



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - UFCG  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR - CCTA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU*  
MESTRADO EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS - (PPGSA)**

**SIMONE NÓBREGA RIBEIRO ALMEIDA**

**APLICAÇÃO DE GEOPROCESSAMENTO NA IDENTIFICAÇÃO  
DE ÁREAS PARA IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO NO  
MUNICÍPIO DE POMBAL - PB**

**POMBAL - PB**

**2016**

**SIMONE NÓBREGA RIBEIRO ALMEIDA**

**APLICAÇÃO DE GEOPROCESSAMENTO NA IDENTIFICAÇÃO  
DE ÁREAS PARA IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO NO  
MUNICÍPIO DE POMBAL - PB**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Sistemas Agroindustriais da Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Campus de Pombal-PB, como requisito necessário para obtenção do título de Mestre em Sistemas Agroindustriais.  
**Área de Concentração:** Gestão e Tecnologia Ambiental em Sistemas Agroindustriais.

**ORIENTADORA: Prof<sup>a</sup>. Dra. Érica Cristine Medeiros Machado**

**POMBAL-PB**

**2016**

**SIMONE NÓBREGA RIBEIRO ALMEIDA**

**APLICAÇÃO DE GEOPROCESSAMENTO NA IDENTIFICAÇÃO  
DE ÁREAS PARA IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO NO  
MUNICÍPIO DE POMBAL - PB**

Dissertação apresentada em 02 de Setembro de 2016.

BANCA EXAMINADORA:

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Érica Cristine Medeiros Machado (CCTA/UFCG)  
Orientadora

---

Prof. Dr. Luiz Gualberto de Andrade Sobrinho (CCTA/UFCG)  
Examinador Interno

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cibelle Guimarães Silva Severo (CCTA/UFCG)  
Examinadora Externa

**POMBAL- PB**

**2016**

## AGRADECIMENTOS

À Deus pelo dom da vida, por ser a minha fonte de esperança, consolo, e, por guiar meus passos nessa longa jornada. E por me dar força e coragem para enfrentar todos os obstáculos encontrados pelo caminho.

Ao meu avô João Ribeiro (*in memoriam*), a minha avó Francisca Tavares e a minha tia Maria de Fátima Costa pelo zelo, amor, confiança, incentivo e paciência.

Aos meus pais Maria de Fatima Nóbrega e José Tavares e aos meus irmãos Fabinho, Cristiano e Silvana pelo amor e confiança, bem como aos meus sobrinhos Kauan e Érica Laís pelo carinho.

Ao meu esposo Michel pela ajuda, incentivo, amor e dedicação, e à sua família, em especial minha sogra Luzanira pela confiança e incentivo, bem como meu sogro e aos meus cunhados Pablo, Vanubia, Gillianno e a minha afilhada Lívia Maria.

À minha orientadora, professora Dra. Érica Cristine Medeiros Machado pela paciência, amizade, disponibilidade, confiança e orientação na realização deste trabalho.

A todos os professores e funcionários que fazem o Programa de Pós-graduação em Sistemas Agroindustriais da Universidade Federal de Campina Grande, os quais criaram as condições necessárias para a minha formação profissional.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para a elaboração deste estudo.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Dados da geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil .....	20
Figura 2 – Dados de resíduos sólidos urbanos coletados na região Nordeste	25
Figura 3 – Esquemática de aterro sanitário .....	27
Figura 4 – Esquemática da utilização do SIG .....	32
Figura 5 – Diagrama do material e métodos .....	35
Figura 6 – Mapa de localização da área de estudo .....	36
Figura 7 – Mapa das rodovias que cruzam o município de Pombal.....	37
Figura 8 – Imagem de localização da Área 1 .....	49
Figura 9 – Imagem de localização da Área 2 .....	50
Figura 10 – Imagem de localização da Área 3 .....	51
Figura 11 – Mapa temático de cursos d'água na Área 1 .....	52
Figura 12 – Mapa temático de cursos d'água na Área 2 .....	53
Figura 13 – Mapa temático de cursos d'água na Área 3 .....	54
Figura 14 – Mapa temático de rodovias na Área 1 .....	55
Figura 15 – Mapa temático de rodovias na Área 2 .....	56
Figura 16 – Mapa temático de rodovias na Área 3 .....	57
Figura 17 – Mapa temático de núcleos populacionais na Área 1 .....	58
Figura 18 – Mapa temático de núcleos populacionais na Área 2.....	59
Figura 19 – Mapa temático de núcleos populacionais na Área 3.....	60
Figura 20 – Mapa temático de permeabilidade natural do solo na Área 1, 2 e 3 .....	61
Figura 21 – Mapa temático de uso e ocupação do solo na Área 1, 2 e 3 .....	63
Figura 22 – Mapa temático de vegetação nas Áreas 1,2 e 3.....	64
Figura 23 – Mapa temático de declividade nas Áreas 1,2 e 3 .....	65

