimento na seleção de possíveis áreas para implantação de aterro sanitário, evitando desperdício de recursos humanos e financeiros, uma vez que o processo convencional é complexo e envolve diversos aspectos técnicos, econômico-financeiros, sociais, políticos e legais, cujo levantamento de informações geralmente é oneroso e de difícil integração e manipulação (POAGUE et al., 2018); em contrapartida a esse processo, as ferramentas de geoprocessamento se mostram potencialmente eficazes e de baixo custo (CARRILHO; CANDIDO; SOUZA, 2018).

Desse modo, este trabalho possui por finalidade encontrar possíveis áreas que possam ser utilizadas à implantação de um aterro sanitário para o descarte correto de resíduos sólidos urbanos, levando em consideração a legislação e as normas técnicas vigentes, se utilizando de ferramentas de geoprocessamento.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo discorre sobre a Norma Técnica Brasileira a respeito dos aterros sanitários de pequeno porte; a Deliberação do Conselho de Proteção Ambiental do Estado da Paraíba, sobre orientações técnicas requeridas no âmbito do licenciamento ambiental junto à Superintendência de Administração do Meio Ambiente no que se refere a adoção de Unidades de Gerenciamento Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos para municípios abaixo de 20.000 habitantes, e sobre a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente, que estabelece os critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos.

### 2.1 ABNT NBR 15.849:2010

A maior parte dos municípios brasileiros tem pequena população e apresenta contextos ambientais bem diversificados. Nestes municípios ou associações de municípios, sempre que as condições físicas permitem, é possível a implantação de sistemas de disposição de resíduos simplificados, em razão das pequenas quantidades e das características dos resíduos gerados diariamente, sem prejuízo do controle de impactos ambientais e sanitários.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), na sua NBR 15.849/2010, trata a respeito dos Resíduos sólidos urbanos – Aterros sanitários de pequeno porte – Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento. No seu tópico 3, a norma discorre sobre os termos e definições, e no seu subtópico 3.2, traz a definição de aterro sanitário de pequeno porte, que é:

Aterro sanitário para disposição no solo de resíduos sólidos urbanos, até 20 toneladas por dia ou menos, quando definido por legislação local, em que, considerados os condicionantes físicos locais, a concepção do sistema possa ser simplificada, adequando os sistemas de proteção ambiental sem prejuízo da minimização dos impactos ao meio ambiente e a saúde pública. (ABNT NBR 15.849, 2010, pág. 2)

No subtópico 4.1 a norma expõe os critérios para a seleção da área a ser utilizada como aterro sanitário de pequeno porte, onde devem ser observados no mínimo os seguintes fatores de análise para a avaliação da área, conforme a Tabela 1:

**Tabela 1** - Critérios para a seleção da área a ser utilizada como aterro sanitário de pequeno porte

a)	para tipo consistência e granulometria das camadas de subsolo na base do aterro; recomenda-se a utilização de solos naturalmente pouco permeáveis (solos argilosos, argilo-arenosos, ou argilo-siltosos)
b)	no caso de existência de corpos d'água superficiais na área ou em seu entorno imediato; recomenda-se o respeito a uma distância mínima de 200 m de qualquer coleção hídrica ou curso d'água
c)	proximidade do freático em relação à base do aterro ou em seu entorno imediato
d)	ocorrência de inundações: as áreas com essas características não devem ser utilizadas
e)	as características topográficas da área devem ser tais que permitam uma das soluções adotáveis para o preenchimento do aterro, recomenda-se locais com declividades superior a 1% e inferior a 30%
f)	recomenda-se distância do limite da área útil do aterro a núcleos populacionais vizinhos mínima de 500 m
g)	a vida útil previsível do aterro de pequeno porte passível de ser implantado na área deve ser superior a 15 anos

Fonte: ABNT, NBR 15.849/2010.

## 2.2 DELIBERAÇÃO Nº 4050/2019 - COPAM

A Deliberação nº 4.050, de 07 de Outubro de 2019, do Conselho de Proteção Ambiental do Estado da Paraíba (COPAM), dispõe sobre orientações técnicas para os procedimentos da Superintendência de Administração do Meio Ambiente (SUDEMA), a serem adotados, considerando a necessidade de atualização da NA-101 no que se refere a adoção de Unidades de Gerenciamento Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos (UGIRSU) para municípios abaixo de 20.000 habitantes a serem requeridas no âmbito do licenciamento ambiental junto à SUDEMA.

De acordo a Deliberação, no seu Art. 3º, definição XI, a UGIRSU é:

Local onde é realizada a separação da matéria orgânica putrescível (restos de alimentos, aparas e podas de jardins etc.), materiais recicláveis, rejeitos e resíduos especiais presentes no lixo. A parte orgânica é destinada ao pátio de compostagem, onde é submetida a um processo de conversão biológica em composto orgânico, os materiais recicláveis são encaminhados para inserção na cadeia produtiva e o rejeito é encaminhado para disposição final ambientalmente adequada. (Deliberação nº 4.050 - COPAM, 2019, pág. 3)

Dessa forma, pela complexidade das ações que serão realizadas na UGIRSU, faz-se necessária que a mesma esteja inserida na área destinada as operações do aterro sanitários.

