



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS  
CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

**FLAVIO SANTOS OLIVEIRA**

**O USO DO SIG COMO FERRAMENTA PARA INDICAÇÃO DE POSSÍVEIS ÁREAS APTAS  
PARA IMPLEMENTAÇÃO DE UM ATERRO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE  
JUAZEIRINHO/PB**

**CAMPINA GRANDE - PB  
2017**

**FLAVIO SANTOS OLIVEIRA**

**O USO DO SIG COMO FERRAMENTA PARA INDICAÇÃO DE POSSÍVEIS ÁREAS APTAS  
PARA IMPLEMENTAÇÃO DE UM ATERRO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE  
JUAZEIRINHO/PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

**Área de concentração:** Engenharia Sanitária e Ambiental.

**Orientador:** Prof. Dr. João Damasceno.

**CAMPINA GRANDE - PB  
2017**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

O48u Oliveira, Flavio Santos.

O uso do SIG como ferramenta para indicação de possíveis áreas aptas para implementação de um aterro sanitário no município de Juazeirinho/PB [manuscrito] : / Flavio Santos Oliveira. - 2017.

50 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2017.

"Orientação : Prof. Dr. João Damasceno, Departamento de Geografia - CEDUC."

1. Resíduos sólidos urbanos. 2. Aterros sanitários. 3. Sistemas de Informações Geográficas. 4. Geoprocessamento.

21. ed. CDD 628.44

FLAVIO SANTOS OLIVEIRA

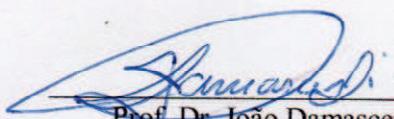
O USO DO SIG COMO FERRAMENTA PARA INDICAÇÃO DE POSSÍVEIS ÁREAS  
APTAS PARA IMPLEMENTAÇÃO DE UM ATERRO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE  
JUAZEIRINHO/PB

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Departamento de Engenharia Sanitária e  
Ambiental da Universidade Estadual da  
Paraíba, como requisito parcial à obtenção do  
grau de Bacharel em Engenharia Sanitária e  
Ambiental.

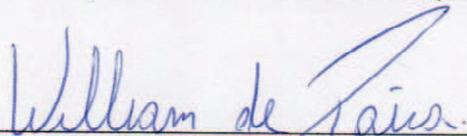
Área de concentração: Engenharia Sanitária e  
Ambiental.

Aprovada em: 11/12/2017.

**BANCA EXAMINADORA**



Prof. Dr. João Damasceno (Orientador)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. William de Paiva  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dra. Ligia Maria Ribeiro Lima  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

## DEDICATÓRIA

Aos meus queridos e amados pais, Francisco e Gorette, À meus irmãos Fabio, Isabelle e Izabette (In Memória) e À minha amada esposa Fabrícia, Dedico.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus, pois além de nos conceder o dom da vida, tem me dado forças para continuar caminhando.

A minha mãe Gorette, meu pai Francisco, e meus irmãos Fábio, Isabelle e Izabette (In Memória), por todo carinho, dedicação, educação, amor, e por estarem sempre ao meu lado a qualquer momento.

Aos demais familiares que se fizeram presente durante essa etapa da minha vida.

Aos meus irmãos de coração Aline, Alison e Douglas.

A todos os amigos de infância.

A minha esposa Fabrícia, por todo amor, carinho, companheirismo, compreensão, paciência, por estar sempre disposta a me ajudar e por todo apoio e incentivo em todos os momentos da minha vida.

Agradeço a João Damasceno pela orientação e pelo apoio e a todos os professores que estão compondo esta banca, William e Lígia.

A todos os professores da minha graduação por todos os conhecimentos adquiridos e por todo afeto.

A Gustavo, Leonardo, Rafael, Tairony, Guilherme, Karla, Everton, Mikael e Pablo.

A todos os colegas de turma que juntos partilharam comigo vários momentos durante estes cinco anos de curso.

Aos amigos e companheiros da Empatech, Elenilson, Igor, Emanuel, Cássio, Caio, Caian, Rodrigo, Danielle, Isabel, Iana, Tuanna, Andreza e Marcela.

A todas pessoas que de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

Meu muito obrigado!

## RESUMO

Um dos maiores problemas urbanos atuais é a disposição final inadequada dos resíduos sólidos urbanos (RSU). Este trabalho tem como objetivo analisar o uso do sistema de informação geográfica (SIG) como ferramenta para indicação de possíveis áreas aptas para implementação de um aterro sanitário no município de Juazeirinho/PB, bem como avaliar se o local atual da disposição final dos RSU está adequado, visando assim a diminuição dos impactos causados por esse tipo de resíduos. Para realização desse estudo foi necessário o levantamento de dados geográficos digitais nas formas vetorial e matricial, foi delimitados os critérios normativos restritivos segundo legislação vigente, e através dos critérios restritivos foi feita a manipulação dos dados em ambiente SIG, pelo *software* livre QGIS versão 2.18.11, com intuito não apenas de verificar a metodologia de análise, mas também assegurar a viabilidade deste tipo de ferramenta na prática para a elaboração de mapas temáticos a cada critério restritivo, em seguida foi executada a sobreposição desses mapas temáticos para criação do mapa com todas as restrições a partir do qual foi possível visualizar as possíveis áreas adequadas, por fim foi utilizada uma metodologia com o intuito de hierarquizar as áreas pré-selecionadas a qual consiste na criação e aplicação de notas aos critérios e a partir do maior somatório destas, foi definida a área mais apta. Assim obteve-se um mapa com as áreas de restrição e aptidão, o qual possibilitou a pré-seleção de quatro possíveis áreas aptas afim de testar a legitimidade da metodologia de hierarquização, onde constatou-se que a área pré-selecionada 1(local de disposição atual) foi a mais apta. Dessa forma os resultados mostraram a eficiência, economia, agilidade, praticidade e a precisão do SIG como uma ferramenta neste tipo de análise, e que os resultados podem ainda auxiliar e orientar a administração municipal de Juazeirinho/PB quanto a tomada de decisão.

**Palavras-Chave:** Resíduos Sólidos Urbanos. Aterros Sanitários. Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Indicação de possíveis Áreas Aptas.

## ABSTRACT

One of the biggest urban problems today is the inadequate disposal of urban solid waste (RSU). This work aims to analyze the use of the geographic information system (GIS) as a tool to indicate possible areas for implementation of a sanitary landfill in the municipality of Juazeirinho / PB, as well as to evaluate if the current location of final disposal of RSU is adequate, aiming at reducing the impacts caused by this type of waste. In order to carry out this study, it was necessary to collect digital geographic data in vector and matrix forms, the restrictive normative criteria were delimited according to prevailing legislation, and through the restrictive criteria the manipulation of the data in GIS environment was done by free *software* QGIS 2.18.11 , in order not only to verify the methodology of analysis, but also to ensure the feasibility of this type of tool in practice for the elaboration of thematic maps to each restrictive criterion, then the overlapping of these thematic maps was executed to create the map with all the constraints from which it was possible to visualize the possible adequate areas, finally a methodology was used in order to hierarchize the pre-selected areas, which consists in the creation and application of notes to the criteria and from the largest sum of them, was defined the most suitable area. Thus, a map with areas of restriction and height was obtained, which allowed the pre-selection of four possible adequate areas in order to test the legitimacy of the hierarchical methodology, where it was verified that the pre-selected area (current disposition) was the fittest. In this way the results showed the efficiency, economy, agility, practicality and precision of the GIS as a tool in this type of analysis, and that the results can also help and guide the municipal administration of Juazeirinho / PB in its decision making.

**Keywords:** Urban Solid Waste. Sanitary Landfill. Geographic Information System (GIS). Indicate Possible Areas.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 3.1-	Quantidade de resíduos sólidos urbanos gerado no Brasil, entre os anos de 2015 e 2016	18
Figura 3.2-	Disposição final de RSU no Brasil por tipo de destinação	22
Figura 3.3-	Disposição final de RSU na Paraíba por tipo de destinação	22
Figura 3.4-	Elementos de um SIG	29
Figura 3.5-	Módulos de SIG	29
Figura 3.6-	Feições cartográficas (pontos, linhas e áreas) representadas pelos formatos vetorial ( <i>vector</i> ) e matricial ( <i>raster</i> )	30
Figura 4.1-	Município de Juazeirinho/PB	33
Figura 4.2-	Vazadouro a céu aberto do Município de Juazeirinho/PB	34
Figura 4.3 -	Fluxograma das etapas adotadas para metodologia	36
Quadro 4.1	Dados Levantados	36
Figura 4.4 -	Área urbana do Município de Juazeirinho	37
Figura 4.5 -	Vias de acesso do Município de Juazeirinho	37
Figura 4.6 -	Cursos Hídricos do Município de Juazeirinho	38
Figura 4.7 -	Declividade do Município de Juazeirinho	38
Quadro 4.2	CrITÉrios restritivos utilizados	39
Figura 4.8 -	Sobreposição dos mapas temáticos de restrição	40
Figura 5.1 -	Mapa temáticos de restrição de área urbana	41
Figura 5.2 -	Mapa temáticos de restrição de vias de acesso	42
Figura 5.3 -	Mapa temáticos de restrição de cursos hídricos	42
Figura 5.4 -	Mapa temáticos de restrição de declividade	43
Figura 5.5 -	Mapa temático com todas as restrições	43
Figura 5.6 -	Possíveis áreas aptas	45

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 -	Quantidade de resíduos sólidos urbanos coletados por Regiões e no Brasil, entre os anos de 2015 e 2016	18
Tabela 3.2 -	Quantidade de municípios por tipo de disposição final adotada	23
Tabela 4.1 -	Quadro de coordenadas do vazadouro a céu aberto de Juazeirinho	35
Tabela 4.2 -	Aplicação de notas aos critérios restritivos	40
Tabela 5.1 -	Resultado da aplicação de notas aos critérios restritivos	46

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Norma Técnica
ABRELPE	Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
AESA	Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba
APP	Áreas de Preservação Permanente
CAD	Desenho Assistido por Computador
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
GPS	Sistema de Posicionamento Global
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IMPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
NBR	Normas Brasileiras
PMGIRS	Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SERHMACT	Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos, do Meio Ambiente e da Ciência e Tecnologia
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SNVS	Sistema Nacional de Vigilância Sanitária do Brasil
SR	Sensoriamento Remoto
SRTM	Missão Topográfica Radar Shuttle
UTM	Universal Transversa de Mercator

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	133
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	166
2.1 OBJETIVO GERAL .....	166
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	166
<b>3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	177
3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS .....	177
3.1.1 Definição .....	177
3.1.2 Classificação dos Resíduos Sólidos .....	188
3.1.3 Limpeza Urbana e o Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos .....	20
3.1.4 Principais Formas de Disposição Final e Tratamento dos Resíduos Sólidos .....	211
3.1.5 Critérios para Localização da Área do Aterro Sanitário .....	255
3.2 GEOPROCESSAMENTO .....	277
3.2.1 Sistema de Informação Geográfica .....	288
<b>4 METODOLOGIA</b> .....	333
4.1 ÁREA DE ESTUDO .....	333
4.1.1 Cenário Atual do RSU no Município de Juazeirinho .....	344
4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	355
4.2.1 Levantamento dos Dados .....	366
4.2.2 Delimitação dos Critérios de Restrição, Manipulação dos Dados para Elaboração de Mapas Temáticos, Sobreposição dos Mapas Temáticos e Criação do Mapa com Todas as Restrições para Seleção de Possíveis Áreas .....	399
4.2.3 Criação e aplicação de notas aos critérios restritivos para seleção da área mais apta .....	40
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	411
5.1 CRIAÇÃO DO MAPA COM TODAS AS RESTRIÇÕES PARA SELEÇÃO DE POSSÍVEIS ÁREAS .....	411
5.2 SELEÇÃO DE POSSÍVEIS ÁREAS .....	444
5.3 CRIAÇÃO E APLICAÇÃO DE NOTAS AOS CRITÉRIOS RESTRITIVOS PARA A SELEÇÃO DA ÁREA MAIS APTA DENTRE AS ÁREAS PRÉ-SELECIONADAS .....	466
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	477
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	499

## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, um dos maiores problemas a ser resolvido pelos gestores públicos é a geração crescente dos resíduos sólidos urbanos (RSU) e a necessidade de um sistema eficiente de coleta, transporte e disposição final ambientalmente segura e econômica, pois está diretamente associada a aspectos ambientais, de saúde pública, sociais, culturais, espaciais e institucionais.

Segundo Jacobi e Besen (2011), Tshako (2004) e Pires (2013), a disposição inadequada ou falha destas infraestruturas dos resíduos sólidos causam impactos socioambientais, tais como degradação do solo, comprometimento dos corpos d'água e mananciais, intensificação de enchentes, contribuição para a poluição do ar e proliferação de vetores de importância sanitária nos centros urbanos, catação em condições insalubres nas ruas e nas áreas de disposição final, possível desvalorização dos imóveis no entorno e encargos aos municípios.

A partir dessas informações é cada vez mais perceptível a preocupação com o meio ambiente e à saúde da população. Assim os aterros sanitários surgiram como uma solução imediata para o tratamento e destino final dos resíduos sólidos e são amplamente utilizados em qualquer sistema integrado de resíduos por serem considerados tecnicamente e ambientalmente adequados (ABNT, 2004).

Para a instalação desse empreendimento são necessários estudos técnicos, ambientais e socioeconômicos que permitem avaliar uma série de critérios para a seleção das áreas aptas a implantação do aterro sanitário, a fim de minimizar os impactos ambientais. Dessa forma, a escolha de locais propícios é de grande relevância, dado que, só com uma gestão de prevenção, é possível minimizar os impactos ambientais, como também os transtornos que possam ser causados a saúde e ao bem-estar das populações nos entornos desses empreendimentos.