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – População de Pombal-PB entre 1991 a 2010 .....	39
Gráfico 2 – Projeção populacional dos municípios consorciados para o horizonte de planejamento do aterro .....	46
Gráfico 3 – Estimativa do volume acumulado para os 9 municípios consorciados.....	48

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Componentes comuns da composição gravimétrica.....	21
Quadro 2 – Aplicação de ferramentas SIG em áreas do conhecimento .....	31
Quadro 3 – Características de cada tipo de solo do município de Pombal - PB .....	38
Quadro 4 – Geração de resíduos sólidos domiciliares e resíduos de limpeza pública para os municípios da região geoadministrativa de Pombal.....	40
Quadro 5 – Faixa de variação da geração per capita.....	41
Quadro 6 – Restrições para seleção de áreas .....	44
Quadro 7 – Hierarquização, Pesos e tipo de atendimento aos critérios selecionados .....	45
Quadro 8 – Características dos tipos de solo .....	62
Quadro 9 – Avaliação do Atendimento das áreas selecionadas .....	68
Quadro 10 – Ponderação das áreas selecionadas .....	70

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Geração de resíduos sólidos urbanos em cada região do Brasil ...	20
Tabela 2 – Resíduos sólidos urbanos coletados na região Nordeste .....	26
Tabela 3 – Quantidade de municípios por tipo de destinação adotada .....	26
Tabela 4 – Geração de resíduos para o período de 20 anos.....	47
Tabela 5 – Programas alternativos.....	67



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FEAM - Fundação Estadual de Meio Ambiente

GPS - *Global Position System* (Sistema de Posicionamento Global)

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

MMA - Ministério do Meio Ambiente

NBR - Norma Brasileira de Regulamentação

PERS-PB - Plano Estadual de Resíduos Sólidos da Paraíba

PH - Potencial Hidrogeniônico

PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos

PROSAB - Programa de Pesquisas em Saneamento Básico

ReCESA - Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento

RSU - Resíduos Sólidos Urbanos

SIG - Sistemas de Informações Geográficas

SIRGAS - Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas 2000

SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente

SNVS - Sistema Nacional de Vigilância Sanitária

SUASA - Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária

SR - Sensoriamento Remoto

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	15
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	16
<b>3.1 Resíduos Sólidos</b> .....	16
3.1.1 Gestão dos resíduos sólidos urbanos .....	23
<b>3.2 Geoprocessamento</b> .....	29
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	35
<b>4.1 Classificação da Pesquisa</b> .....	35
<b>4.2 Caracterização do município para instalação do aterro</b> .....	35
<b>4.3 Seleção da área para implantação do aterro sanitário</b> .....	40
4.3.1 Projeção populacional e geração <i>per capita</i> .....	40
4.3.2 Geração per capita e massa dos resíduos.....	41
4.3.3 Volume dos resíduos e área necessária para implantação do aterro sanitário.....	42
4.3.4 Critérios para seleção de áreas aptas a implantação de aterro sanitário.....	43
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	46
<b>5.2 Critérios para seleção de áreas</b> .....	48
5.2.1 Localização das Áreas estudadas .....	48
5.2.2 Critérios para seleção das áreas .....	51
<b>5.3 Ponderação das áreas frente aos critérios</b> .....	68
<b>6 CONCLUSÕES</b> .....	72
<b>REFERENCIAS</b> .....	73
<b>APÊNDICES</b> .....	78

# **APLICAÇÃO DE GEOPROCESSAMENTO NA IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS PARA IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE POMBAL – PB**