O Art. 6º da Deliberação trata a respeito dos requisitos mínimos exigidos para a escolha da localização da área, implantação e operação da UGIRSU, de acordo com a Tabela 2:

**Tabela 2** - Requisitos mínimos exigidos para a escolha da localização da área, implantação e operação da UGIRSU

a)	A localização da área não poderá ocorrer, em nenhuma hipótese, em áreas erodidas, em especial em voçorocas, em áreas cársticas, em depósitos aluvionares ou em Áreas de Preservação Permanente (APP)
b)	A localização da área não poderá ocorrer em área com solo de baixa permeabilidade e com declividade média superior a 30%
c)	A localização da área não poderá estar sujeita a eventos de inundação, situada a uma distância mínima de 200,0 metros de cursos d'água (intermitentes e perenes), nascentes e olhos d'água perenes, barramento ou represamento artificial de cursos d'água naturais
d)	A localização da área deve obedecer a uma distância mínima de 500,0 metros de residências isoladas ou aglomerações habitacionais (residências de aglomerados habitacionais em agrovila ou vila)
e)	A localização da área deve estar a uma distância mínima de 100,0 metros de rodovias e estradas, a partir da faixa de domínio estabelecida pelos órgãos competentes
f)	A localização da área deve estar a uma distância mínima de 10 Km de aeródromos cadastrados na Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC)
g)	A localização da área deve estar a uma mínima de 15,0 metros da faixa de servidão de redes de alta tensão (NBR 5.422/1985)

Fonte: Deliberação nº 4.050/2019 - COPAM.

### 2.3 RESOLUÇÃO Nº 404/2008 - CONAMA

A Resolução nº 404, de 11 de novembro de 2008, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), estabelece os critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos. No seu Art. 1º, § 1º considera que aterros sanitários de pequeno porte são aqueles com disposição diária de até 20 t (vinte toneladas) de resíduos sólidos urbanos.

O Art. 4º da Resolução trata a respeito das condições, critérios e diretrizes, mínimas, exigidas, no licenciamento ambiental dos aterros sanitários de pequeno porte, que são:

**Tabela 3** - Condições, critérios e diretrizes, mínimas, exigidas, no licenciamento ambiental dos aterros sanitários de pequeno porte

a)	vias de acesso ao local com boas condições de tráfego ao longo de todo o ano, mesmo no período de chuvas intensas
b)	respeito às distâncias mínimas estabelecidas na legislação ambiental e normas técnicas
c)	respeito às distâncias mínimas estabelecidas na legislação ambiental relativas a áreas de preservação permanente, Unidades de Conservação, ecossistemas frágeis e recursos hídricos subterrâneos e superficiais
d)	uso de áreas com características hidrogeológicas, geográficas e geotécnicas adequadas ao uso pretendido, comprovadas por meio de estudos específicos
e)	uso de áreas que atendam a legislação municipal de uso e ocupação do solo, desde que atendido o disposto no art. 5º e 10 da Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997, com preferência daquelas antropizadas e com potencial mínimo de incorporação à zona urbana da sede, distritos ou povoados e de baixa valorização imobiliária
f)	uso de áreas que garantam a implantação de empreendimentos com vida útil superior a 15 anos
g)	impossibilidade de utilização de áreas consideradas de risco, como as suscetíveis a erosões, salvo após a realização de intervenções técnicas capazes de garantir a estabilidade do terreno
h)	impossibilidade de uso de áreas ambientalmente sensíveis e de vulnerabilidade ambiental, como as sujeitas a inundações

Fonte: Resolução nº404/2008 - CONAMA.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

A seguir são apresentados os pontos metodológicos necessários para a execução deste trabalho.

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de São João do Rio do Peixe está localizado na mesorregião do Sertão Paraibano, nas coordenadas UTM 560.954.75 m E e 9.256.209.09 m S; se estende por 473,75 km<sup>2</sup>, e pertence a Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açú, possui um clima semiárido, com vegetação do tipo caatinga hiperxerófila herbáceo-arbustiva. A sua população, conforme o último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), é de 18.201 habitantes, com densidade demográfica de 38,36 hab/km<sup>2</sup>.

#### 3.2 CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DAS ÁREAS DE ATERRO SANITÁRIO

Diante da NBR 15.849:2010, a Deliberação COPAM n° 4050/2019 e a Resolução CONAMA n° 404/2008, para esse estudo, foram utilizados os critérios elencados na Tabela 4 para a seleção das áreas adequadas para implantação do aterro sanitário.

**Tabela 4** - Critérios utilizados para a seleção das áreas de aterro sanitário

<b>Critério</b>	<b>Recomendado</b>	<b>Adotado</b>
Distância mínima de corpos d'água superficiais na área ou em seu entorno imediato	200 m	200 m
Distância mínima do limite da área útil do aterro a núcleos populacionais vizinhos	500 m	2 km
Distância mínima da localização da área de rodovias e estradas	100 m	100 m
Distância mínima de aeródromos cadastrados na ANAC	10 km	10 km
Vida útil previsível do aterro de pequeno porte	>15 anos	20 anos
Proximidade da zona de coleta	-	10 km

Fonte: Autoria Própria, 2020.

Foi admitida uma distância mínima de 2 km do aterro a núcleos populacionais vizinhos, tendo em vista a disponibilidade de área e a concentração da maior densidade populacional ocorrer na zona urbana da cidade, por outro lado, buscando minimizar a distância às zonas de coleta, foi adotada uma distância máxima desejável de 10 km para a localização do aterro.

### 3.3 ESTIMATIVA DA ÁREA TOTAL DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS

Para realizar a estimativa da área para disposição dos resíduos foi necessário definir o horizonte de projeto e estimar a população da área de estudo para o ano horizonte. De acordo com Santos e Girardi (2007), a Equação 1 é utilizada para esse cálculo:

$$Pop(f) = P(i) * (1 + d)^t \quad (1)$$

Onde:

$P(i)$  é a população atual;

$d$  é a taxa de crescimento anual (supondo-se uma projeção aritmética); e

$t$  é o tempo em anos.

A população atual da cidade, de acordo com o IBGE, é de 18.201 habitantes, com uma taxa de crescimento de 3% desde 2000, e uma estimativa de taxa de crescimento anual de 0,3%. Foram adotados dados do censo 2010 como base para ao cálculo, valor que difere em apenas 167 habitantes da estimativa do IBGE para o ano de 2019.