No Brasil, os critérios para localização de aterros sanitários estão sistematizados na NBR 13896, da Associação Brasileira de Normas Técnicas. Esses critérios incluem: distâncias de rios, estradas, perímetro urbano, unidades de conservação e aeroportos, pouca ou nenhuma declividade do terreno, tamanho da área e vias de acesso em perfeitas condições, dentre outros (ABNT, 1997).

Com o intuito de solucionar as dificuldades e minimizar ao máximo os impactos mencionados, foi sancionada a Lei nº 12.305 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2010), a qual estabelece os princípios, instrumentos, objetivos e diretrizes visando promover e garantir uma gestão adequada dos resíduos sólidos.

Segundo o panorama dos resíduos sólidos no Brasil, elaborado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2016), no cenário nacional tem-se percebido a necessidade de se buscar cada vez mais o manejo e o gerenciamento adequados dos resíduos sólidos, os números referentes à geração de RSU revelam um total anual de 78,3 milhões de toneladas, resultante de uma queda de 2% no montante gerado em relação à 2015. O montante coletado no mesmo ano foi de 71,3 milhões de toneladas, o que registrou um índice de cobertura de coleta de 91% para o país, pequeno avanço comparado ao ano anterior, e que evidencia que 7 milhões de toneladas de resíduos não foram objeto de coleta e, conseqüentemente, tiveram destino impróprio.

Outro agravante do cenário apresentado no Brasil é que as áreas disponíveis para essa finalidade se apresentam cada vez mais escassas, uma vez que devem ser atendidos critérios de ordem social, econômica e principalmente ambiental. Contudo, o que pode ser verificado é que a administração municipal, incumbida do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, geralmente opta pelas áreas que possuem menor valor econômico, e nem sempre adequados sob ponto de vista ambiental. (SAMIZAVA *et al.*, 2008). A discriminação dessas áreas se torna um processo minucioso e trabalhoso, visto que abrange diversos critérios (normas, parâmetros, leis, resoluções) e sua avaliação requer tempo e recursos (materiais, financeiros e humanos capacitados).

De acordo com Genelleti (2010), citado por Biju (2015), a seleção destas áreas destinadas à implantação de um aterro sanitário é complexa e exige o planejamento do uso da terra, como também necessita de coleta e tratamento das informações que estão relacionadas aos aspectos ambientais, socioeconômicos e os operacionais do local, para o qual se deve utilizar a interação entre o planejamento e gestão de resíduos para sua escolha e determinação.

A partir das informações supracitadas, o Sistema de Informações Geográficas (SIG) tem se tornado uma ferramenta importantíssima e indispensável para o gerenciamento, avaliações, planejamento e implantação de soluções com relação à destinação final dos RSU, uma vez que permite o armazenamento e controle de amplo volume de dados, a integração de imagens, combinação das diversas informações georreferenciadas, evidenciar tomada de decisões mais rápidas e corretas (reduzindo assim os custos), compreender o melhor conhecimento do uso do solo e possuir capacidade para processar grande diversidade de análises.

Portanto, este trabalho tem como objetivo principal analisar o uso do SIG em conjunto com os mapas temáticos restritivos (esta restrição se dá a partir das leis, normas, resoluções, relatórios técnicos e outras literaturas a respeito do tema) de forma simulativa, os quais serão

tratados pelo *software* livre de SIG o QGIS, permitindo a geração das cartas temáticas com as possíveis áreas aptas para implementação de um aterro sanitário no município de Juazeirinho/PB, além de avaliar se o local atual de disposição final dos RSU estão localizados em áreas adequadas segundo alguns critérios normativos.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Analisar o uso do SIG como ferramenta para indicação de possíveis áreas aptas para implementação de um aterro sanitário no município de Juazeirinho/PB.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- ✓ Aplicar procedimentos de *softwares* do tipo SIG para Elaborar mapas a partir dos critérios normativos restritivos;
- ✓ Analisar espacialmente as áreas do Município de Juazeirinho/PB e a partir das restrições baseadas na legislação ambiental vigente indicar áreas possíveis a implantação de aterro sanitário;
- ✓ Avaliar se o local atual de disposição final dos RSU está alocado em área adequada.

### **3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

#### **3.1 Resíduos Sólidos**

##### **3.1.1 Definição**

Conforme descrito pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, mais precisamente na Norma Brasileira Regulamentadora - NBR 10.004/2004 e também pela Lei nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos-PNRS, definem respectivamente Resíduos Sólidos como:

Resíduos nos estados sólido e semissólido que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nessa definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

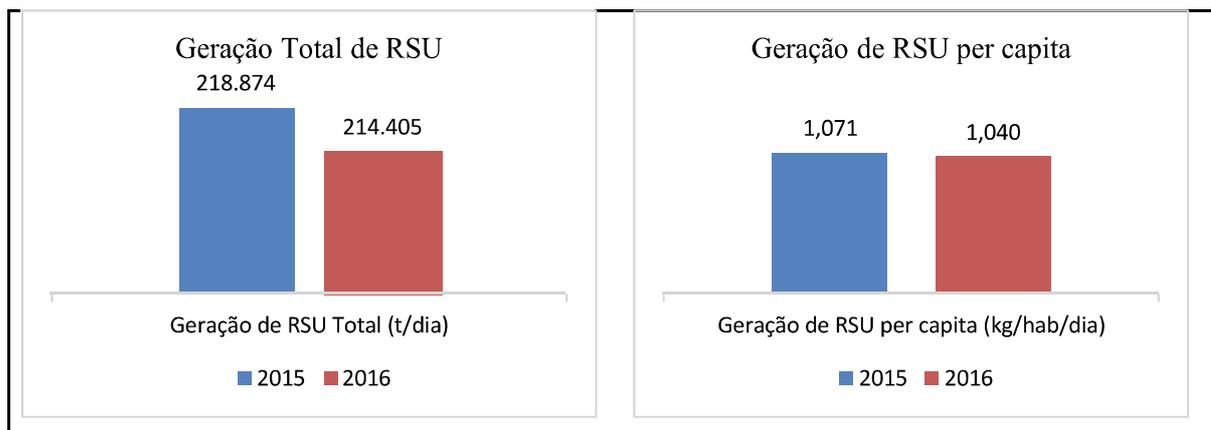
De acordo com as definições a grande geração de resíduos sólidos se dá em todos os setores de produção e consumos. Segundo Biju (2015), a produção de resíduos está presente em todas atividades humanas, podendo haver uma variação nos resíduos em termo de composição e volume, a qual varia em função das práticas de consumo e método de produção, trazendo como consequência os efeitos adversos à saúde humana e ao meio ambiente.

Segundo a ABRELPE (2016), a disposição final dos RSU coletados demonstrou piora comparado ao índice do ano anterior, de 58,7%, para 58,4% ou 41,7 milhões de toneladas enviadas para aterros sanitários. O caminho da disposição inadequada continuou sendo trilhado por 3.331 municípios brasileiros, que enviaram mais de 29,7 milhões de toneladas de resíduos, correspondentes a 41,6% do coletado em 2016, para lixões ou aterros controlados, que não possuem o conjunto de sistemas e medidas necessários para proteção do meio ambiente contra

danos e degradações. No cenário do Estado da Paraíba, no ano de 2015 foram gerados 3551 t.dia<sup>-1</sup> de RSU, e uma geração per capita de 0,766 Kg.hab<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>.

A Figura 3.1 compara a quantidade de resíduos sólidos urbanos gerada no Brasil, e a Tabela 3.1 compara a quantidade de resíduos sólidos urbanos coletados por Regiões e no Brasil, entre os anos de 2015 e 2016.

**Figura 3.1 - Quantidade de resíduos sólidos urbanos gerado no Brasil, entre os anos de 2015 e 2016**



Fonte: Adaptado de ABRELPE (2016).

**Tabela 3.1 - Quantidade de resíduos sólidos urbanos coletados por Regiões e no Brasil, entre os anos de 2015 e 2016**

Região	2015	2016
	RSU Total (t/dia)	RSU Total (t/dia)
Norte	12.692	12.500
Nordeste	43.894	43.355
Centro-Oeste	16.217	15.990
Sudeste	104.631	102.620
Sul	21.316	20.987
Brasil	198.750	195.542

Fonte: ABRELPE (2016).

### 3.1.2 Classificação dos resíduos sólidos

Tanto a NBR 10004/2004 quanto a Lei N° 12305/2010 (BRASIL, 2010), além de definir também classificam os resíduos sólidos.

Segundo a NBR 10004/2004 (BRASIL, 2004), os resíduos são classificados em:

- a) Resíduos classe I – Perigosos: aqueles que apresentam, em função de suas propriedades

físicas, químicas ou infectocontagiosas, risco à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices e riscos ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada. Ou uma das seguintes características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade.

b) Resíduos classe II – Não perigosos:

i. Resíduos classe II A – Não inertes: aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I – Perigosos ou de resíduos classe II B – Inertes, nos termos desta norma. Os resíduos classe II A – Não inertes podem ter propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

ii. Resíduos classe II B – Inertes: quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, executando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

Já a Lei Nº 12305/2010 (BRASIL, 2010) classifica os resíduos sólidos quanto à origem e quanto à periculosidade, da seguinte forma:

I – quanto à origem:

- a) resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas;
- b) resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;
- c) resíduos sólidos urbanos: os englobados nas alíneas “a” e “b”;
- d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nas alíneas “b”, “e”, “g”, “h” e “j”;
- e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos na alínea “c”;
- f) resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;
- g) resíduos de serviços de saúde: os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS;

h) resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;

i) resíduos agrossilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades;

j) resíduos de serviços de transportes: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira;

k) resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios.

## II – quanto à periculosidade:

a) resíduos perigosos: aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica;

b) resíduos não perigosos: aqueles não enquadrados na alínea “a”.

Essas classificações demonstra o quão evidente é a diversidade e complexidade que envolve a questão pertinente aos resíduos sólidos. A partir daí a pesquisa objetivou-se nos resíduos sólidos de origem urbana (RSU), que pela classificação quanto a origem compreendem os resíduos domiciliares, aqueles originários das atividades domésticas nos domicílios urbanos e os resíduos de limpeza urbana, os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana.

### **3.1.3 Limpeza urbana e o manejo de resíduos sólidos urbanos**

A limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos trata-se do conjunto de atividades, infra-estruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas Lei 11445/2007 (BRASIL, 2017).

Ainda na Lei 11445/2007(BRASIL, 2017), no Art. 7º Para os efeitos desta Lei, o serviço público de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos urbanos é composto pelas seguintes atividades:

I - de coleta, transbordo e transporte dos resíduos relacionados na alínea c do inciso I do caput do art. 3º desta Lei;

II - de triagem para fins de reuso ou reciclagem, de tratamento, inclusive por compostagem, e de disposição final dos resíduos relacionados na alínea c do inciso I do caput do art. 3º desta Lei;

III - de varrição, capina e poda de árvores em vias e logradouros públicos e outros eventuais serviços pertinentes à limpeza pública urbana.

É importante destacar que os RSU, normalmente são destinados para a disposição final, sem antes passar pelos processos que o antecedem, como triagem, reuso ou reciclagem e tratamento (compostagem), processos esses que tendem a direcionar apenas os rejeitos, ou seja, os resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada Lei Nº 12305/2010 (BRASIL, 2010). Se a ordem desses processos fossem respeitados, isso além de diminuir significativamente o volume de resíduos direcionados para a disposição final e da área por eles ocupados, também iria aumentar o tempo de vida do aterro sanitário.

#### **3.1.4 Principais formas de disposição final e tratamento dos resíduos sólidos**

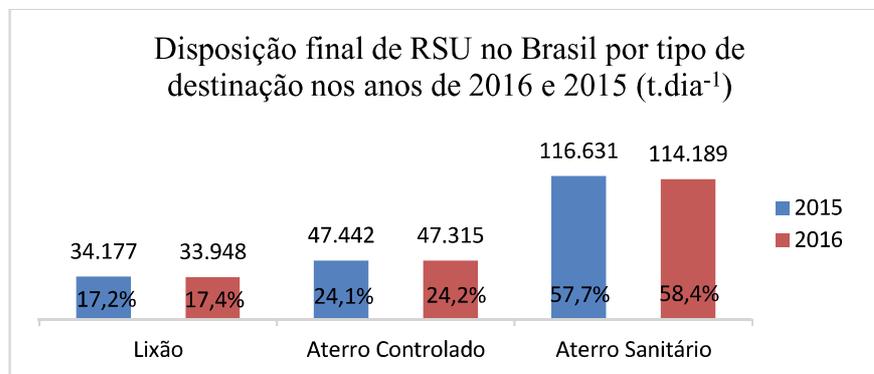
A disposição final é a última etapa do processo de gerenciamento dos RSU. Existem basicamente três formas de disposição final no solo: lixão, aterro controlado e aterro sanitário (essas três formas serão caracterizadas nos subníveis posteriores). Já as principais formas de tratamento ou beneficiamento são: As usinas de reciclagem, de compostagem e de incineração (fontes importantes de recuperação de matéria-prima e energia). Nessa percepção, a busca por alternativas tecnológicas de disposição final ambientalmente adequadas, de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos, vem tornando-se assim cada vez mais prioridade para os gestores municipais.

A destinação final ambientalmente adequada pode gerar diversos benefícios, não só do ponto de vista ambiental, mas também do ponto de vista social e econômico. Através do destino adequado os resíduos podem ser reutilizados, recuperados e/ou reciclados, reduzindo a geração e disposição de resíduos no meio, além de movimentar a economia; o processo de compostagem de resíduos além de dá um destino adequado a estes, os transforma em um material rico em húmus e nutrientes minerais (SANTOS, 2016).