## **RESUMO**

A disposição inadequada de resíduos sólidos é um dos sérios problemas enfrentados pela sociedade moderna. Uma alternativa para esta disposição de forma ambientalmente adequada são os aterros sanitários. Desta forma, o município de Pombal - PB juntamente com outros municípios circunvizinhos buscam a implantação de um aterro sanitário consorciado tendo em vista o atendimento a legislação em vigor. Objetivou-se, portanto, realizar um estudo para identificar, por meio de geoprocessamento, áreas aptas para a implantação de um aterro sanitário no município de Pombal - PB, observando critérios ambientais, sociais e econômicos. Foi estimado o tamanho da área necessária a implantação do aterro. Posteriormente foram avaliadas três áreas, seguindo critérios preestabelecidos e atribuição de nota. Quanto ao tratamento de dados espaciais utilizou-se o Qgis 2.18. Com isso, selecionou-se preliminarmente a Área 1 como possível área para implantação do aterro sanitário, haja vista ter sido a que melhor atendeu aos critérios estabelecidos.

**Palavras-chave:** Sistemas de Informações Geográficas, Resíduos Sólidos, Qgis.

# **APPLICATION OF GEOPROCESSMENT IN THE IDENTIFICATION OF AREAS FOR IMPLANTATION OF SANITARY LANDING IN THE MUNICIPALITY OF POMBAL – PB**

## **ABSTRACT**

The inadequate disposal of solid waste is one of the serious problems faced by modern society. An alternative to this provision in an environmentally appropriate manner is landfills. In this way, the municipality of Pombal - PB together with other surrounding municipalities, seek the implementation of a consortium sanitary landfill in order to comply with current legislation. The objective of this study was to identify, through geoprocessing, suitable areas for the implantation of a sanitary landfill in the city of Pombal - PB, observing environmental, social and economic criteria. The size of the land required for the landfill was estimated. Subsequently, three areas were evaluated, following pre-established criteria and note assignment. As for spatial data processing, Qgis 2.18 was used. With this, it was preliminarily selected Area 1 as a possible area for landfill implantation, since it was the one that best met the established criteria.

**Keywords:** Geographic Information System, Solid Waste, Qgis.

## 1 INTRODUÇÃO

A temática resíduos sólidos vêm sendo discutida em todo o mundo nas últimas décadas, especialmente no que diz respeito à sua disposição final, pois. Este tema tem se tornado uma questão bastante desafiadora para a sociedade moderna, tendo em vista o aumento considerável na sua geração, bem como em virtude das diferentes características destes resíduos.

Tal aumento está associado a diversos fatores dentre eles, podem-se destacar o crescimento populacional em ritmo acelerado, o aumento do consumo, aliado ao novo padrão de consumo e descarte, além das facilidades de mercado para aquisição de produtos.

A questão referente aos resíduos sólidos no Brasil foi oficialmente estabelecida por meio da Lei 12.305 em 02 de agosto de 2010, na qual instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), sendo posteriormente regulamentada em 23 de dezembro do mesmo ano pelo Decreto 7.404.

Estes dois dispositivos legais institucionalizaram os princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes para a gestão dos resíduos sólidos no país, sejam estes orgânicos e inorgânicos, urbanos e rurais, comerciais e industriais, de construção civil, de saúde, agrossilvopastoris, transportes, mineração, limpeza urbana, saneamento básico, resíduos perigosos dentre outros (ANTUNES, 2011).

Os resíduos sólidos urbanos são considerados agentes causadores de sérios problemas ambientais, tendo em vista que a maioria dos municípios não estão preparados e projetados para um crescimento populacional acelerado, bem como para a geração em massa de resíduos sólidos e conseqüentemente o seu gerenciamento adequado (BORTOLATTO e AHLERT, 2012).

No Brasil a ineficiência na gestão e principalmente na disposição dos resíduos sólidos, bem como a carência de políticas públicas para sanar as questões deste setor, tem suscitado potenciais problemas de natureza ambiental e econômica (SANTOS et al, 2012).

A gestão e a disposição final inadequada dos resíduos sólidos acarretam inúmeros impactos ambientais negativos, quais sejam: degradação do solo, poluição/contaminação dos corpos hídricos, intensificação de enchentes, poluição do ar e proliferação de micro e macro vetores de doenças, bem como

catação em condições insalubres nas ruas e em áreas de disposição final (BESEN et al., 2011; RIBEIRO, 2011).