De acordo com a ABRELPE (2018), a geração *per capita* de resíduos sólidos urbanos no Nordeste do Brasil é de 0,951 kg/habitante/dia. Sabendo-se a população estimada para 2040 e a geração per capita, foi calculada a quantidade de lixo a ser produzido em 2040, conforme a Equação 2:

$$Q (2040) = Pop (2040) * 0,951 \quad (2)$$

Conforme Haddad (1994 *apud* RIBEIRO, 2011), o peso específico do lixo compactado varia entre 500 e 700 kg/m<sup>3</sup>. Levando em conta a situação mais desfavorável, e sabendo a quantidade de lixo a ser produzida diariamente em 2040, o volume de resíduos produzido diariamente foi estimado pela Equação 3:

$$V(diário) = Q (2040)/700 \quad (3)$$

Dessa forma, o volume total produzido até 2040 foi expresso pela Equação 4:

$$V(2040) = V(diário) * 365 * 20 \quad (4)$$

Para os cálculos realizados foram desconsiderados os processos de coleta seletiva, triagem e compostagem dos resíduos, conforme exige a Lei nº 12.305/2010, pois seria

necessário a realização de um estudo *in loco* de classificação e quantificação dos resíduos gerados, a fim de considerar os valores reais desses processos.

A área mínima para o aterro sanitário foi definida então conforme a Equação 5, onde  $h$  é a altura máxima de empilhamento para o resíduo.

$$A \text{ (mínima)} = V(2040)/h \quad (5)$$

### 3.4 ELABORAÇÃO DOS MAPAS TEMÁTICOS

Na elaboração dos mapas foram utilizadas imagens do satélite LANDSAT-8, obtidas através do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGC), e arquivos *shapfiles*, de representação dos limites territoriais e sede do município, açudes, hidrografia e malha rodoviária, obtidos através do GeoPortal da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs) e do IBGE. O sistema de Coordenadas adotado foi o SIRGAS 2000, Zona 24S.

O *software* utilizado foi o *ArcGIS* versão 10.5 do *Environmental Systems Research Institute* (ESRI), por meio de uma análise multicritério, com a atribuição de pesos numéricos as diferentes condições existentes para os critérios aqui considerados, conforme apresentado na Tabela 5. Analisando a contribuição de cada um dos critérios adotados, foram obtidos os mapas base de uso e ocupação do solo e os de distâncias de corpos d'água, rodovias, zona urbana e aeródromos.

O município atualmente possui o Aeródromo Público de Brejo das Freiras; o mesmo é homologado pela portaria DAC nº1497/SIE, de 24 de outubro de 2001, entretanto, encontra-se interditado desde o ano de 2013, conforme Ofício nº 149/2013/SIA/ANAC. Tendo em vista a possibilidade de retomada do seu funcionamento durante o horizonte de projeto, foram consideradas para elaboração do mapa de áreas propícias ambas as situações, com e sem o aeródromo em funcionamento.

Os pesos atribuídos variam entre 0 a 10, sendo 0 considerado como uma área péssima para implantação do aterro, e 10 como uma área ideal. Os valores intermediários classificam as áreas entre regulares e não recomendadas.

**Tabela 5** - Classificação e pesos atribuídos aos mapas base

<b>Mapa</b>	<b>Classificação</b>	<b>Peso</b>
Uso e ocupação do solo	Caatinga	7
	Solo Exposto	10
	Hidrografia	0
	Açude Pilões	0
	Açude Chupadouro	0
Distâncias de corpos d'água	São João do Rio do Peixe	0
	Propícia	10
	Regular	7
	Imprópria	5
Distâncias de rodovias	Propícia	10
	Regular	7
	Péssima	0
Distâncias de zona urbana	Propícia	10
	Regular	7
	Imprópria	5
	Péssima	0
Distâncias de zona urbana com aeródromo em funcionamento	Propícia	10
	Regular	7
	Imprópria	5
	Imprópria - Aeródromo	3
	Péssima	0

Fonte: Aatoria Própria, 2020.

Após a elaboração dos mapas base, e determinadas suas classificações com seus respectivos pesos, foi realizada a álgebra de mapas para obtenção dos mapas finais, fruto da sobreposição dos mapas base. Através do cálculo da média geométrica do peso de cada pixel, foram definidas as classes com as variações dos pesos para determinar as áreas adequadas e inadequadas a inserção do aterro sanitário.

As áreas com pesos atribuídos entre 7 a 10 foram classificadas como ideais, de 5 a 7, intermediárias, entre 3 a 5, não recomendadas, e de 0 a 3, como áreas péssimas ou impróprias a implantação do aterro.