Os índices de disposição final de RSU apresentaram retrocesso no encaminhamento ambientalmente adequado dos RSU coletados, passando a 58,4% do montante anual disposto em aterros sanitários entre os anos 2015 e 2016. As unidades inadequadas como lixões e aterros controlados ainda estão presentes em todas as regiões do país e receberam mais de 81 mil toneladas de resíduos por dia, com elevado potencial de poluição ambiental e impactos negativos na saúde. ABRELPE (2016).

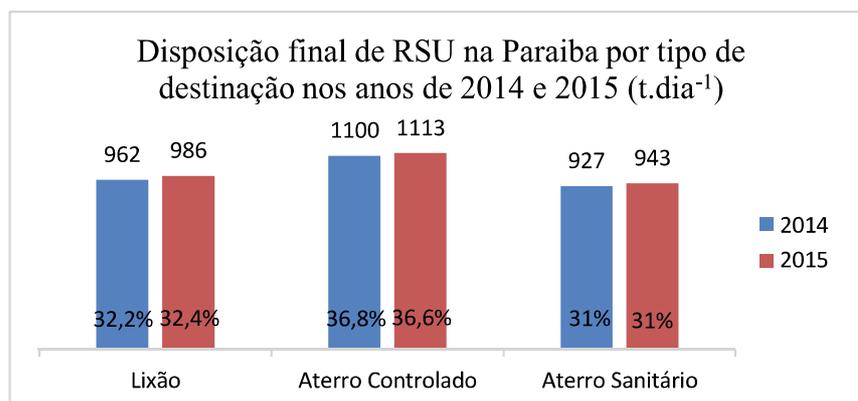
As Figuras 3.2 e 3.3, mostram a disposição final de RSU no Brasil e na Paraíba respectivamente, por tipo de destinação tanto em toneladas diárias ( $t.\text{dia}^{-1}$ ) quanto em porcentagem (%), nos anos de 2015/2016 (Brasil) e 2014/2015 (Paraíba).

**Figuras 3.2 - Disposição final de RSU no Brasil por tipo de destinação**



Fonte: Adaptado de ABRELPE (2016).

**Figura 3.3 - Disposição final de RSU na Paraíba por tipo de destinação**



Fonte: Adaptado de ABRELPE (2015).

A Tabela 3.2 mostra a quantidade de municípios por tipo de destinação final adotado, nas Regiões e no Brasil.

**Tabela 3.2 - Quantidade de municípios por tipo de disposição final adotada**

Disposição Final	Brasil 2015	Regiões e Brasil-2016 -					
		Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	Brasil
<b>Aterro Sanitário</b>	2.244	92	458	161	822	706	2.239
<b>Aterro Controlado</b>	1.774	112	500	148	644	368	1.772
<b>Lixão</b>	1.552	246	830	158	202	117	1.559
<b>Brasil</b>	5.570	450	1.794	467	1.668	1.191	5.570

Fonte: ABRELPE (2016).

#### 3.1.4.1 Lixão

Também é chamado de lançamento a céu aberto, aterro comum ou vazadouro, o mesmo trata-se de uma forma inadequada de disposição final dos RSU, que consiste na simples descarga sobre o solo, sem medidas de proteção ao ambiente ou à saúde pública.

De acordo com Tshako (2004), Arruda (2007) e Acioly (2016), a falta de medidas de proteção e a falta de fechamento, nesse meio de disposição pode causar vários impactos ambientais negativos dependendo da quantidade e das características do resíduo e da área onde esse seja depositado, podendo ser elencados os que estão diretamente associados a contaminação as águas superficiais e subterrâneas, poluição dos solos, poluição do ar, geração de odores e atração de vetores. Atrelado aos problemas ambientais e sanitários, os lixões também se constituem em um sério problema social, pois permitem o livre acesso de animais e de pessoas, indivíduos que fazem do lixo um meio de sobrevivência, onde procuram restos de comidas e de materiais passíveis de serem vendidos para a reciclagem, muitas vezes permanecendo na área e formando, inclusive, pequenas comunidades, além de facilitar o lançamento de resíduos de serviço de saúde e industriais.

#### 3.1.4.2 Aterros Controlados

A NBR 8849/1985, define aterro controlado de resíduos sólidos urbanos como:

Técnica de disposição de resíduos urbanos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos, cobrindo-os com uma camada de material inerte na conclusão de cada jornada de trabalho.

Segundo Nascimento (2001), Bartoloneu *et al.* (2011) apud Acioly (2016) afirmam que os aterros controlados equivalem a um lixão melhorado, pois apesar da cobertura periódica dos resíduos, esse tipo de disposição não possuem barreiras técnicas de proteção ambiental como impermeabilização de base, sistemas de coleta e tratamento de percolado e de biogás que evitem a contaminação do solo, das águas superficiais, subterrâneas e do ar.

Trata-se de uma solução inadequada, adotada para os pequenos municípios no que se refere, principalmente, ao aspecto econômico, pois, nesta forma de disposição são dispensados equipamentos compactadores e algumas técnicas de proteção ambiental, que aumentam significativamente o custo da obra. Os aterros controlados causam poluição, porém, localizada e contaminam, principalmente, as águas subterrâneas, apesar disso é uma técnica preferível ao lixão (TSUHAKO, 2004). De forma a complementar a colocação dos autores, Arruda (2007) consolida que um aterro controlado pode ser uma técnica temporária, uma alternativa durante o período necessário para que o município busque soluções definitivas para a disposição adequada de seus resíduos. O que não pode ocorrer é o município considerar este aterro como definitivo, pois este causará danos ao meio ambiente da mesma magnitude que os danos causados pelos lixões.

#### 3.1.4.3 Aterro Sanitário

A definição técnica para aterro sanitários de resíduos sólidos urbanos é apresentada pela NBR 8419 /1992, como sendo:

Técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário.

Tanto Arruda (2007), Tshako (2004) e Lino (2007) apontam que essa forma de disposição é tida como a solução mais adequada, devido à proteção que assegura ao ambiente e direta e indiretamente à saúde pública, pois conta com técnicas de engenharia como: impermeabilização da fundação e laterais, cobertura superior dos resíduos, sistema de coleta e tratamento de líquidos percolados, sistema de drenagem de águas pluviais, sistema de drenagem e queima dos gases gerados (também podem ser utilizado para gerar energia), área cercada, paisagem e controle da entrada de veículos.

Porém como já foi explanado no tópico 3.1.3 (Limpeza urbana e o manejo de resíduos sólidos urbanos), antes da disposição final, que é a última etapa do gerenciamento dos resíduos, recomenda-se a utilização de sistemas de tratamentos como forma de minimizar o uso do aterro e prolongar, conseqüentemente, a vida útil deste enviando-o apenas os rejeitos.

### **3.1.5 Critérios para localização da área do aterro sanitário**

Segundo Lino (2007), tradicionalmente a seleção de áreas para disposição final de RSU era feita muito mais com base na proximidade da área geradora dos resíduos e na disponibilidade de grandes cavas (de mineração), do que quaisquer outros critérios geológicos de adequabilidade.

No Brasil, através da ABNT, mais precisamente na NBR 13896/1997 - Aterros de resíduos sólidos não perigosos - Critérios para projeto implantação e operação, considera os seguintes critérios básicos (também faz considerações técnicas e de obrigatoriedade) para a instalação de um aterro sanitário:

- a) o impacto ambiental a ser causado pela instalação do aterro seja minimizado;
- b) a aceitação da instalação pela população seja maximizada;
- c) esteja de acordo com o zoneamento da região;
- d) possa ser utilizado por um longo espaço de tempo, necessitando apenas de um mínimo de obras para o início da operação.

Considerações técnicas para a avaliação de adequabilidade de um local aos critérios acima descritos, entre elas:

- a) Topografia: considerado fator determinante na escolha do método construtivo e nas obras de terraplenagem. A declividade recomendada deverá estar entre 1% a 30%;
- b) Geologia e tipos de solos existentes: importante na determinação da capacidade de depuração do solo e da velocidade de infiltração. Recomenda-se um depósito natural extenso e homogêneo de materiais com coeficiente de permeabilidade inferior a  $10^{-6}$  cm/s e uma zona não saturada com espessura superior a 3,0 m;
- c) Recursos hídricos: deve ser avaliada a possível influência do aterro na qualidade e no uso das águas superficiais e subterrâneas próximas. O aterro deve ser localizado a uma distância mínima de 200 m de qualquer coleção hídrica ou curso de água;
- d) Vegetação: o estudo macroscópico da vegetação é importante, uma vez que ela atua

favoravelmente na redução do fenômeno de erosão, da formação de poeiras e no transporte de odores;

- e) Acessos: fator de evidente importância em um projeto de aterro, uma vez que são utilizados durante toda a sua operação;
- f) Tamanho disponível e vida útil: em um projeto, estes fatores encontram-se inter-relacionados e recomenda-se a construção de aterros com vida útil mínima de 10 anos;
- g) Custos: os custos de um aterro têm grande variabilidade conforme o seu tamanho e o seu método construtivo. A elaboração de um cronograma físico-financeiro é necessária para permitir a análise de viabilidade econômica do empreendimento;
- h) Distância mínima dos núcleos populacionais: deve ser avaliada a distância do limite da área útil do aterro a núcleos populacionais, recomendando-se que esta distância seja superior a 500 m;

Obrigatoriedade dos seguintes critérios:

- a) o aterro não deve ser executado em áreas sujeitas a inundações, em períodos de recorrência de 100 anos;
- b) entre a superfície inferior do aterro e o mais alto nível do lençol freático deve haver uma camada natural de espessura mínima de 1,50 m de solo insaturado. O nível do lençol freático deve ser medido durante a época de maior precipitação pluviométrica da região;
- c) o aterro deve ser executado em áreas onde haja predominância no subsolo de material com coeficiente de permeabilidade inferior a  $5 \times 10^{-5} \text{ cm.s}^{-1}$ ;
- d) os aterros só podem ser construídos em áreas de uso conforme legislação local de uso do solo.

Devido a todos os critérios da norma supracitada e da crescente urbanização das cidades, os quais relacionam princípios ambientais e socioeconômico, tem tornado a seleção de áreas aptas para implantação de aterros sanitários um processo cada vez mais complexo. Ainda segundo Lino (2007), buscando facilitar esse processo, diversos pesquisadores e instituições vêm elaborando métodos de seleção de áreas nos últimos anos, impulsionados especialmente pelas tecnologias da informação e pelo uso de sistemas de informações geográficas (SIGs), que permitem combinações complexas de fatores por meio do uso de geoestatística e geomatemática.

### 3.2 Geoprocessamento

A obtenção de informações sobre a distribuição geográfica de fenômenos e objetos constitui atividade importante na organização da sociedade. Antigamente essas informações estavam contidas apenas em mapas e documentos em papel impresso, porém com progresso da informática na segunda metade do século XX, possibilitou a análise através da combinação e do cruzamento de diversos dados em ambiente computacional, dando início à prática do geoprocessamento (COUTO, 2009).

Segundo Born (2013) e Alves (2010), o geoprocessamento é uma técnica caracterizada como uma área do conhecimento que faz uso de procedimentos matemáticos e computacionais no manuseio de informações geográficas, que vem ganhando cada vez mais destaque e influenciando em diversas áreas como Geografia, nas Engenharias de um modo geral, Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional.

Outra definição importante foi elaborada por Piroli (2010), onde justificou que o termo geoprocessamento pode ser desagregado em geo (terra – superfície – espaço) e processamento (de informações – informática). Assim, pode ser definido como ramo da ciência que estuda o processamento de informações georreferenciadas através da utilização de aplicativos (normalmente SIGs), equipamentos (computadores e periféricos), dados de diversas fontes e profissionais especializados. Este conjunto deve permitir a manipulação, avaliação e geração de produtos (geralmente cartográficos), relacionados principalmente à localização de informações sobre a superfície da terra. O mesmo autor descreve ainda as principais ferramentas do geoprocessamento como sendo: Informática, Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), Sensoriamento Remoto (SR), Sistema de Posicionamento Global (GPS), Cartografia Digital, Topografia e Levantamentos em campo, Processamento digital de imagens e profissional capacitado.

De acordo com Nascimento (2012), a ferramenta de maior relevância no geoprocessamento são os SIGs, pois tem a capacidade de armazenar e processar dados provenientes de diferentes fontes e combiná-los para gerar informações relevantes, seja por meio de relatórios, gráficos ou cartografia temática, e provavelmente por essa importância, estes termos são usados diversas vezes como sinônimos. O SIG é indispensável para a caracterização e análise dos fenômenos que ocorrem no espaço geográfico.

### 3.2.1 Sistema de Informação Geográfica

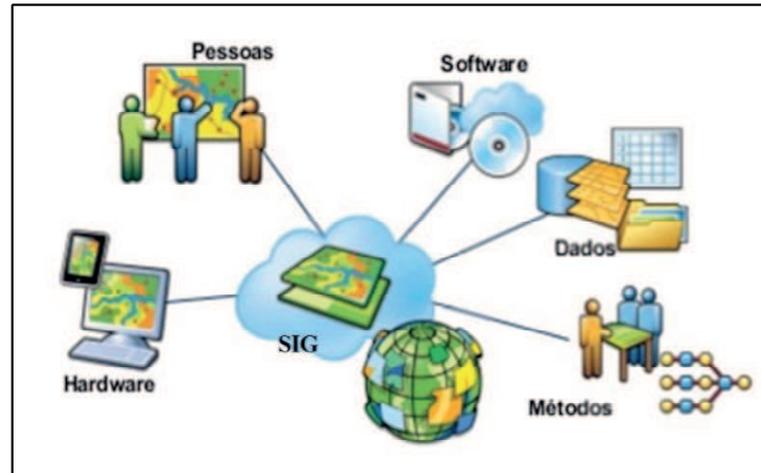
Born (2007), Tshako (2004) e Fitz (2008), definem SIG como importantes instrumentos computacionais do geoprocessamento para a organização e análise da informação geográficas, designados a trabalhar com dados referenciados a coordenadas espaciais, geralmente constituídos por programas e processos de análise, permitindo através dessas ferramentas, coletar, armazenar, analisar, recuperar, criar, manejar e manipulação de dados, e assim gerar novas informações, em função das necessidades específicas dos usuários produzindo informações úteis na tomada de decisões.