É indispensável que os resíduos sólidos tenham uma disposição final ambientalmente adequada, e neste contexto uma das soluções mais adequadas é a implantação de um aterro sanitário. No entanto se faz necessária a seleção apropriada da área que se deseja implantar o referido aterro, e aliado a isso deve ser realizado diversos estudos, observando os critérios técnicos, ambientais e econômicos.

Atualmente, inúmeras são as tecnologias que auxiliam no processo de seleção de áreas aptas à implantação de aterros sanitários, dentre elas pode-se destacar o geoprocessamento. Tal ferramenta é capaz de coletar, tratar, manipular e apresentar dados georreferenciados, por meio de técnicas de Sensoriamento Remoto (SR), Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e Sistema de Posicionamento Global (GPS), tais tecnologias são bastante utilizadas em diversas áreas do conhecimento, dentre elas projetos ambientais.

Partindo destes pressupostos, este trabalho se justifica pela necessidade da identificação de um local adequado para disposição final de resíduos sólidos no município de Pombal - PB tendo em vista minimizar os efeitos negativos do inadequado gerenciamento, citados anteriormente, atendimento a legislação ambiental vigente, bem como contribuição para o desenvolvimento econômico, ambiental e social do município de Pombal - PB e dos municípios vizinhos em especial àqueles que participam do consórcio.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Realizar um estudo técnico-científico para identificar áreas aptas para a implantação de um aterro sanitário no município de Pombal - PB, observando critérios ambientais e econômicos.

### **2.2 Específicos**

- Determinar o tamanho da área necessária para implantação do aterro sanitário;
- Realizar uma seleção preliminar de áreas possíveis de implantação do aterro sanitário no Município de Pombal - PB;
- Estabelecer critérios de seleção e definir prioridades para o atendimento aos critérios estabelecidos;
- Confeccionar mapas temáticos: geológicos, solo, proximidade de núcleos residências urbanos e de cursos d'água, rodovias, declividade, uso e ocupação do solo;
- Analisar as áreas possíveis a partir dos critérios estabelecidos e selecionar a que atenda à maior parte das restrições estabelecidas.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Resíduos Sólidos

Na área ambiental faz-se uso de alguns termos que diferem entre si, como “lixo”, “resíduos sólidos” e “rejeito”. Neste âmbito, é comum encontrar na literatura distintas denominações para estes termos.

Segundo Ornelas (2011) o termo “lixo” bastante utilizado corriqueiramente está relacionado às questões sociais e econômicas. Geralmente é expresso quando algo não possui valor, no entanto, este termo é considerado relativo, pois o que não possui valor para um pode ter para outro.

O termo resíduos sólidos, por sua vez, é definido pela Norma Brasileira de Regulamentação (NBR) 10.004 (ABNT, 2004) como sendo:

Resíduos nos estados sólidos e semi-sólidos, 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 esgoto ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face a melhor tecnologia disponível.

Outra definição para resíduos sólidos é proposta no Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos, que trata como: “Todo material sólido ou semi-sólido indesejável e que necessita ser removido por ter sido considerado inútil por quem o descarta em qualquer recipiente destinado a este ato” (MONTEIRO et al., 2001).

Cabe ressaltar que sob o aspecto profissional e legal, o conceito mais aceito e completo é o estabelecido na Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Em seu inciso XVI do Artigo 3º, estabelece resíduos sólidos como sendo:

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 semi-sólido, 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 isto soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010).



Com relação aos rejeitos a Lei 12.305/2010 os trata como sendo:

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 (BRASIL, 2010).

De acordo com Born (2013) é possível observar a diversidade e a complexidade, na definição de resíduos sólidos exposta na PNRS. Além de diferentes conceitos, os resíduos sólidos também podem ser classificados de distintas maneiras, sendo a mais corriqueira quanto à origem da geração do resíduo e quanto a sua periculosidade.