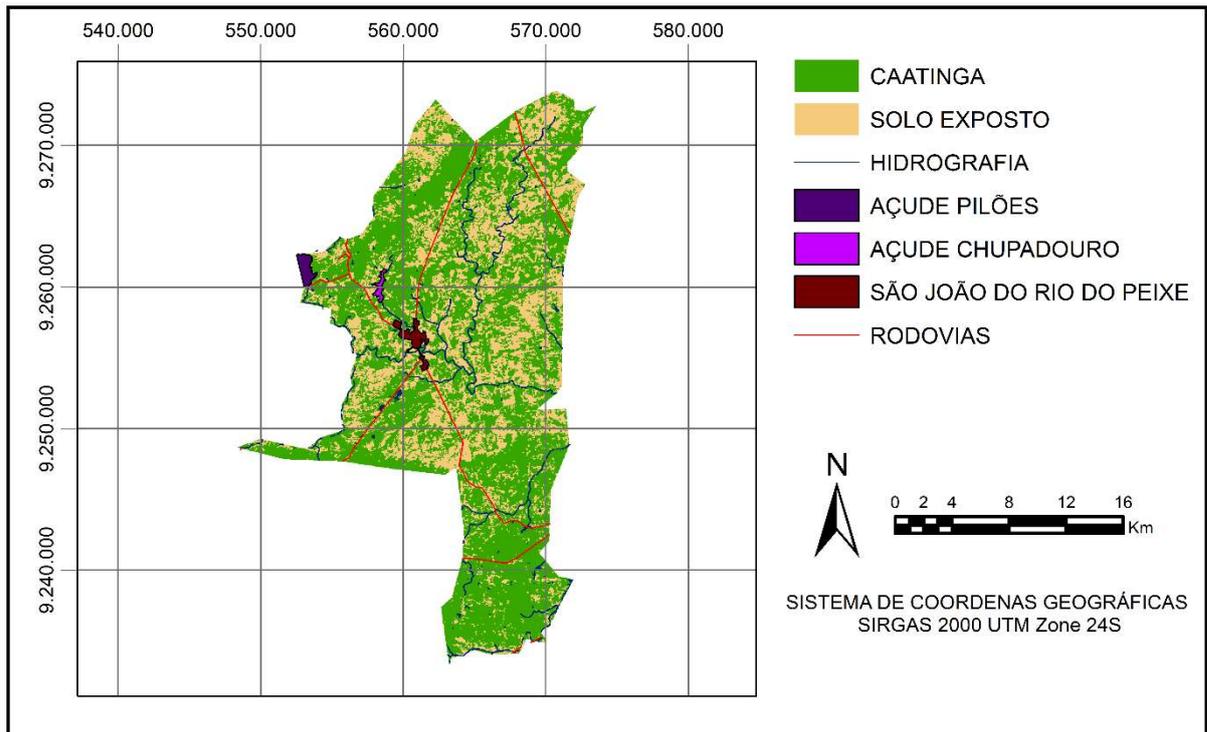
#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A população estimada para o ano de 2040, considerando o horizonte de projeto de 20 anos e a taxa de crescimento anual de 0,3%, foi de 19.325 habitantes (Equação 1). De posse dessa população, a quantidade de resíduos gerados foi calculada em 20.320,71 Kg/dia (Equação 2). Resultando em um volume diário de 29,02m<sup>3</sup> (Equação 3), considerando um peso específico de 700Kg/m<sup>3</sup>.

Tendo em vista anos com 365 dias, e uma vida útil de 20 anos, o volume total de resíduos a ser disposto no aterro seria de 211.846m<sup>3</sup> (Equação 4). Considerando-se uma altura máxima (h) de 6 metros, sugerida por Carrilho, Candido e Souza (2018), para o empilhamento do resíduo, a área mínima calculada para o aterro sanitário é de 3,53ha (Equação 5). Tendo em vista a inserção da UGIRSU nas proximidades da área destinada a disposição dos resíduos, assim como a parte administrativa do aterro, será considerada uma área mínima de 4 hectares.

Através de imagens do satélite LANDSAT-8, sensor OLI, do dia 08 de abril de 2020, utilizando a ferramenta de Classificação de Imagens do *ArcGIS*, foi gerado o mapa de uso e ocupação do solo (Figura 1). De acordo com o governo do estado da Paraíba, não existem Unidades de Conservação (UCE) ou Área de Proteção Permanente (APP) no município de São João do Rio do Peixe, portanto, todas as áreas encontradas nesse mapa, exceto a sede do município e os corpos d'água, foram caracterizadas como áreas ideais a inserção do aterro, sem restrições.

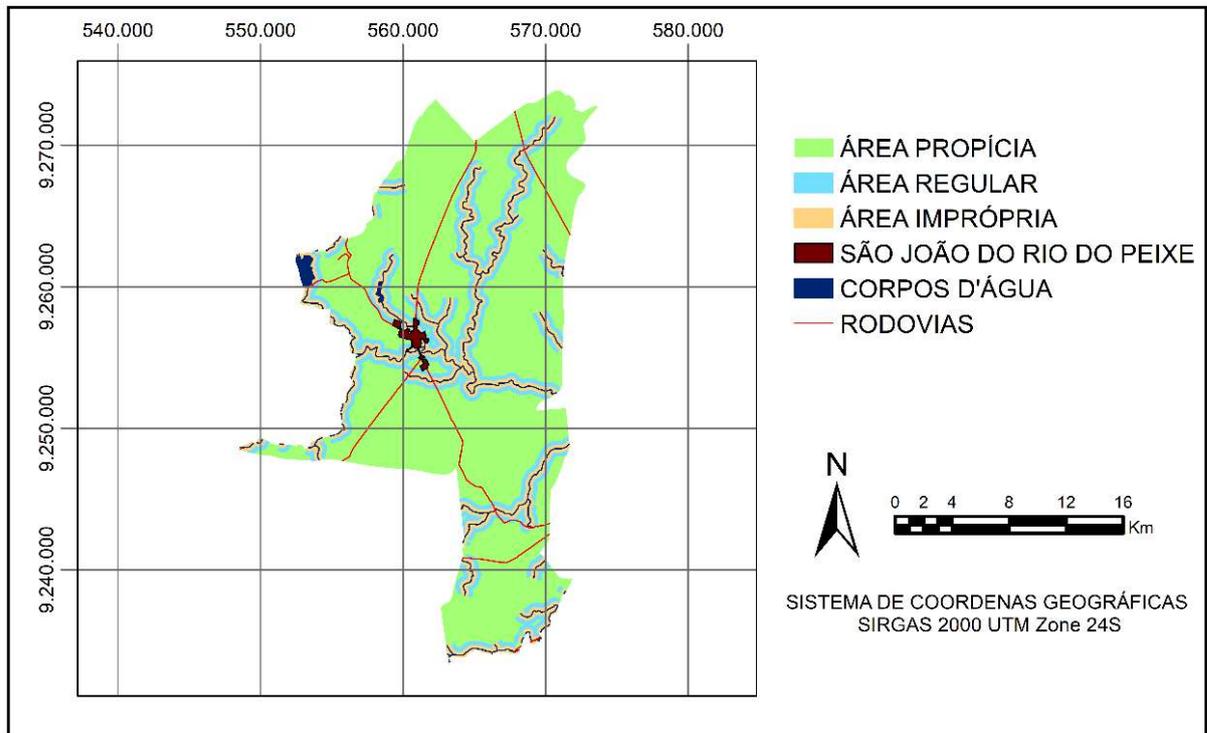
**Figura 1** - Mapa de uso e ocupação do solo



Fonte: Autoria Própria, 2020.