Estes dados georreferenciadas são mapas, cartas, arquivos *shapes file* e CAD, imagens obtidas por meio de satélites, radares, aeronaves e drones, e podem ser obtidos em órgãos governamentais federais e/ou estaduais, Secretarias, Prefeituras, Universidades, Concessionárias, sites de fabricantes dos *softwares* e outros, porém, caso não se encontre todos os dados necessários, deve-se gerá-los, o que demandará custos, prazos e tempo necessário para sua formação (NASCIMENTO, 2012).

Calijuri e Lorentz (2003b) e Acioly (2016), destacam que inicialmente estas ferramentas foram desenvolvidas para facilitar trabalhos cartográficos, mas estão sendo atualmente utilizadas para inventários, estimativas, planejamento, gestão e modelagem, por possuírem mecanismos sofisticados para manipulação e análise espacial de dados, permitindo uma visualização bem mais intuitiva dos dados do que as obtidas através de relatórios e gráficos convencionais.

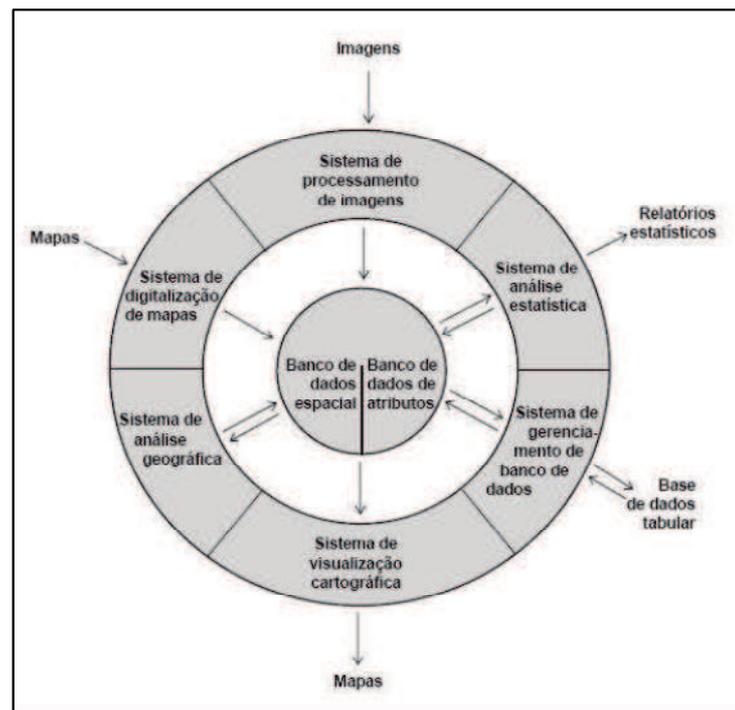
Xavier (2002), observa ainda que muitas pessoas quando falam em SIG referem-se, especificamente, ao programa e não à tecnologia, porém, o programa (ou *software*) é apenas um dos cinco elementos básicos do SIG. Os outros elementos são: computadores e periféricos (ou *hardware*), dados, profissionais, e métodos, como pode-se visualizar na Figura 3.4. Complementando, Eastman (1998), diz que SIG não é uma peça de *software* única, constitui-se de vários componentes (módulos) distintos: Banco de dados espaciais e de atributos, Sistema de apresentação cartográfica, Sistema de digitalização de mapas; Sistema de gerenciamento de banco de dados, Sistema de análise geográfica, Sistema de processamento de imagens e Sistema de análises estatísticas. A. Embora nem todos os sistemas se constituam de todos os componentes, para se ter um verdadeiro SIG, deve-se ter a presença de um grupo essencial. Figura 3.5 ilustra os módulos de um SIG.

**Figura 3.4 – Elementos de um SIG**



Fonte: Adaptado de <https://pt.slideshare.net/FernandoGil/sistemas-de-informao-geografica-aplicados-rede-ferrovia>.

**Figura 3.5 – Módulos de SIG**



Fonte: Eastman (1998).

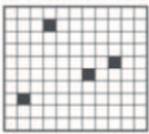
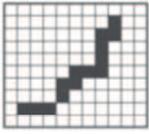
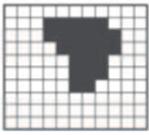
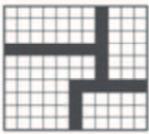
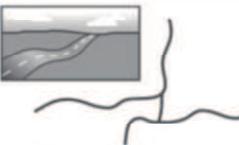
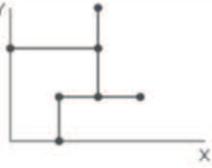
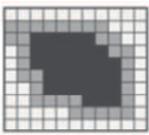
Calijuri e Lorentz (2003b) e Eastman (1998), afirmam que um SIG armazena dois tipos de dados, o primeiro é o banco de um banco de dados espacial ou geográfico, que descreve a forma e a posição das feições da superfície da terra e o segundo é o banco de dados de atributos ou descritivo, descrevendo as características ou qualidades dessas feições.

Segundo Longley *et al* (2013), Cascales *et al* (2013) apud Biju (2015), existem duas técnicas de representação em SIG, *raster* (matricial) e vetorial. O *raster* ou matricial é

representando por uma malha retangular, com o mesmo tamanho. Cada elemento é chamado de pixel, o qual possui informações e coordenadas geográficas atreladas a ele. Os vetores mantêm as características geométricas da figura e também são utilizados para definir limites. Os dados vetoriais capturam uma área por uma série de pontos ou vértices conectados por linhas retas, sendo chamados em geral de polígonos. Ambos os métodos são utilizados para reduzir os fenômenos geográficos a formas que possam ser codificadas em base de dados.

A Figura 3.6 ilustra as feições cartográficas (pontos, linhas e áreas), representadas pelos formatos: vetorial (*vector*) e matricial (*raster*).

**Figura 3.6 - Feições cartográficas (pontos, linhas e áreas) representadas pelos formatos vetorial (*vector*) e matricial (*raster*)**

A visão Raster de Mundo	Entidades Espaciais	A visão Vetor de Mundo
	 x x Pontos: Hotéis	
	 Linhas: Linhas de transmissão	
	 Áreas: Florestas	
	 Conexões: Estradas	
	 Superfície: Elevação	

Fonte: Biju (2015).

Para que a funcionalidade do SIG se cumpra é necessário um banco de dados, cuja aquisição depende do projeto que vai ser realizado, dos parâmetros, indicadores e variáveis que serão utilizados. (NASCIMENTO, 2012).

Segundo Câmara (1996) apud Born (2007), as diversas definições para SIG refletem a multiplicidade de usos, visões e aplicações desta tecnologia, porém o seu maior potencial está na conjugação das várias metodologias com uma perspectiva multidisciplinar da sua utilização. Devido as várias metodologias e por ser multidisciplinar, as suas utilidades tanto no âmbito econômico, ambiental e sociais são diversas podendo citar:

- Permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados;
- Tomada de decisões sobre os problemas econômico, sociais e ambientais;
- Automatização da produção de documentos cartográficos, reduzindo os custos de produção e manutenção de mapas diversos;
- Gestão e planejamento dos recursos naturais e do ordenamento do território;
- Modelagem de processos, Elaboração de planos diretores ou de manejo, Monitoramento ambiental;
- Quando a localização espacial de algum dado é necessária, por exemplo: uma árvore em um terreno qualquer, ou um córrego em uma bacia hidrográfica;
- Quando se quer associar atributos a alguma informação espacial, por exemplo: qual a espécie da árvore no terreno, ou quais os nomes e respectivas vazões dos rios e córregos de uma bacia hidrográfica;
- Nos cálculos de distâncias e área, por exemplo: qual é o comprimento de algum rio ou rodovia; qual a área da reserva legal de uma propriedade, ou qual a área de determinada bacia hidrográfica;
- Para determinar trajetos de menor custo, resistência ou distância, por exemplo: qual o melhor percurso economicamente para o trajeto do (os) caminhões de coleta de resíduos sólidos domiciliares dentro de um município ou bairro;
- Nos cruzamentos de dados espaciais, por exemplo: na procura de uma área mais adequada para o plantio de determinada cultura agrícola;
- Na quantificação de eventos associados a uma localização espacial, por exemplo: os deslizamentos de terra numa serra em determinado período;
- Nas análises estatísticas, como por exemplo: associar a precipitação com o tempo de retorno para determinada região e relacionar isto com a probabilidade de enchentes ou de deslizamento de encostas;
- Na simulação de mudanças entre diferentes períodos em determinadas condições,

como por exemplo: quais os animais que estão presentes em determinada região numa determinada época do ano;

- Na identificação de informações posicionadas espacialmente, como por exemplo: espacializar as ocorrências de crimes, acidentes, epidemias em determinadas regiões para facilitar a gestão;
- Escolha de áreas de interesse, como exemplo: procurar áreas dentro de uma região para se criar um corredor ecológico; a melhor área para a implantação de um aterro sanitário dentro de um limite municipal, estabelecer uma área para abrir um comércio, construir uma escola ou hospital dentro de um município.

O SIG ao possibilitar o processamento simultâneo de grandes quantidades de dados georreferenciados, vem se tornando uma ferramenta indispensável em todos os campos do conhecimento ao resolverem problemas complexos, como o planejamento e a tomada de decisão, e por se mostrarem superiores se comparados aos métodos tradicionais no que se refere a qualidade, rapidez e facilidades de toda a operação e dos resultados obtidos. A seleção de uma área é uma decisão vital para a localização ou expansão de qualquer empreendimento, e nem sempre é uma tarefa fácil. A partir desse ponto de vista, a escolha de áreas para disposição final de RSU é exemplo de tarefa em que, a aplicação do geoprocessamento, se torna imprescindível, visto que é algo complexo e difícil, pois requer tempo, uma grande quantidade de informações, além de gerenciamento e avaliação de diferentes critérios restritivos.

Assim nesse trabalho, o propósito é a utilização da ferramenta SIG, mais precisamente o *software* QGIS 2.18.11, como ferramenta na indicação de áreas aptas a implantação de um aterro sanitário para RSU nos limites municipal de Juazeirinho/PB.

### 3.2.1.1 O QGIS

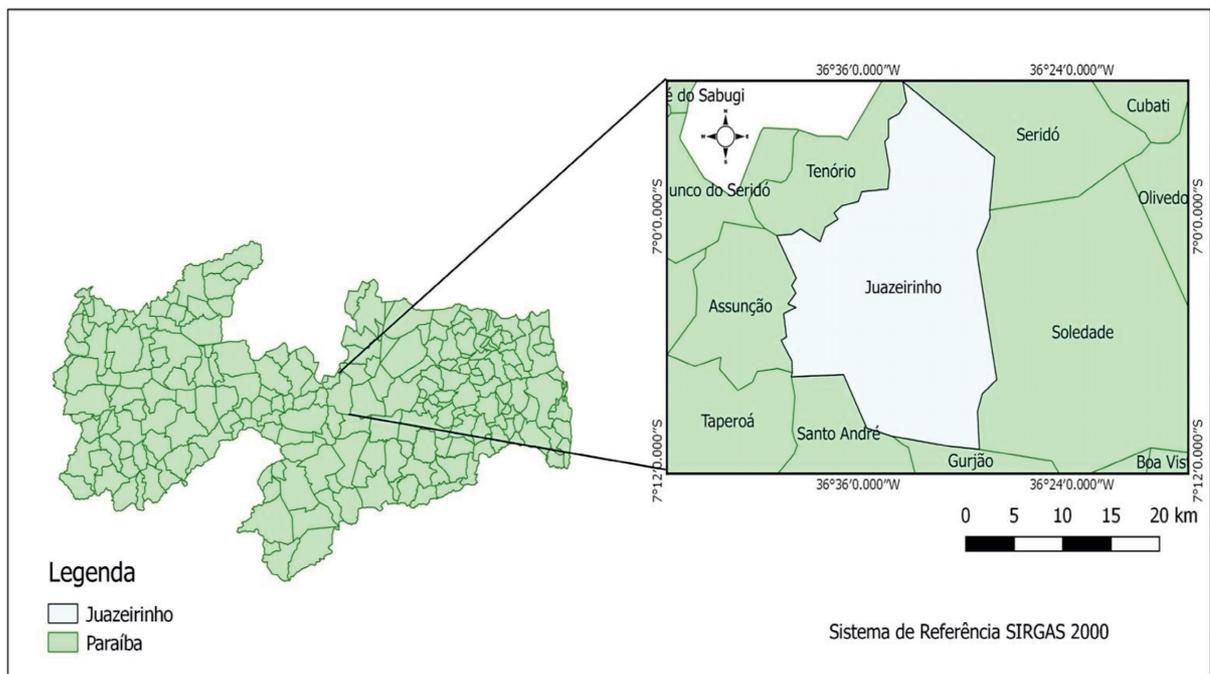
O QGIS é um *software* de Sistema de Informação Geográfica (SIG) de Código Aberto licenciado segundo a Licença Pública Geral GNU. O QGIS é um projeto oficial da *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo). Funciona em *Linux, Unix, Mac OSX, Windows e Android* e suporta inúmeros formatos de vetores, *rasters* e bases de dados e funcionalidades. A última versão lançada é o QGIS2.18.14. O QGIS, como um bom SIG disponibiliza um número de funcionalidades em constante crescimento através das funções nativas e de complementos, possibilitando visualizar, gerir, editar, analisar/criar dados, e gerar mapas para impressão e arquivos digitais (QGIS Development Team, 2016).