No que diz respeito à origem dos resíduos sólidos, a Lei 12.305 de 2010 em seu Art. 13 classifica-os como:

- a) **Resíduos domiciliares:** os originários de atividades domésticas em residências urbanas;
- b) **Resíduos de limpeza urbana:** os originários da varrição, limpeza de logradouros, vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;
- c) **Resíduos sólidos urbanos:** os que englobam os resíduos domiciliares e de limpeza urbana;
- d) **Resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços:** os gerados nessas atividades, excetuados os resíduos de limpeza urbana, serviços públicos de saneamento básico, serviços de saúde, construção civil, serviços de transporte;
- e) **Resíduos dos serviços públicos de saneamento básico:** os gerados nessas atividades, excetuados os referidos resíduos sólidos urbanos;
- 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 Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS);

- h) Resíduos da construção civil:** os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras da construção civil incluída 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.

Quanto à periculosidade, a Lei 12.305 de 2010, classifica os resíduos em perigosos e não perigosos como:

- I. 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.
- II. Resíduos Sólidos Não Perigosos:** aqueles não enquadrados como resíduos sólidos perigosos.

Outra forma de classificar a periculosidade dos resíduos sólidos é a estabelecida pela NBR 10.004 (ABNT, 2004) que considera conforme apresentado a seguir:

- Resíduos Classe I – Perigosos: aqueles que, em função de suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas, podem apresentar risco à saúde pública e ao meio ambiente;
- Resíduos Classe II – Não Perigosos: aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I. São divididos em inertes e não inertes;

- Resíduo Classe II A – Não Inertes: aqueles que possuem propriedades tais como biodegradabilidade, combustibilidade e solubilidade em água;
- Resíduos Classe II B – Inertes: quaisquer resíduos que, quando amostrados de forma representativa, segundo ABNT-NBR 10.007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT 10.006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se por aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

Para uma melhor gestão dos resíduos sólidos urbanos (RSU) é importante a caracterização e quantificação dos mesmos, principalmente nas etapas de transporte, tratamento e disposição final. Partindo deste pressuposto os resíduos sólidos são caracterizados por suas características físicas (geração per capita, composição gravimétrica, peso específico aparente, teor de umidade e Compressividade), químicas (Poder calorífico, Potencial Hidrogeniônico (pH), Composição química, Relação carbono/nitrogênio - C: N) e biológicas (MONTEIRO, et al., 2001).

### **a) Características Físicas**

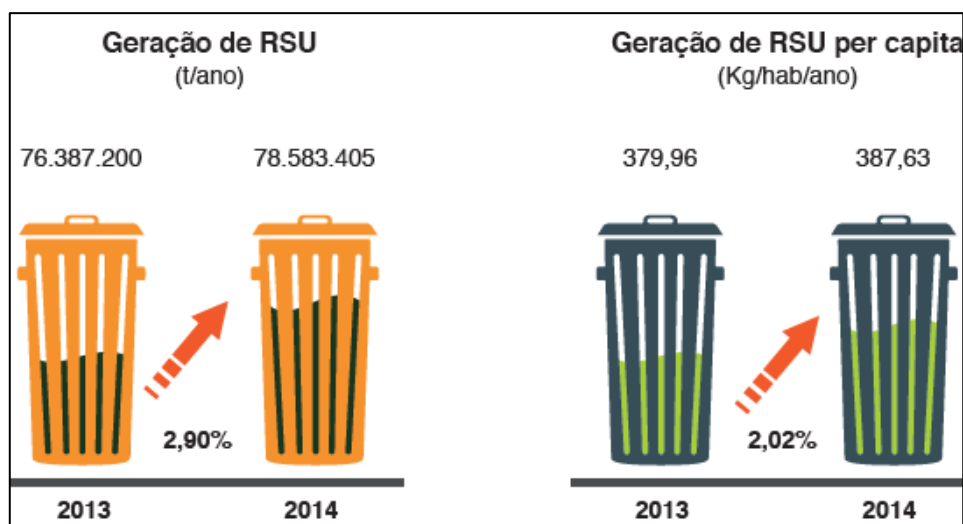
#### Geração *per capita*

Relaciona a quantidade de resíduos urbanos gerado diariamente e o número de habitantes de uma dada região, cuja unidade de medida adotada pode ser kg/hab/dia (MONTEIRO, et al., 2001). De acordo com Ornelas (2011) há vários métodos para estimar a geração *per capita* de resíduos, como a utilização de técnicas de pesagem de amostras, capacidades volumétricas de caminhões, número de viagens e dados demográficos.