Para a elaboração dos demais mapas bases a seguir, foi utilizado a ferramenta *buffer* do *ArcGIS*. No mapa de distâncias de corpos d'água, foram considerados como açudagem principal o Açude de Pilões e o Açude Chupadouro por se tratarem dos dois reservatórios hídricos mais importantes do município. Apesar de serem consideradas áreas propícias aquelas que distem mais de 200m dos corpos d'água, foi admitida uma área de aceitabilidade intermediária aquelas com distâncias entre 200 e 500m (Figura 2).

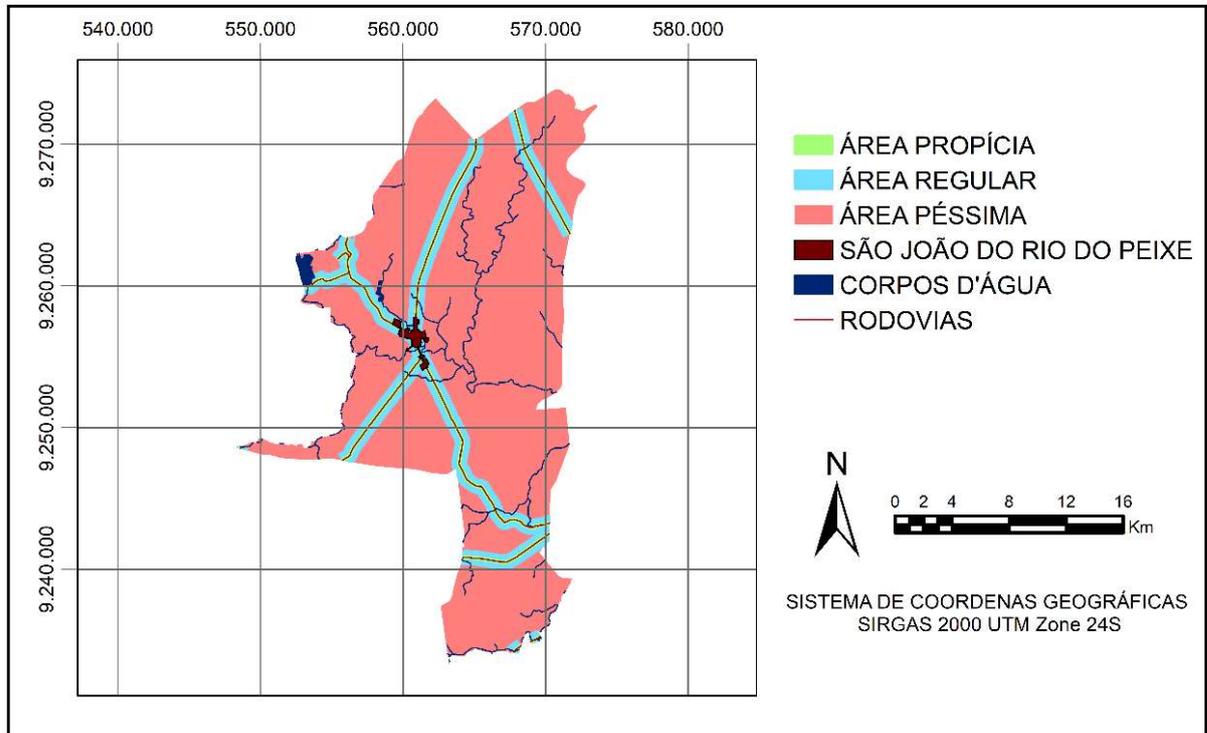
**Figura 2 - Mapa de distâncias de corpos d'água**



Fonte: Autoria Própria, 2020.

Na concepção do mapa de distâncias de rodovias (Figura 3), foi constatado que no município existem trechos de 5 malhas rodoviárias, que são: PB-391, PB-393, PB-395, BR-230 e BR-405. Diante dessa informação, foi considerada como área propícia, as que distam até 100m da margem da rodovia, e admitida como regulares, entre 100 e 500m, após esse valor, foi considerada uma situação péssima, devido ao crescente distanciamento do acesso ao local da margem da rodovia.

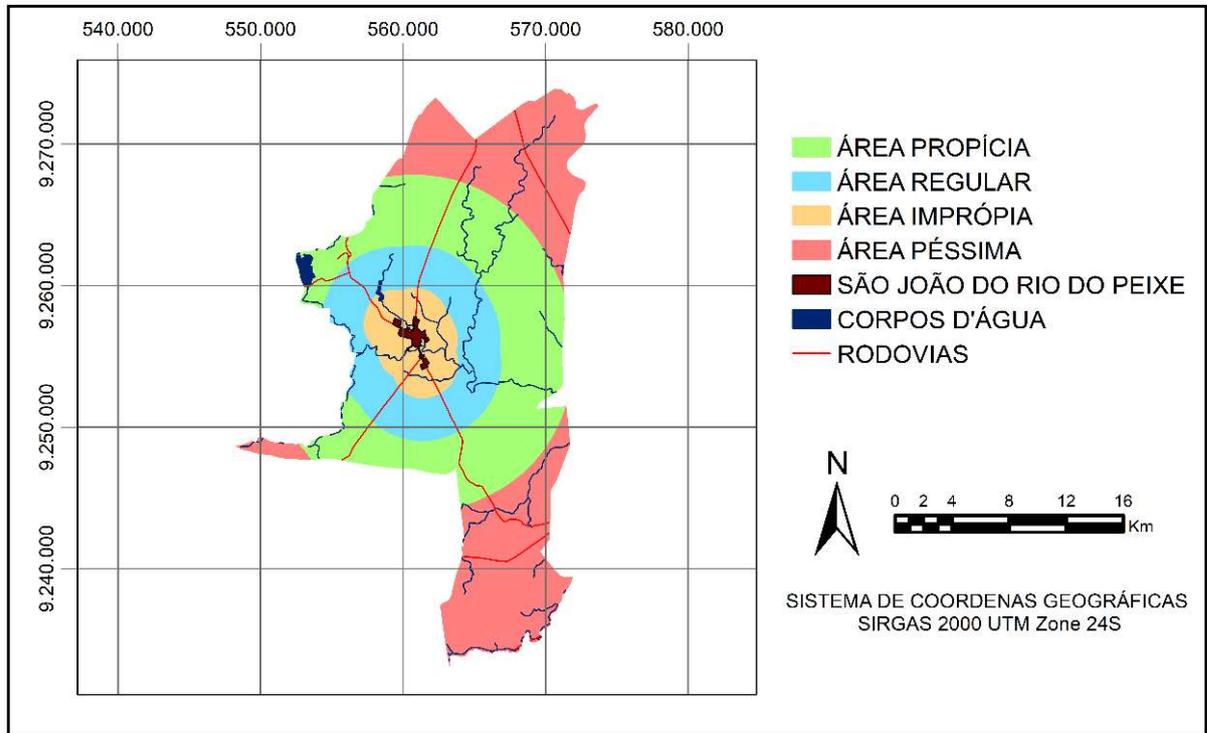
**Figura 3 - Mapa de distâncias de rodovias**