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 Área de estudo

O Município de Juazeirinho (Figura 4.1) está localizado na central–norte do Estado da Paraíba, Mesorregião Borborema Paraibano e na Microrregião do Seridó Oriental. O município detém uma área de 467,526 km<sup>2</sup>; e sua população estimada, para 2017, é de 18.213 habitantes (IBGE, 2017), e densidade demográfica de 35,88 hab/km<sup>2</sup> (IBGE, 2010). Limita-se ao norte com os municípios de Parelhas (RN) e São Vicente do Seridó e Tenório, leste com São Vicente do Seridó e Soledade, sul, Gurjão e Santo André, e oeste com Assunção.

**Figura 4.1 – Município de Juazeirinho/PB**



Fonte: Autor (2017).

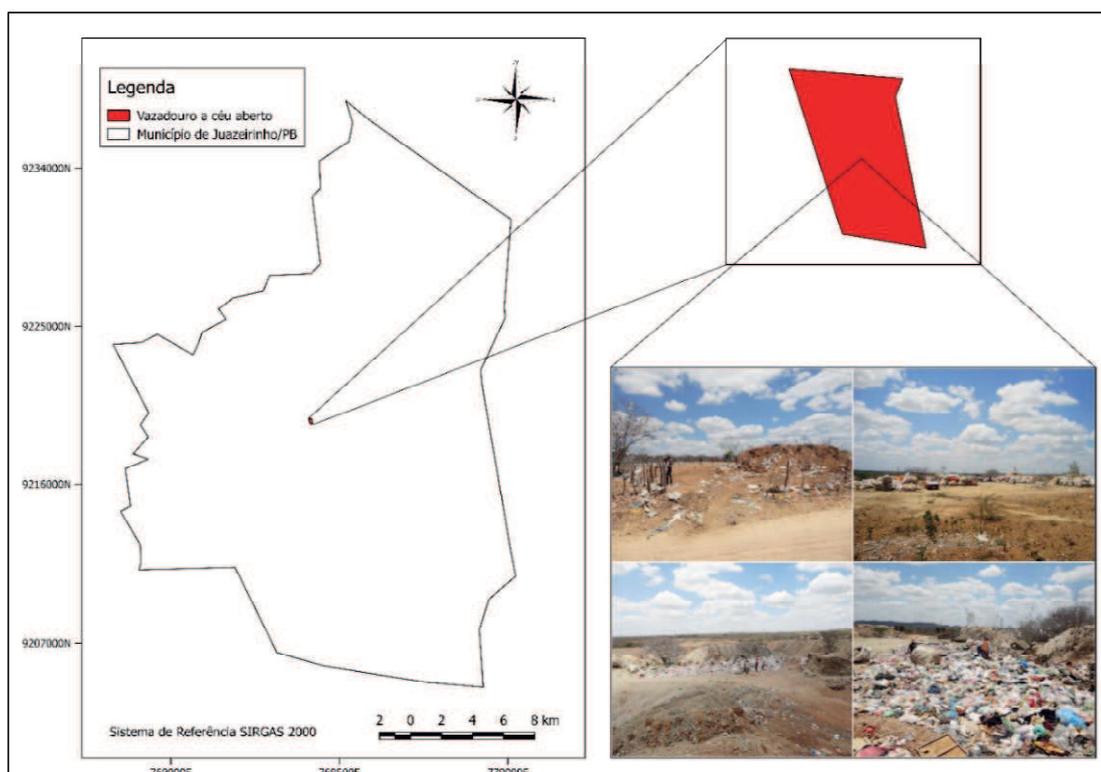
O município está inserido nos domínios da bacia hidrográfica do rio Paraíba, sub-bacia do rio Taperoá. A área da unidade é recortada por rios e riachos perenes, porém de pequena vazão e o potencial de água subterrânea é baixo. A vegetação desta unidade é formada por Florestas Subcaducifólica e Caducifólica, próprias das áreas agrestes. O clima é do tipo Tropical Chuvoso, com verão seco. Nas superfícies suaves onduladas a onduladas, ocorrem os Planossolos, medianamente profundos, fortemente drenados, ácidos a moderadamente ácidos e fertilidade natural média e ainda os Podzólicos, que são profundos, textura argilosa, e fertilidade natural média a alta. Nas elevações ocorrem os solos Litólicos, rasos, textura argilosa e

fertilidade natural média. Nos vales dos rios e riachos, ocorrem os Planossolos, medianamente profundos, imperfeitamente drenados, textura média/argilosa, moderadamente ácidos, fertilidade natural alta e problemas de sais. Ocorrem ainda Afloramentos de rochas. (CPRM, 2005).

#### 4.1.1 *Cenário atual do RSU no Município de Juazeirinho*

Os serviços de coleta, transporte e disposição final dos resíduos sólidos urbanos são realizados pelo própria Prefeitura Municipal. As atividades referentes à coleta dos resíduos sólidos na zona urbana, acontecem diariamente, onde são coletados 3 caminhões basculantes com 4 m<sup>3</sup> de volume e um trator rebocando uma caçamba com capacidade 4 m<sup>3</sup>. De acordo com o Plano Estadual de Resíduos Sólidos, no ano de 2010 a população urbana do município era de 9124 habitantes, com uma geração per capita de 0,600 Kg.hab.dia<sup>-1</sup>, resultando em uma produção de RSU de 5474,4 Kg.dia<sup>-1</sup>. A destinação final dos RSU coletados no Município é o vazadouro a céu aberto (Figura 4.2), localizado no próprio Município, Abrange uma área de 4,50 hectares e dista aproximadamente 3 km da zona urbana tendo as coordenadas de localização organizadas na Tabela 4.1, essa forma de disposição final constitui uma alternativa inadequada para os resíduos, a qual acarreta em problemas sociais e ambientais.

**Figura 4.2 – Vazadouro a céu aberto do Município de Juazeirinho/PB**



Fonte: Autor (2017).

**Tabela 4.1 – Quadro de coordenadas do vazadouro a céu aberto de Juazeirinho**

<b>Local (Vértice)</b>	<b>Coordenadas UTM</b>	
A	767771 E	9219764 S
B	767949 E	9219744 S
C	767991 E	9219456 S
D	767843 E	9219472 S

Fonte: Autor (2017).

Segundo a Secretaria de Recursos Hídricos, Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia da Paraíba – SERHMACT/PB responsável pelo Plano Estadual, o município de Juazeirinho integra o **Consórcio Intermunicipal de Desenvolvimento Sustentável “São Saruê”**, formado pelos Municípios de Juazeirinho, Areia de Baraúnas, Assunção, Desterro, Junco do Seridó, Livramento Pocinhos, Santa Luzia, Salgadinho, Soledade, Santo André, São Mamede, Taperoá, Tenório e Várzea.

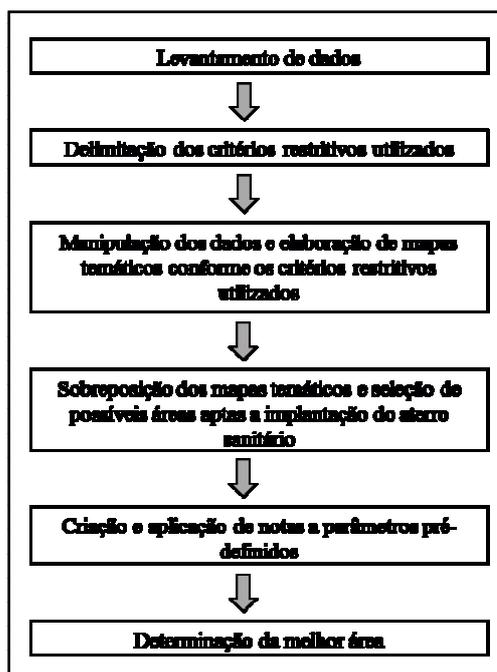
## 4.2 Procedimentos Metodológicos

O desenvolvimento da metodologia desse trabalho baseia-se na utilização de técnicas de geoprocessamento e cartografia digital em ambiente de sistemas de informações geográficas (SIG) – através do *software* QGIS, para indicação de possíveis áreas aptas para a instalação de aterro sanitário, segundo critérios técnicos restritivos, econômico-financeiros e político-sociais.

Para atender o objetivo deste trabalho foram levantados dados geográficos digitais e utilizado equipamentos e programa. A partir dessas informações obtidas, foram delimitados os critérios restritivos utilizados, com base em pesquisas bibliográficas aprofundada e em normas técnicas (NBR 13896/1997 e NBR 8419/92), manipulação de dados no QGIS, a fim de que fossem selecionados os critérios ambientais e socioeconômicos que representassem com a maior fidelidade possível a realidade do local e subsidiassem a pré-seleção de áreas para a implantação do aterro sanitário, priorizando o menor investimento, menos risco ao meio ambiente e à saúde pública, por meio da criação e aplicação de notas a parâmetros pré-definidos adaptada da metodologia desenvolvida por Acioly(2016).

A Figura 4.3 apresenta através do fluxograma as etapas adotadas para o desenvolvimento da metodologia, com o intuito de atingir os objetivos propostos.

Figura 4.3 – Fluxograma das etapas adotadas para metodologia



Fonte: Autor (2017).

#### 4.2.1 Levantamento dos dados

Para realizar a manipulação, confecção e análise das informações desejada no QGIS, houve a necessidade de diferentes dados digitais nas formas vetorial e matricial (mapas e cartas, arquivos STRM, *Shaper* e CAD, imagens de satélite), os quais podem ser adquiridos por meio de captura de imagens de satélite e sites de órgãos ambientais nacionais e internacionais, como órgão de estatística, bibliotecas das principais universidades, prefeituras, institutos, agências entre outros meios. O Quadro 4.1 demonstra os dados espaciais levantados e as Figuras 4.4, 4.5, 4.6 e 4.7 ilustram esses dados organizados em mapas.

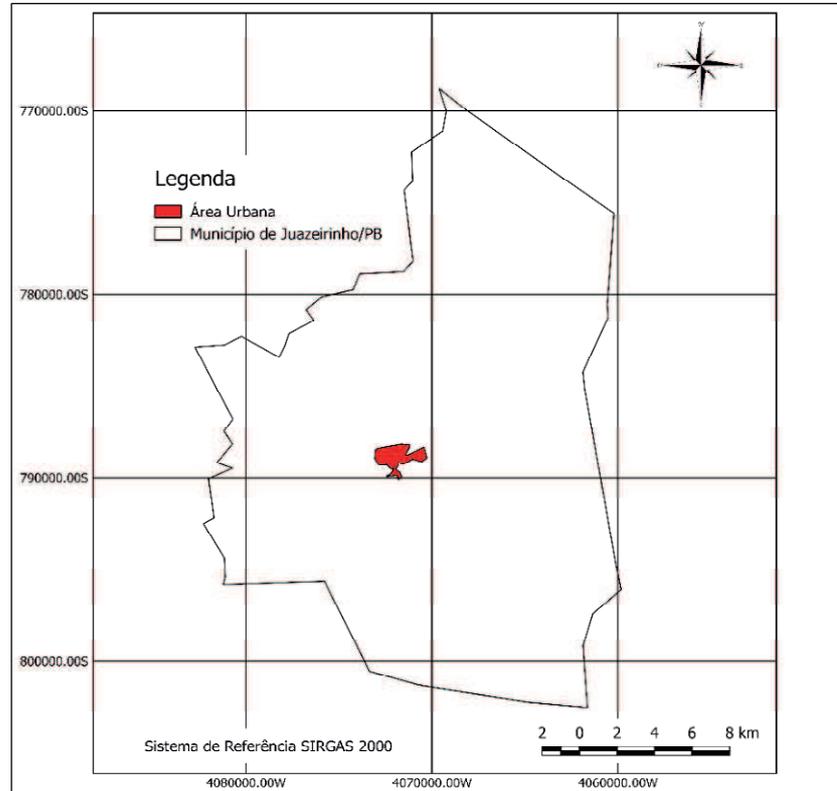
Quadro 4.1 – Dados Levantados

Tipo de Dados	Formato do arquivo	Fontes
Área urbana	.kml	Imagem do Google Earth (Polígono)
Limites municipais	.shp	GEOPORTAL-AESA
Declividade	.tiff	<i>Raster</i> de altimetria TopoData-INPE
Área do varadouro a céu aberto	.kml	Imagem do Google Earth
Estradas e Rodovias	.shp e .dwg	GEOPORTAL-AESA e Google Earth
Estradas de Ferro	.shp	GEOPORTAL-AESA
Recursos hídricos	.shp, .dwg e .kml	GEOPORTAL-AESA e Google Earth

Fonte: Autor (2017).