Em 2014 a geração total de resíduos sólidos urbanos (RSU), foi de aproximadamente 78,6 milhões de toneladas, segundo dados apresentados pelo Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil (ABRELPE, 2014). Ainda destaca um aumento de 2,9% na geração total de resíduos sólidos urbanos, quando comparado ao ano de 2013, superando a taxa de crescimento populacional de 0,9% para este período. No tocante a geração *per capita* dos resíduos sólidos

urbanos, apresentaram um crescimento de 2,02% no ano de 2014. Tais dados podem ser melhor observados na Figura 1.

Figura 1 – Dados da geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil



Fonte: ABRELPE (2014).

Este mesmo estudo realizado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), também apresenta a variação da geração total e *per capita* dos resíduos sólidos urbanos nas regiões brasileiras, e faz comparativo com sua respectiva população. Sendo a geração total de resíduos dada em toneladas por dia. A geração *per capita* dos RSU apresenta um acréscimo em todas as regiões do país, conforme se pode observar na Tabela 1.

Tabela 1 – Geração de resíduos sólidos urbanos em cada região do Brasil

	Ano de 2013		População total	Ano de 2014	
	RSU Gerado (t/dia)	Índice (Kg/hab/dia)		RSU Gerado (t/dia)	Índice (Kg/hab/dia)
<b>Norte</b>	15.169	0,892	17.261.983	15.413	0,893
<b>Nordeste</b>	53.465	0,958	56.186.190	55.177	0,982
<b>Centro - Oeste</b>	16.636	1,110	15.219.608	16.948	1,114
<b>Sudeste</b>	102.088	1,209	85.115.623	105.431	1,239
<b>Sul</b>	21.922	0,761	29.016.114	22.328	0,770
<b>Brasil</b>	<b>209.280</b>	<b>1,041</b>	<b>202.799.518</b>	<b>215.297</b>	<b>1,062</b>

Fonte: Adaptado da ABRELPE (2014).

### Composição gravimétrica

A composição gravimétrica trata-se do percentual de cada componente em relação ao peso total da amostra de lixo analisada (MONTEIRO, et al., 2001).

É sabido que a composição dos resíduos varia bastante e sofre influência de diversos fatores, dentre eles: hábitos da sociedade, condições socioeconômicas, culturais, regional, fatores climáticos e outros. Na literatura é comum encontrar alguns componentes mais frequentemente utilizados na determinação da composição gravimétrica, que podem ser observados no Quadro 1.

Quadro 1 – Componentes comuns da composição gravimétrica

<b>Componentes</b>		
Matéria orgânica	Metal ferroso	Borracha
Papel	Metal não - ferroso	Couro
Papelão	Alumínio	Pano/trapos
Plástico rígido	Vidro claro	Ossos
Plástico maleável	Vidro escuro	Cerâmica
Pet	Madeira	Agregado fino

Fonte: Monteiro et al. (2001).

Alguns autores simplificam estes componentes, que consideram mais comuns como: matéria orgânica, papel, papelão, plástico, alumínio, vidro, material ferroso, madeira, borracha e têxteis (ORNELAS, 2011).

Por meio da composição gravimétrica, podem-se identificar quais as parcelas de resíduos recicláveis, matéria orgânica e o rejeito.

Cabe ressaltar que conhecer a composição gravimétrica, é de fundamental importância para os municípios, haja vista que conhecer a porcentagem média das frações de cada tipo de resíduo gerado, auxilia no “planejamento das ações voltadas ao gerenciamento integrado dos resíduos sólidos urbanos”, bem como na escolha de alternativas de tratamento e no seu dimensionamento (GUADAGNIN, et al., 2014).

### Peso específico aparente

Refere-se ao peso do lixo solto em função do volume ocupado livremente, sem qualquer compactação ( $\text{kg/m}^3$ ) (MONTEIRO, et al., 2001).

### Teor de umidade

Esta característica representa a quantidade de água presente no resíduo, medida em percentual do seu peso (MONTEIRO, et al., 2001).