Fonte: Autoria Própria, 2020.

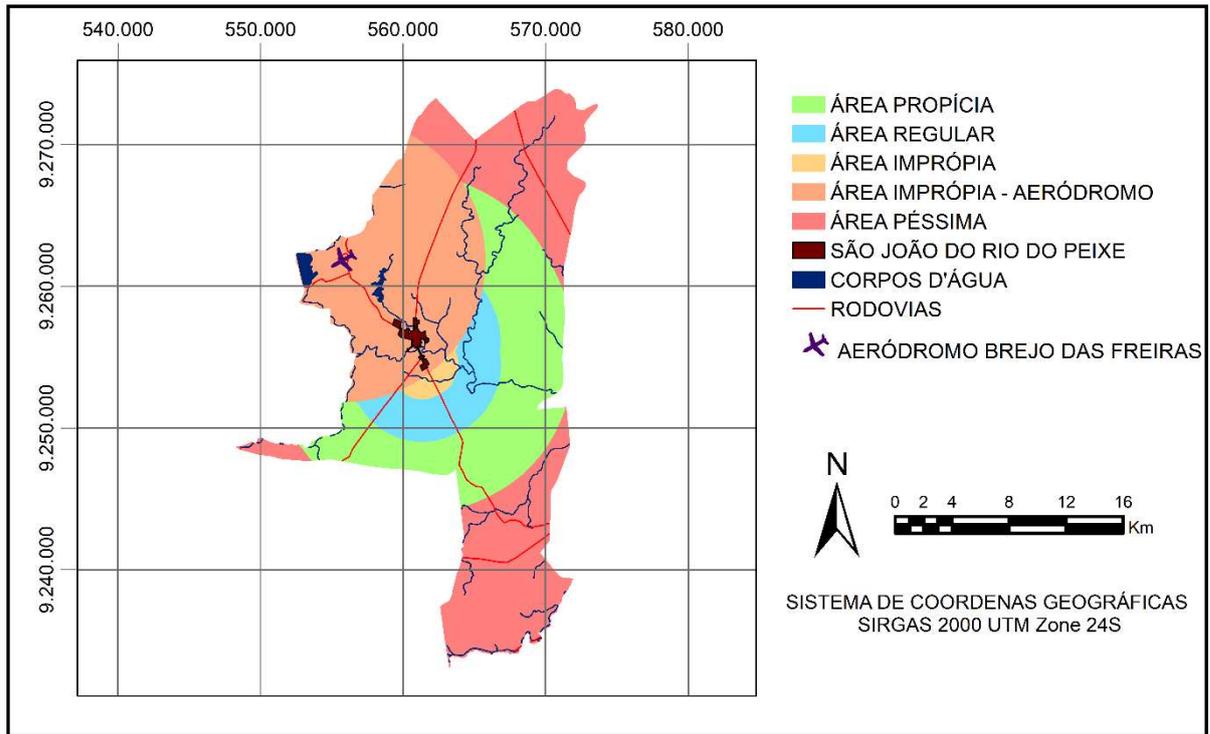
Para a construção do mapa de distâncias de zona urbana (Figura 4), foram adotadas 4 classificações distintas. Em um raio de 2 km da zona urbana, foi considerado como sendo área imprópria, devido à proximidade dos núcleos populacionais, já para as áreas que distam acima de 10 km da zona urbana, foi considerado como péssima, devido a distância à zona de coleta, assim áreas propícia e regular são as ideais para o funcionamento do aterro, estando o local propicio entre 5 a 10 km da zona urbana, e o regular entre 2 a 5 km.

**Figura 4 - Mapa de distâncias de zona urbana**



Fonte: Autoria Própria, 2020.

Vista a possibilidade de o aeródromo voltar a funcionar, durante o horizonte de projeto, foi elaborado um mapa levando em conta os mesmos critérios da Figura 4, contudo, foi acrescentada a restrição imposta para funcionamento da UGIRSU, onde é previsto um raio mínimo de 10 km de distância de aeródromos cadastrados na ANAC.

**Figura 5** - Mapa de distâncias de zona urbana com aeródromo em funcionamento

Fonte: Aatoria Própria, 2020.

Por fim, após a sobreposição dos mapas temáticos apresentados nas figuras de 1 a 5, foi gerado o mapa de áreas adequadas e inadequadas para a implantação do aterro sanitário para a situação atual, sem o aeródromo operante (Figura 6), e considerando a hipótese de o mesmo voltar as suas atividades normais, durante o horizonte de projeto (Figura 7).