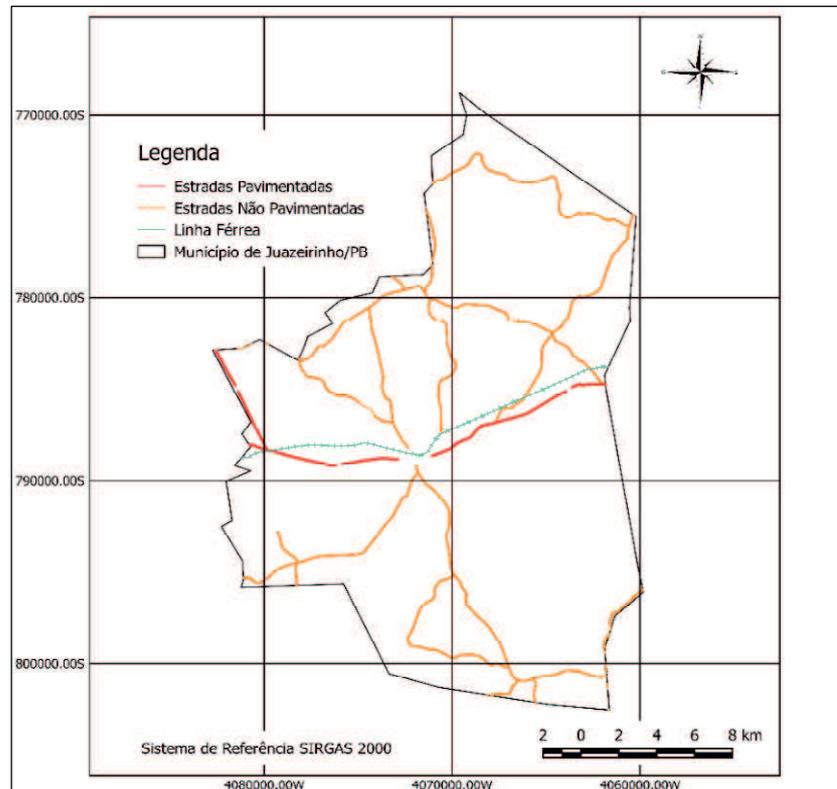
Obs.: Os arquivos no formato dwg foram as quatro folhas: SB-24-Z-D (II e III) e SB-24-Z-B (V e VI), unidas no programa AutoCAD - 2013, para os arquivos no formato tiff foram as folhas: 06S375ZN e 07S375ZN (Satélite Landsat5, Dados SRTM (banda X) com 30 m de resolução), unidas (mosaico) no QGIS-2.18.11.

**Figura 4.4 – Área urbana do Município de Juazeirinho**



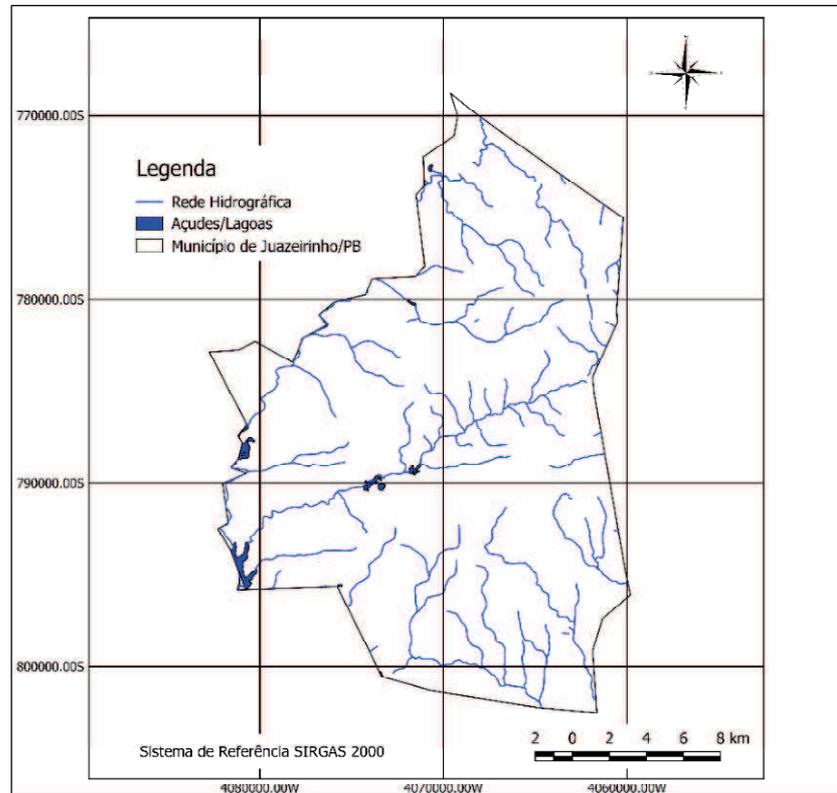
Fonte: Autor (2017)

**Figura 4.5 – Vias de acesso do Município de Juazeirinho**



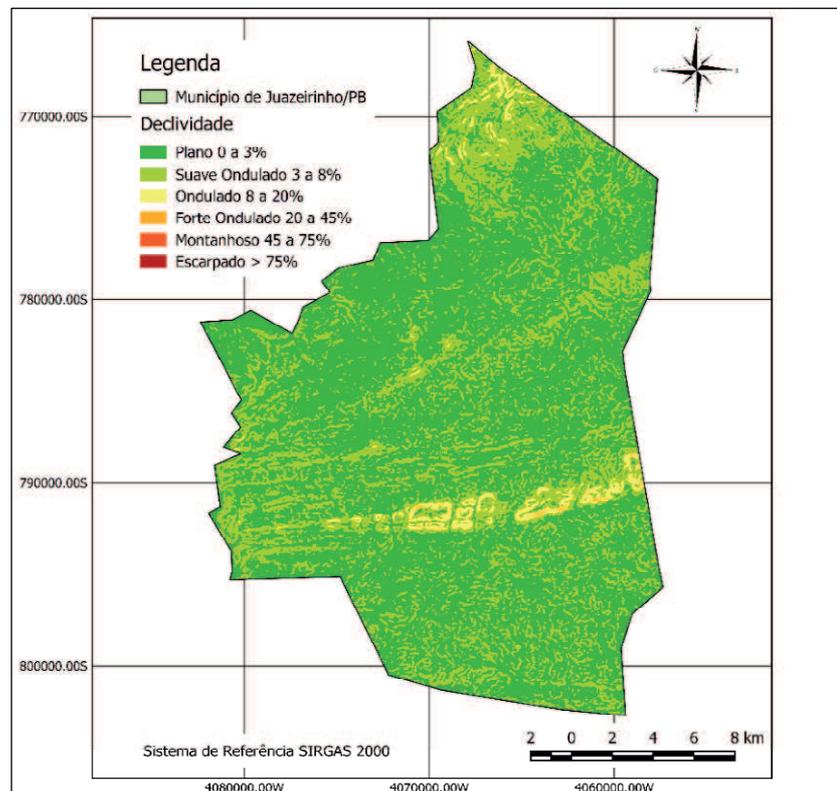
Fonte: Autor (2017)

**Figura 4.6 – Cursos Hídricos do Município de Juazeirinho**



Fonte: Autor (2017)

**Figura 4.7 – Declividade do Município de Juazeirinho**



Fonte: Autor (2017)

#### 4.2.2 **Delimitação dos critérios de restrição, Manipulação dos dados para elaboração de mapas temáticos, Sobreposição dos mapas temáticos e criação do mapa com todas as restrições para seleção de possíveis áreas**

Como já foi visto no capítulo 3 (FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA), mais precisamente no subitem 3.1.5 (Critérios para localização da área do aterro sanitário), Segundo as diretrizes da NBR 13896/1997, existem vários critérios restritivos necessários para eliminar as áreas inadequadas e delimitar os possíveis locais adequados, alguns desses critérios podem variar de acordo com leis ambientais municipais, como por exemplo: A lei de uso e ocupação do solo, lei orgânica municipal, Áreas de Preservação Permanente (APP) e plano de Bacia hidrográfica. Os critérios estabelecidos considerados pertinentes para a metodologia foram organizados no Quadro 4.2.

**Quadro 4.2 - Critérios restritivos utilizados**

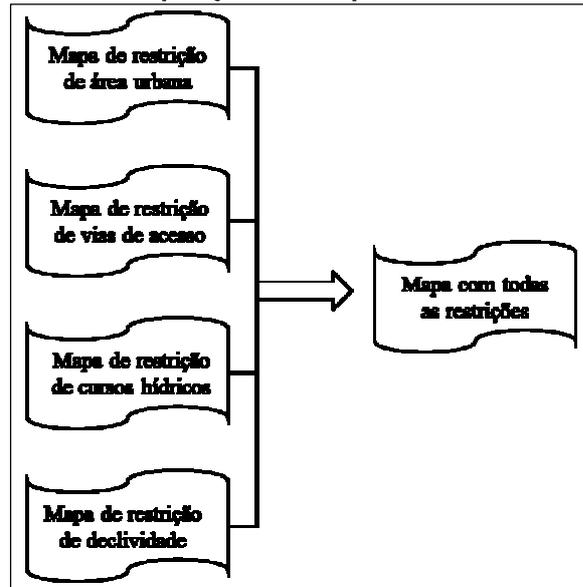
<b>Critério</b>	<b>Descrição segundo NBR 13896/1997</b>
Área Urbana	Distância mínima de 500 metros dos núcleos populacionais com o objetivo de evitar transtornos a comunidade do entorno.
Vias de Acesso	Como não existe distância definida na legislação, considerou-se 200m em acordo com Born (2007) e Tshako (2004), visando evitar poluição e custos.
Cursos Hídricos	Distância mínima de 200 m de cursos e corpos d'água, visando preservar os recursos hídricos de possíveis contaminações por efluentes.
Declividade	Áreas com declividade entre 1% e 30% foram consideradas aptas, fora dessa faixa, considerou-se inaptas. Visando também à preservação dos recursos hídricos e redução de gastos.

Fonte: Autor (2017)

A partir dos dados levantados e critérios restritivos, foi possível fazer a manipulação para elaboração dos mapas temáticos com as restrições baseadas em critérios de distância e de declividade. Para elaboração dos mapas temáticos que envolvem os critérios de distâncias, foram criadas áreas ou zonas de influência (*buffers*), a partir de dados vetoriais através da guia vetor em gerar buffer de distância fixa. Assim de acordo com os critérios definidos, procedeu-se à criação de *buffers* de 500m para área urbana, 200m para vias de acesso e 200m para cursos hídricos, essas zonas foram consideradas como restritas/inaptas e as demais aptas. Já para elaboração do mapa temático de restrição de declividade foram utilizados os arquivos *rasters* de altimetria de elevação, mais precisamente com imagens da Missão Topográfica Radar Shuttle-SRTM (06S375ZN e 07S375ZN), manipulado através da guia *raster* ferramentas análise de terreno/declividade (*slope*), e posteriormente a imagem foi reclassificada para separar as áreas com declividade desejada, considerando áreas com declividade entre 1% a 30% aptas, fora dessa faixa, considerou-se inaptas.

Essas áreas ou zonas de influência de cada condição restritiva foram salvas como camadas (*layer*), que posteriormente, foram sobrepostas para produzir um mapa que associa todas as restrições, a partir do qual foi possível visualizar as possíveis áreas adequadas, nesse caso foram pré-selecionadas quatro áreas possíveis. A Figura 4.8 ilustra o esquema de Sobreposição dos mapas temáticos de restrição.

**Figura 4.8 – Sobreposição dos mapas temáticos de restrição**



Fonte: Autor (2017)

#### **4.2.3 Criação e aplicação de notas aos critérios restritivos para seleção da área mais apta**

Esta etapa da metodologia foi fundamentada no modelo desenvolvido por Acioly (2016). Trata-se de uma metodologia simples e intuitiva, que consiste na aplicação de notas pré-estabelecidas a todos os critérios restritivos de cada área pré-selecionada, visando qualificar e hierarquizar as mesmas. As notas foram atribuídas da seguinte forma: 1 a 4 (APTIDÃO REGULAR), 5 a 8 (APTIDÃO BOA) e 9 a 12 (APTIDÃO ADEQUADA), posteriormente as notas foram somadas e partir do maior somatório foi definida a área mais apta. A Tabela 4.2 expõe a aplicação de notas aos critérios restritivos.

**Tabela 4.2 – Aplicação de notas aos critérios restritivos**

Áreas pré-selecionadas	Critérios				Soma
	Área Urbana	Vias de Acesso	Cursos Hídricos	Declividade	
Área 1					
Área 2					
Área 3					
Área 4					

Fonte: Adaptado de Acioly (2016)

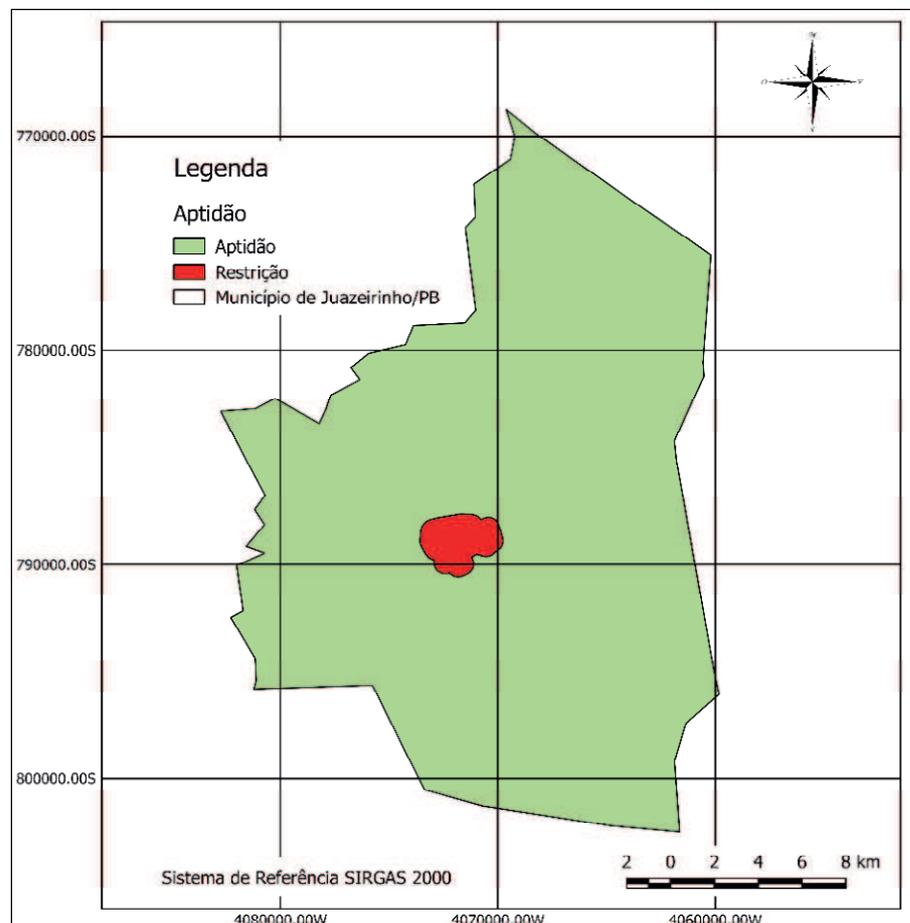
## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