### Compressividade

Representa o grau de compactação ou a redução do volume que uma massa de resíduo pode sofrer quando compactada, tendo grande importância para o dimensionamento de veículos coletores, estações de transferência com compactação e caçambas compactadoras estacionárias (MONTEIRO, et al., 2001).

## **b) Características Químicas**

No que se refere às características químicas dos resíduos sólidos as mais importantes são o poder calorífico, relação carbono/nitrogênio (C/N), potencial Hidrogeniônico (pH) e composição química. Esses parâmetros são fundamentais para a seleção e avaliação de métodos de tratamento do resíduo.

### Poder calorífico

O poder calorífico é um indicador da capacidade potencial de um dado material desprender determinada quantidade de calor quando submetido à queima, sendo fundamental para realizar o dimensionamento das instalações de todos os processos de tratamento térmico (MONTEIRO et al., 2001).

### Relação carbono/nitrogênio

Para Monteiro et al. (2001), outra variável importante é a relação carbono/nitrogênio (C/N), que indica o grau de decomposição da matéria orgânica do resíduo e normalmente está associada à compostagem de resíduos orgânicos. Em geral, essa relação C/N encontra-se na ordem de 35/1 a 20/1 e é fundamental para se estabelecer a qualidade do composto produzido.

### Potencial Hidrogeniônico - pH

O potencial Hidrogeniônico (pH) indica o teor de acidez ou alcalinidade dos resíduos, apresentando significativa importância por revelar o grau de corrosividade dos resíduos coletados, e serve para estabelecer o tipo de proteção contra corrosão a ser usado em veículos, equipamentos, contêineres e

caçambas metálicas. Em geral o pH adequado situa-se na faixa entre cinco e sete (CARMO JUNIOR, 2010).

### Composição química

A composição química por sua vez, é importante na escolha de um tratamento adequado para os resíduos coletados e consiste em determinar os teores de cinzas, matéria orgânica, carbono, nitrogênio, potássio, cálcio, fósforo, resíduo mineral total, resíduo mineral solúvel e gorduras (CARMO JUNIOR, 2010).

### **c) Características Biológicas**

Têm-se as características biológicas que ao lado das características químicas, permitem a seleção dos métodos de tratamento e disposição final mais adequado. Essas características biológicas são definidas pela população microbiana e pelos agentes patogênicos presentes no resíduo, sendo utilizadas no desenvolvimento de inibidores de cheiro e de retardadores/aceleradores da decomposição da matéria orgânica, e é normalmente aplicado no interior de veículos de coleta para evitar ou minimizar problemas com a população ao longo do percurso dos veículos (MONTEIRO et al., 2001).

#### 3.1.1 Gestão dos resíduos sólidos urbanos

Os processos de geração de resíduos sólidos oriundos das atividades humanas é algo contínuo e inevitável que acontece cotidianamente em diferentes quantidades e composições que dependem do tamanho e característica da população, bem como do desenvolvimento econômico da mesma (NOÉ, 2013).

De acordo com Silva (2011) o modo considerável com que a sociedade aumentou o grau de consumo de bens materiais nos últimos anos, tem levado a redução dos recursos naturais, contribuindo ainda com o aumento da quantidade de resíduos descartados, alterando e degradando as características do ambiente. Silva et al. (2012) afirmam que “os resíduos sólidos estão sendo produzidos pelos seres humanos numa proporção muito maior do que deveriam”, ou seja, se consome mais do que o necessário, acarretando a poluição do planeta.

Para dirimir os efeitos negativos, segundo CEMPRE (2010) a solução seria o gerenciamento integrado dos resíduos, compreendendo um conjunto de ações “normativas, operacionais, financeiras e de planejamento que uma administração municipal desenvolve, com a finalidade de coletar, segregar, tratar e dispor o lixo de forma adequada, baseados em critérios sanitários, ambientais e econômicos”.

As políticas de gestão de resíduos trazem diretrizes prioritárias como as de evitar ou, nos casos em que não houver a possibilidade, reduzir o nível de produção de resíduos, reutilizá-los ou, quando não for possível, reciclar, bem como utilizar a energia contida nos resíduos, ou ainda torná-los inertes, antes da disposição final (FERREIRA, 2009).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei Nº 12.305/2010, traz instrumentos importantes para permitir as melhorias necessárias ao nosso País no que diz respeito ao enfrentamento dos principais problemas ambientais e socioeconômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos (MMA, 2013).