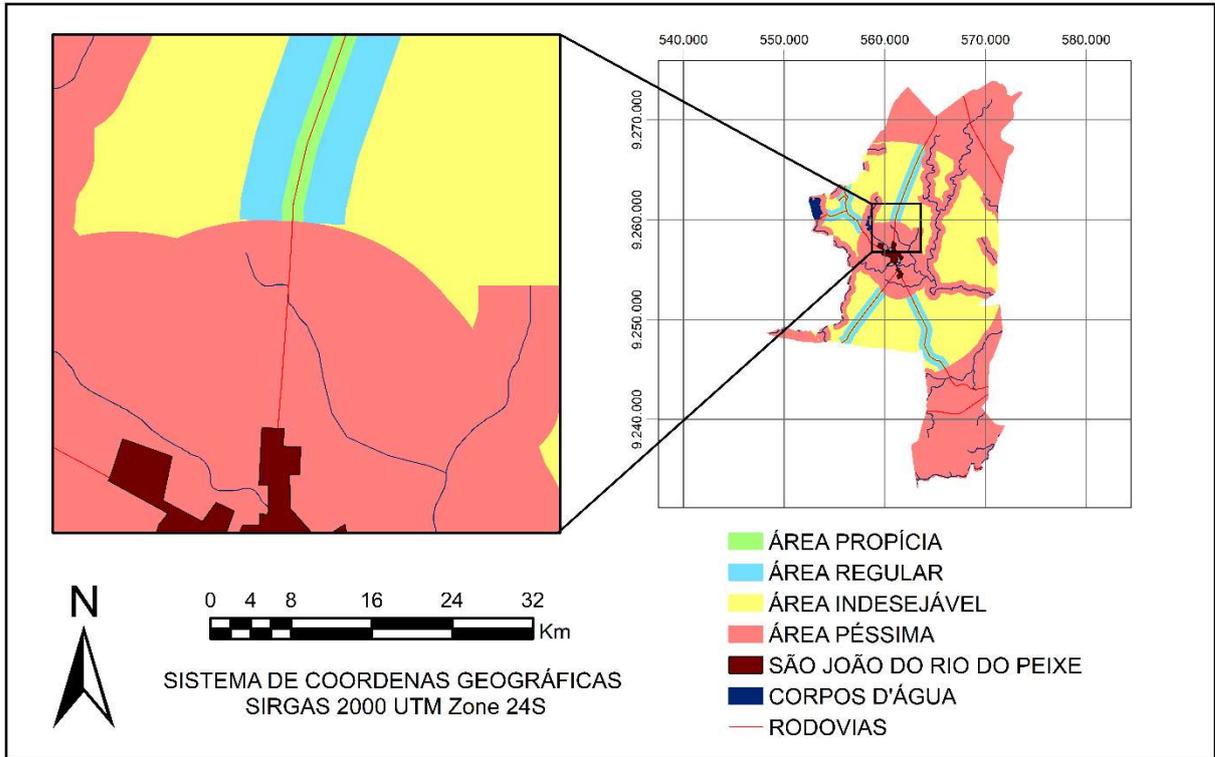
As áreas propícias foram consideradas como os locais adequados ou ideais a implantação do aterro sanitário de pequeno porte, já as áreas regulares, são espaços aceitáveis a instalação do mesmo; territórios classificados como indesejáveis, são setores não recomendados, e áreas caracterizadas como péssimas, são locais ignoráveis e inadequados a instalação do aterro.

**Tabela 6** - Valores representativos dos mapas finais de acordo com sua classificação

Mapa	Classificação	(%)
Áreas adequadas e inadequadas para a implantação de aterro sanitário de pequeno porte em São João do Rio do Peixe-PB	Propícia	1,39
	Regular	4,85
	Indesejável	37,89
	Péssima	55,87
Áreas adequadas e inadequadas para a implantação de aterro sanitário de pequeno porte em São João do Rio do Peixe-PB com aeródromo em funcionamento	Propícia	0,63
	Regular	2,47
	Indesejável	25,34
	Péssima	71,56

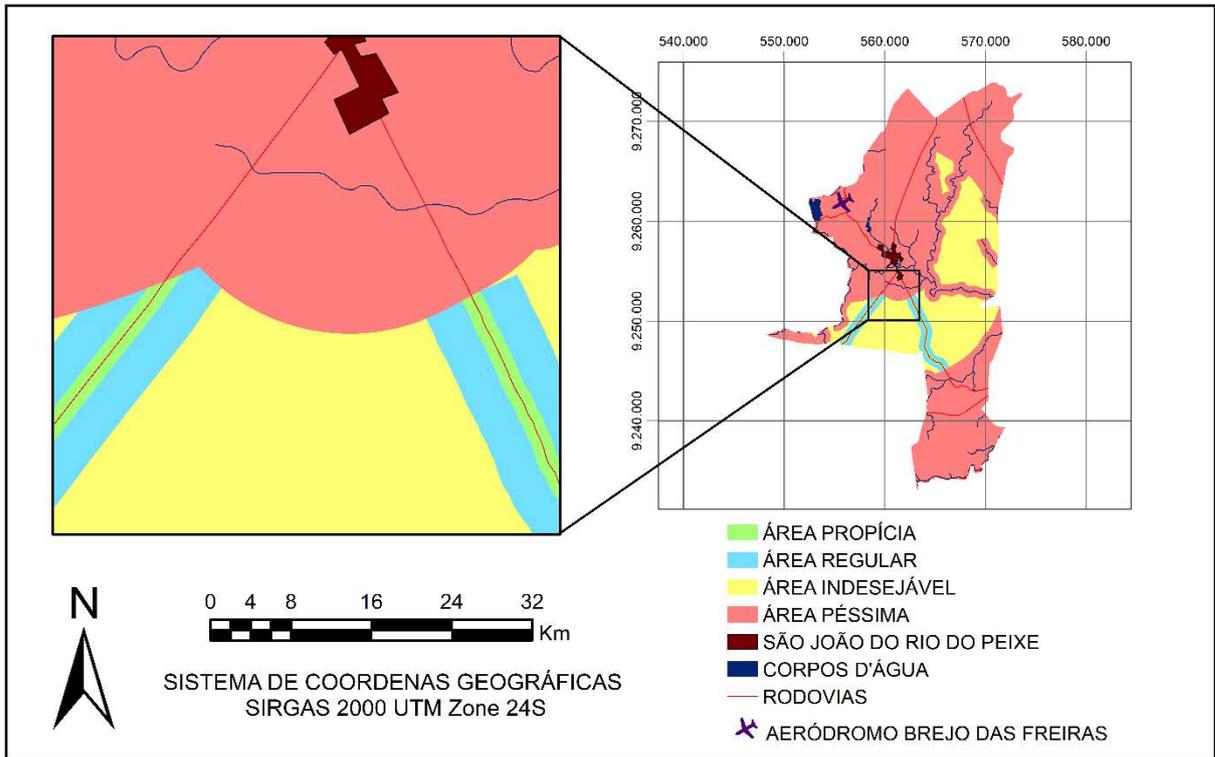
Fonte: Aatoria Própria, 2020.