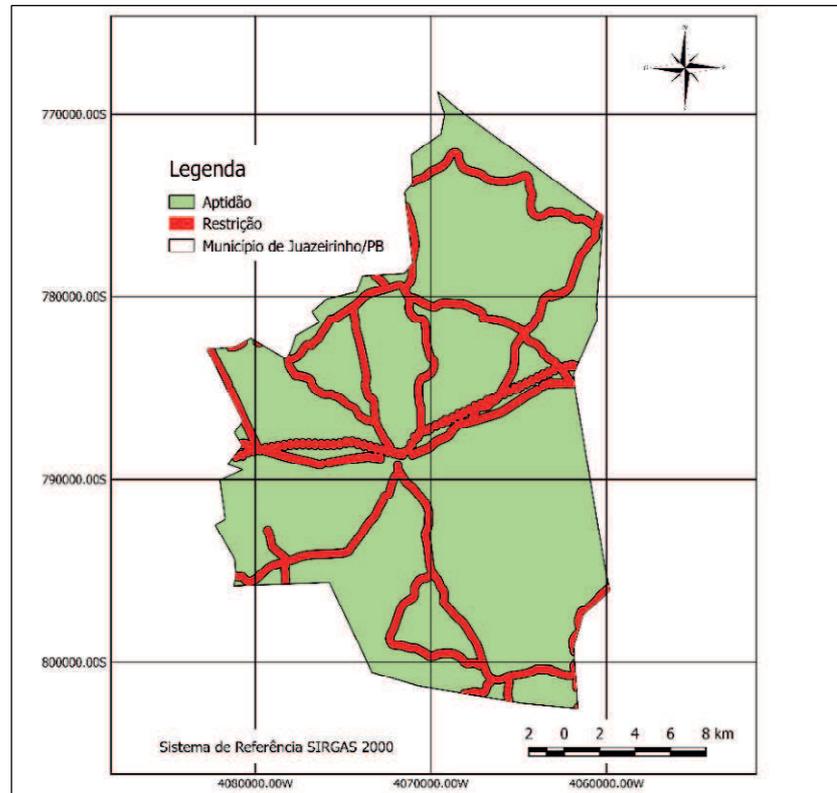
### 5.1 Criação do mapa com todas as restrições para seleção de possíveis áreas

De acordo com a metodologia, inicialmente o material cartográfico digital (Quadro 4.1 – Dados Levantados) contendo as informações geográficas em formato vetorial e *raster*, esses dados foram manipulados para elaboração dos mapas temáticos com as restrições baseadas em critérios de distância e de declividade (Quadro 4.2 - Critérios restritivos utilizados), delimitando assim as camadas (*layers*), as quais foram sobrepostas para produzir um mapa com todas as restrições a partir do qual foi possível visualizar as possíveis áreas adequadas, processos executados em ambiente SIG pelo programa QGIS.

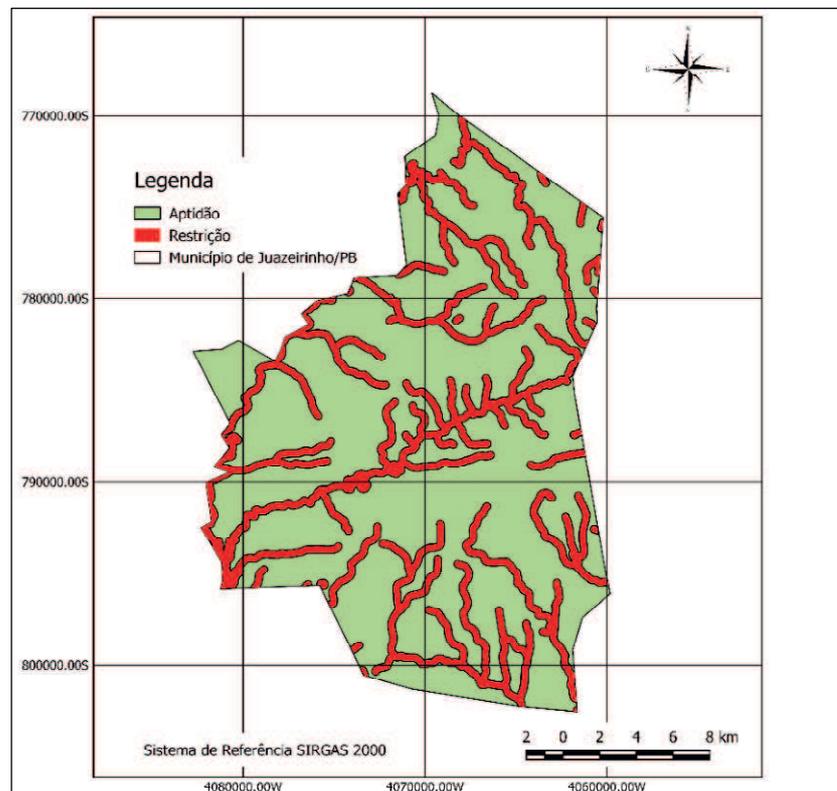
Desse modo, foram obtidos os seguintes mapas temáticos: Mapa de restrição de área urbana (Figura 5.1), Mapa de restrição de vias de acesso (Figura 5.2), Mapa de restrição de cursos hídricos (Figura 5.3), Mapa temático de restrição de declividade (Figura 5.4) e Mapa temático com todas as restrições (Figura 5.5).

**Figura 5.1 – Mapa temáticos de restrição de área urbana**



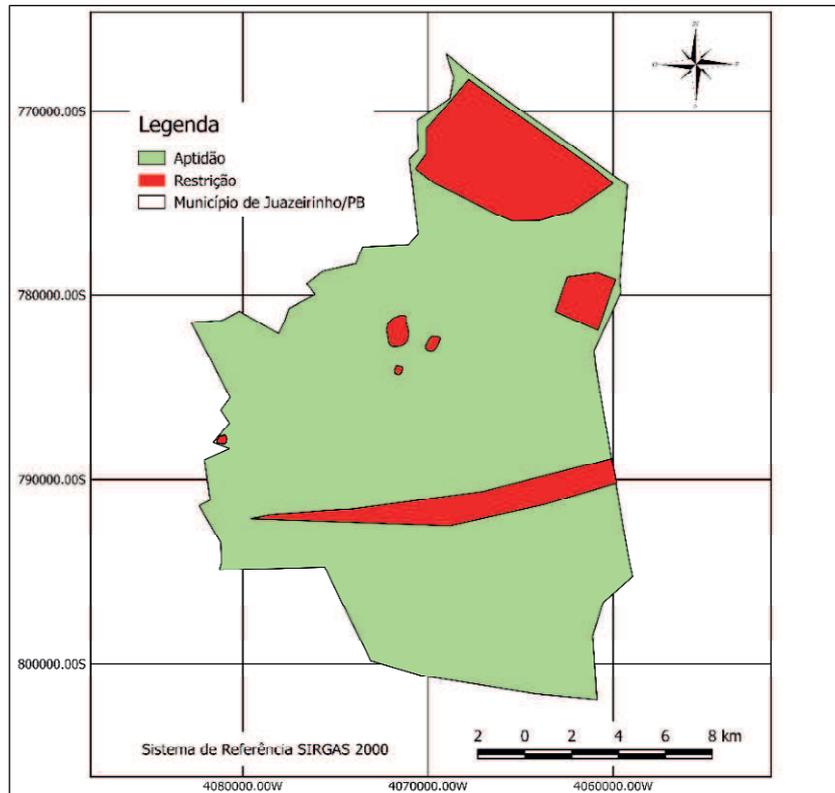
**Figura 5.2 – Mapa temáticos de restrição de vias de acesso**

Fonte: Autor (2017)

**Figura 5.3 – Mapa temáticos de restrição de cursos hídricos**

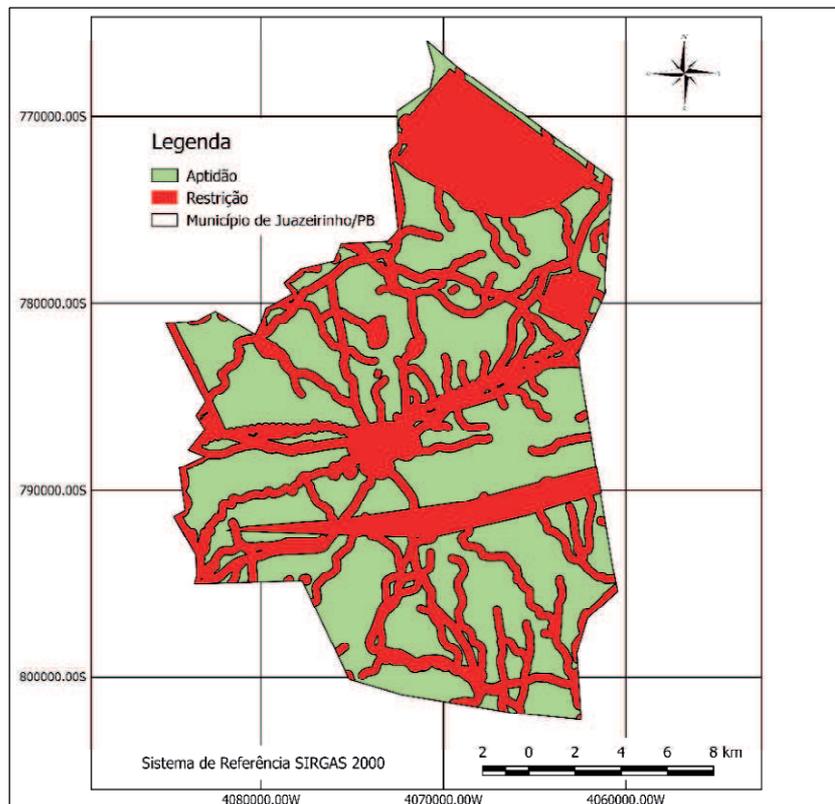
Fonte: Autor (2017)

**Figura 5.4 – Mapa temáticos de restrição de declividade**



Fonte: Autor (2017)

**Figura 5.5 – Mapa temático com todas as restrições**



Fonte: Autor (2017)

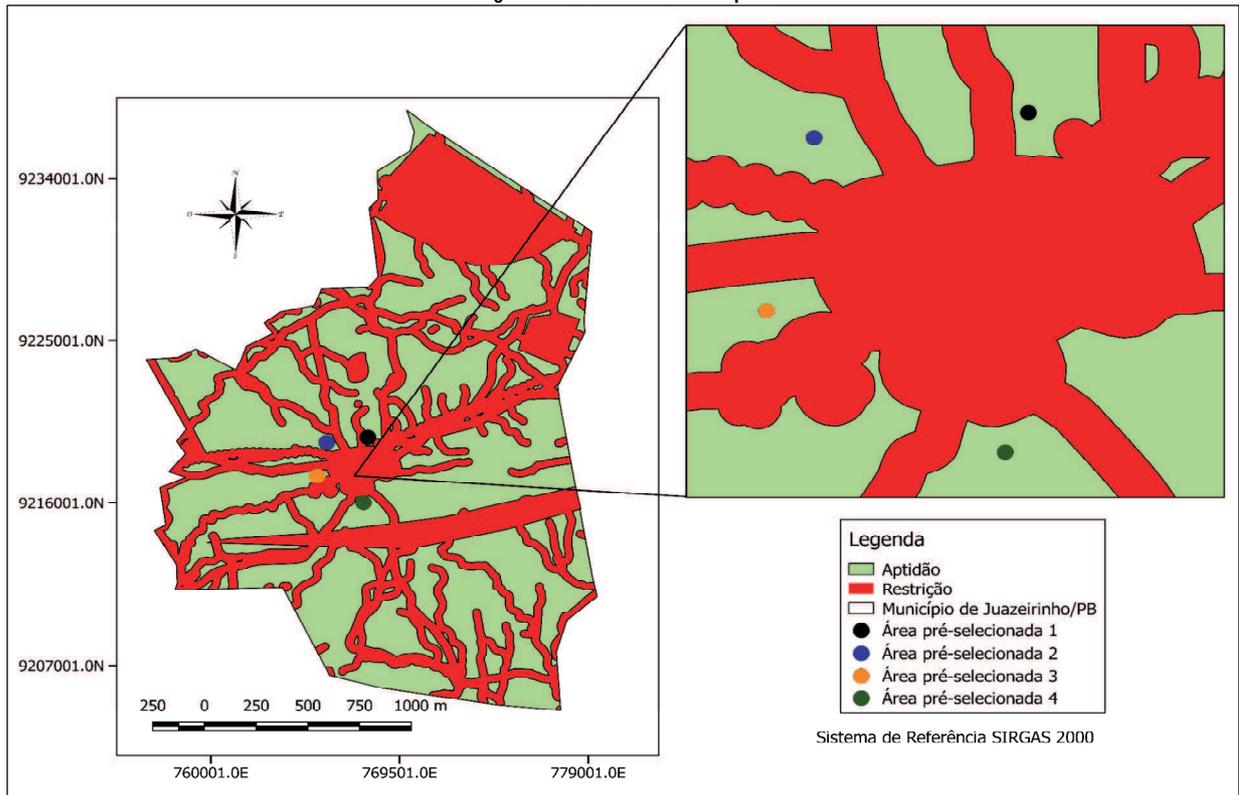
## 5.2 Seleção de possíveis áreas

Com o mapa temático com todas as restrições, foi estabelecido um tamanho mínimo para fazer a escolhas de quatro possíveis áreas aptas e analisar a área de disposição atual. Sabendo que a produção de RSU no Município é cerca de  $5,47 \text{ t.dia}^{-1}$ , referente a toda a população urbana do ano de 2010, a qual é atendida pelo serviço de coleta de RSU. Sabendo que a taxa de crescimento populacional da zona urbana do Município (calculada através dos Censos 2000 e 2010 do IBGE) é de 1,78% ao ano, foi estimado a população total atendida pelo serviço de coleta de RSU, a geração anual de resíduos por 20 anos (2017-2037) e a área mínima para o tempo de vigência do projeto do aterro sanitário.