**Figura 6 -** Mapa de áreas adequadas e inadequadas para a implantação de aterro sanitário de pequeno porte em São João do Rio do Peixe-PB sem o aeródromo em funcionamento



Fonte: Autoria Própria, 2020.

**Figura 7 -** Mapa de áreas adequadas e inadequadas para a implantação de aterro sanitário de pequeno porte em São João do Rio do Peixe-PB com o aeródromo em funcionamento



Fonte: Autoria Própria, 2020.

## 5 CONCLUSÃO

Através do geoprocessamento, em consonância com a análise multicritério, a busca por uma área ambientalmente adequada, para a inserção do aterro sanitário de pequeno porte, foi reduzida de aproximadamente 474 km<sup>2</sup> para 29,6 km<sup>2</sup>, no mapa de áreas adequadas e inadequadas sem o aeródromo em funcionamento; já para o mapa de áreas adequadas e inadequadas com o aeródromo em funcionamento, foi reduzida para 14,6 km<sup>2</sup>, mostrando a disponibilidade de área para implantação do aterro dentro dos limites territoriais do município de São João do Rio do Peixe, Paraíba, uma vez que a área mínima necessária seria de apenas 0,04 km<sup>2</sup>. Dessa maneira, as ferramentas de geoprocessamento se mostraram eficazes e cumpridoras do intuito deste trabalho, definindo as melhores áreas de forma técnica, garantindo a preservação do meio ambiente e a proteção à saúde pública.

Tendo em vista que o objetivo deste trabalho se restringe apenas a utilização de ferramentas de geoprocessamento para os critérios elencados na Tabela 4, é necessário que estudos detalhados sobre: geologia, geomorfologia, hidrogeologia, pedologia e topografia sejam realizados nas áreas preliminares escolhidas; para assim, atender as demais exigências normativas e definir qual a área mais adequada para inserção do aterro.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS-ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2018/2019**. São Paulo: ABRELPE, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15849**: Resíduos sólidos urbanos - Aterros sanitários de pequeno porte - Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2010. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm). Acesso em: 17 nov. 2020.

BRASIL. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2020. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2020/lei/L14026.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/L14026.htm). Acesso em: 17 nov. 2020.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA. **Resolução CONAMA nº 404**, de 11 de novembro de 2008. Brasília, DF, 2008. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=592>. Acesso em: 27 mar. 2020.

CONSELHO DE PROTEÇÃO AMBIENTAL-COPAM. **Deliberação nº 4050, 11 de novembro de 2019**. João Pessoa, PB, 2019. Disponível em: [file:///C:/Users/usuario/Downloads/Deliberacao\\_4050\\_ALTERACO\\_DA\\_NA\\_101\\_UTC\\_1\\_ULTIMA\\_VERSO..pdf](file:///C:/Users/usuario/Downloads/Deliberacao_4050_ALTERACO_DA_NA_101_UTC_1_ULTIMA_VERSO..pdf). Acesso em: 27 mar. 2020.

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). **Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, n. 1, jan/fev 2018, 201-206.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. **Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/sao-joao-do-rio-do-peixe/panorama>. Acesso em: 27 mar. 2020.

MINISTÉRIO PÚBLICO DA PARAÍBA-MPPB. 146 prefeitos assinaram acordo com o MPPB para fechar lixões em municípios paraibanos., 17 janeiro 2020. Disponível em: <http://www.mppb.mp.br/index.php/home/pgjb/38-noticias/procuradoria-geral/21940-em-um-ano-146-prefeitos-assinam-acordo-com-mppb-para-fechar-lixoes>. Acesso em: 27 mar. 2020.

POAGUE, K. I. H. M.; SILVA, W. R.; REZENDE, V. M.; PEREIRA, A. P. M. P.; ÁRABE, M. P. SIG na seleção de áreas para implantação de aterros sanitários: estudo de caso em Jundiá - SP. **Revista DAE**, núm. 213, vol. 66, outubro a dezembro de 2018.

RIBEIRO, V. V. P. **Aplicação de sistema de informação geográfica na identificação de área para aterro sanitário.** 2011. Dissertação (Mestrado em Ciência e Sistema de Informação Geográfica) - Centro de Informação Geográfico, Universidade Católica de Moçambique, Beira, Moçambique, 2011.

SANTOS, J. S.; GIRARDI, A. G. Utilização de geoprocessamento para localização de áreas para aterro sanitário no município de Alegrete-RS. **In:** SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Florianópolis, p. 5491-5498, 2007.

SOUZA, Sônia. **Geoprocessamento aplicado à identificação de áreas potenciais à degradação da qualidade da água.** 2008. Monografia (Especialização em Geoprocessamento), Departamento de Cartografia - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, 2008.