Conforme a estimativa realizada, o aterro sanitário deve ser projetado para receber resíduos de uma população de 14692 habitantes que gerarão  $8815 \text{ kg.dia}^{-1}$ , quantidade de resíduos referente ao último ano da vigência em 2037. Com essas informações pode-se estimar o volume de lixo produzido diariamente. Segundo Haddad (1994) apud Santos e Girardi (2007), o peso específico do lixo compactado é de 500 a  $700 \text{ kg.m}^3$ , considerando o pior caso, o volume para o ano de 2037 deve ser de  $91927,86 \text{ m}^3$ . Assim, a área mínima que deve ser reservada para a implantação de um aterro sanitário com vida útil de 20 anos e com uma altura máxima de 6m na qual o resíduo pode ser empilhado, será de 1,53 ha. Com a estimativa da área mínima realizada, percebe-se que esse fator não é limitante visto que é uma área considerada pequena em relação a disponibilidade de áreas com aptidão acima de 1,53 ha próximas a área urbana.

Dentre as áreas de aptidão localizadas no município, foram pré-selecionadas quatro possíveis áreas para testar a legitimidade da metodologia aplicada. Na Figura 5.6 é possível visualizar as quatro possíveis áreas aptas pré-selecionadas sobrepostas ao mapa de aptidão, é importante destacar que a área pré-selecionada 1, refere-se ao vazadouro a céu aberto, local de disposição atual dos resíduos no município de Juazeirinho, o qual encontra-se em área de aptidão.

Figura 5.6 – Possíveis áreas aptas



Fonte: Autor (2017)

### 5.3 Criação e aplicação de notas aos critérios restritivos para a seleção da área mais apta dentre as áreas pré-selecionadas

De acordo Acioly (2016), em sua metodologia para determinação de áreas aptas para a instalação de aterro sanitário, foram criadas variáveis e para cada uma destas variáveis foram inseridas notas que variam de 1 a 3, e que por sua vez indica o grau de condições da área para que seja implantado o aterro. Utilizando da mesma lógica, foram aplicadas notas aos critérios restritivos (Tabela 5.1) para área urbana; vias de acesso, cursos hídricos e declividade das áreas pré-selecionadas. A cada um desses critérios foram aplicadas notas que variam de 1 a 3 (APTIDÃO REGULAR), 4 a 6 (APTIDÃO BOA) e 7 a 9 (APTIDÃO ALTA), e que por sua vez indica o grau de aptidão das áreas através do seu somatório.

**Tabela 5.1 – Resultado da aplicação de notas aos critérios restritivos**

áreas pré-selecionadas	Critérios				Soma
	Área Urbana	Vias de Acesso	Cursos Hídricos	Declividade	
Área 1	9	8	9	9	35
Área 2	9	9	9	9	36
Área 3	9	9	3	9	30
Área 4	9	7	9	9	34

Fonte: Adaptado de Acioly (2016)

Os fundamentos para atribuição das notas foram de acordo com a descrição para cada critério (Quadro 4.2), onde delimita o distanciamento da zona urbana afim de minimizar possíveis danos a população, distanciamento e tipo (pavimentada ou não) das vias de acesso visando evitar poluição e custos, distanciamento dos cursos hídricos tendo em vista a preservação por possíveis contaminações por efluentes e a faixa de declividade visando também à preservação dos recursos hídricos e redução de gastos. Outros critérios analisados intuitivamente foram áreas já antropizadas como a área atual de disposição com a intenção de preservar áreas e direção dos ventos que se deslocam na direção leste(E), afim de não causar transtorno a população por meio do deslocamento de mal odores para o centro urbano.

Analisando a Tabela 5.1, é possível observar que apenas os critérios vias de acesso e cursos hídricos receberam notas diferentes entre as áreas pré-selecionadas. Pode-se concluir que a área pré-selecionada 2 apresenta a maior das notas e, assim a mais apta entre as áreas, porém por critério de áreas já antropizadas, e por se diferenciar em apenas uma unidade da área pré-selecionada 2, a **área pré-selecionada 1**(local de disposição atual) torna-se a mais apta.

## 6 CONCLUSÃO

A destinação final dos RSU de forma ambientalmente adequada, no que se refere a indicação de possíveis áreas aptas à implantação de aterros sanitários, é um processo complexo pois relaciona muitos aspectos de ordem técnica, ambiental, legal e socioeconômica. Dessa forma o objetivo geral desse trabalho visou justamente analisar o uso do SIG como ferramenta para indicação de possíveis áreas para implementação de um aterro sanitário no município de Juazeirinho/PB, buscando facilitar esse processo.

A utilização do SIG como uma ferramenta de geoprocessamento mostrou-se eficiente neste tipo de análise, pois permitiu a manipulação das informações (banco de dados) baseada em critérios normativos restritivos de caracteres espaciais que são partes fundamentais do problema, possibilitando limitar o número de áreas a serem analisadas por meio de avaliações preliminares evitando deslocamentos que geram gastos, por vezes desnecessários e orientar a tomada de decisão equilibrando a opinião dos envolvidos nesse processo, o que demonstrou ser uma ferramenta prática, rápida, precisa e de baixo custo.

É importante destacar que uma maior confiabilidade da metodologia está atrelada a disponibilidade em quantidade e qualidade das informações obtidas, ou seja, na aquisição do banco de dados atuais e de fontes confiáveis, desse modo os possíveis erros serão minimizados. Da mesma forma, os critérios adotados também influenciarão e a atribuição das notas para hierarquização é um tanto subjetivo, essa subjetividade está ligada ao conhecimento empírico e experiência do(s) profissionais(s) envolvido(s) ao atribuir notas de importância entre os critérios. Assim, se essas notas forem adequadas e condizentes com a realidade, a análise hierárquica tem grande representatividade.

Convém mencionar que a utilização desta tecnologia não dispensa as pesquisas in situ, muito pelo contrário, associado ao conhecimento empírico e experiência, auxiliam na diminuição da subjetividade inerente ao processo de análise hierárquica, visto que são responsáveis pela análise de aspectos que não podem ser avaliados pela metodologia (como características geomorfológicas, litológicas e pedológicas da região), produzindo assim informações mais coerentes para sua aplicação, por isso recomenda-se que estudos futuros sejam destinados a esse fim.

Nesse contexto, os objetivos propostos no presente trabalho foram alcançados e seus resultados fornecem informações importantes que podem auxiliar e orientar a administração municipal de Juazeirinho/PB quanto a tomada de decisão na gestão e planejamento preliminares de áreas aptas para instalação de aterros sanitários, tornando o uso do SIG uma ferramenta

indispensável num momento em que ações do Governo exige das prefeituras a disposição final ambientalmente adequada, a elaboração dos Planos Diretores, Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) e Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), processos estes que demandam análises geoespaciais de natureza complexa. Dessa forma, o estudo demonstrou que é possível desenvolver tais análises com o uso de uma dessas ferramentas SIG livres disponíveis, no caso, o QGIS, sem aumentar o orçamento financeiro das prefeituras.

## REFERÊNCIAS

ACIOLY, Andreza Vieira. **Sig aplicado à escolha de áreas potenciais para a implantação de aterro sanitário no município de Breves (PA)**. Pará, PA: 2016. Originalmente apresentado como dissertação de mestrado, Universidade Federal do Pará, 2016.

ALVES, Flaviano de Souza. **Educação ambiental e tecnologia: Aplicação de um SIG na identificação de áreas para aterro sanitário - O Uso do gvSIG**. Campina Grande, PB: 2010. Originalmente apresentado como monografia de graduação, Universidade Estadual da Paraíba, 2010.

ARRUDA, Paloma Louzada. **SIG como ambiente de análise e avaliação da implementação do centro de tratamento de resíduos sólidos urbanos do município do Rio de Janeiro – CTR-RIO**. Rio de Janeiro, RJ:2007. Originalmente apresentado como monografia de graduação, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. **PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL 2016**. BRASIL: ABRELPE, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 6023/2002 – **Informação e documentação – Referências – Elaboração**. Rio de Janeiro: 2002.

\_\_NBR 8849/1985 – **Apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos sólidos urbanos**. Rio de Janeiro: 1985.

\_\_NBR 8419/1992 – **Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos**. Rio de Janeiro: 1992.

\_\_NBR 13896/1997 – **Aterros de resíduos não perigosos-critérios para projeto, implantação e operação**. Rio de Janeiro: 1997.

\_\_NBR 10004/2004 – **Resíduos Sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro: 2004.

\_\_NBR 10006/2004 – **Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: 2004.

\_\_NBR 10007/2004 – **Amostragem de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: 2004.

BIJU, Bárbara Pavani. **Utilização do sistema de informação geográfica (SIG) na indicação de possíveis áreas aptas à disposição de resíduos de construção civil**. Paraná, PR: 2015. Originalmente apresentado como dissertação de mestrado, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2015.

BORN, Viviane. **Avaliação da aptidão de áreas para a instalação de aterro sanitário com o uso de ferramentas de apoio à decisão por múltiplos critérios**. Lajeado, RS: 2013. Originalmente apresentado como monografia de graduação, Centro Universitário UNIVATES, 2013.

BRASIL. Lei nº. 11.445, de 05 de janeiro de 2007. **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.** Disponível em < [www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm)>. Acesso em 3 de agosto de 2017.

BRASIL. Lei nº. 12.305, de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.** Casa Civil [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 2 de agosto de 2010.

CALIJURI, M LÚCIA; LORENTZ, J. F. (2003b). **Fundamentos de sistemas de informação geográfica.** 57p. Laboratório de Sistema de Informação Geográfica, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 2003.

COUTO, L. C. **O geoprocessamento: conceito e prática.** Belo Horizonte, MG: 2009. Adaptado do Trabalho de Conclusão de Curso da especialização em Geoprocessamento do Centro Universitário de Belo Horizonte, 2009.

EASTMAN, J. R. IDRISI for Windows. **Introdução e exercícios tutoriais.** Editores da versão em português, Heinrich Hasenack e Eliseu Weber. Porto Alegre: UFRGS, Centro de Recursos Idrisi, 1998.

FITZ, P.R. **Geoprocessamento sem complicação.** São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Informações completas 2017.** Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=250770&search=paraibajuazeirinho|infograficos:-informacoes-completas>>. Acesso em: 20 de setembro de 2017.

JACOBI, P.R., BESEN, G.R. **Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. Estudos Avançados.** São Paulo, vol. 25, n. 71, p. 135-158, 2011.

LINO, Isabela Coutinho. **Seleção de áreas para implantação de aterros sanitários: Análise comparativa de métodos.** Rio Claro, SP: 2007. Originalmente apresentado como monografia de graduação Universidade Estadual Paulista, 2007.

NASCIMENTO, V. F. **Proposta para Indicação de Áreas para a Implantação de Aterro Sanitário no Município de Bauru-SP, Utilizando Análise Multi-Critério de Decisão e Técnicas de Geoprocessamento.** 2012. 203 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2012.

PARAÍBA. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado da Paraíba**: relatório síntese, v.1, n.1, jul/2014. Disponível em: <<http://static.paraiba.pb.gov.br/2013/01/PLANO-ESTADUAL-VERSAO-PRELIMINAR.pdf>>. Acesso em: 14 agosto 2017.

PIRES, C. S. **O tratamento dos resíduos orgânicos como cumprimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos: Análise dos planos municipais da bacia do Alto Tietê**. São Carlos, SP: 2013. Originalmente apresentado como dissertação de mestrado, Engenharia Hidráulica e Saneamento, Universidade de São Carlos, 2013.

PIROLI, E.L. **Introdução ao Geoprocessamento**. Ourinhos: Unesp/Campus Experimental de Ourinhos, 2010. 46 p.

SAMIZAVA, T. M.; NUNES, J. O. R.; IMAI, N. N.; KAIDA, R. H. **SIG Aplicado a Avaliação de Áreas para Instalação de Aterro Sanitário no Município de Presidente Prudente – SP**. In: PLURIS – 2º Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento, Urbano, Regional, Integrado, Sustentável. Braga. 2008.

SANTOS, Danielle de Lucena. **Análise da viabilidade de implantação de uma usina de triagem e compostagem de resíduos sólidos urbanos no município de Santa Luzia/PB**. Campina Grande, PB: 2016. Originalmente apresentado como monografia de graduação, Universidade Estadual da Paraíba, 2016.

SANTOS, J. S; GIRARDI, G. A. **Utilização de geoprocessamento para localização de áreas para aterro sanitário no município de Alegrete/ RS** - Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto- abril de 2007.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. **Diagnóstico do Município de Juazeirinho – PB**. Recife, PE: CPRM/PRODEEM, 2005.

TSUHAKO, Edson Mitsuhide. **Seleção Preliminar de Locais Potenciais à Implantação de Aterro Sanitário na Sub-Bacia de Itupararanga (Bacia do Rio Sorocaba e Médio Tietê)**. São Carlos, SP: 2004. Originalmente apresentado como dissertação de mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2004.

XAVIER, R. **Alternativas para o traçado do hiperanel rodoviário da região metropolitana de Belo Horizonte (MG), utilizando rotinas de apoio à decisão em SIG**. 161p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2002.