Esta Lei anteriormente citada traz em seu artigo 6º como um dos seus princípios, a responsabilidade compartilhada dos governos, empresas e população, a qual incentiva realizar o retorno dos produtos às indústrias após o consumo e impõe ao poder público, a realização de um plano para gerenciamento dos resíduos sólidos gerados. Gerenciamento este que é definido pela PNRS como sendo:

O conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, transbordo, tratamento, destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com o plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

Desta forma, entende-se como a primeira etapa de um adequado gerenciamento a segregação na fonte geradora que consiste na operação de separar os resíduos por classe, uma vez que é de extrema importância para possibilitar um melhor gerenciamento dos resíduos nas etapas subsequentes, evitando a mistura de resíduos incompatíveis e reações químicas indesejadas, aumentando a possibilidade de reutilização, reciclagem, bem como da segurança no manuseio dos resíduos sólidos (MONTEIRO et al, 2001).

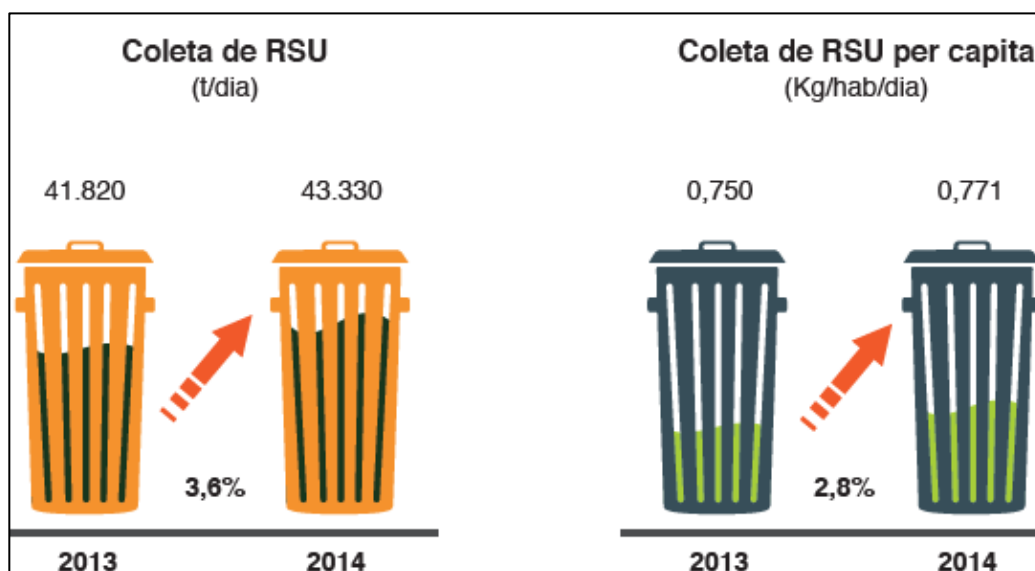


Ao se tratar do acondicionamento, entende-se com “ato ou efeito de embalar os resíduos sólidos para seu transporte”, sendo estes acondicionados em recipientes designados e apropriados, de acordo com a quantidade, as características e a possibilidade de reaproveitamento, destino para reciclagem ou outras formas de tratamento (ABNT, 1993; MONTEIRO et al., 2001).

O Armazenamento por sua vez, é entendido como sendo a contenção temporária dos resíduos em área adequada com uso específico para tal fim, de forma a não permitir alteração de sua classificação e de modo a minimizar os riscos de danos ambientais (ABNT, 1990; MONTEIRO et al., 2001).

No que se refere à coleta dos resíduos tem-se que esta etapa consiste no conjunto de atividades para remoção dos resíduos sólidos, devidamente acondicionados e ofertados, mediante o uso de veículos apropriados para tal (MONTEIRO et al., 2001). Segundo dados da ABRELPE (2014) o total de resíduos sólidos urbanos coletados na região Nordeste cresceu 3,6%, como pode ser visualizado na Figura 2.

Figura 2 – Dados de resíduos sólidos urbanos coletados na região Nordeste



Fonte: ABRELPE (2014).

A Tabela 2 a seguir, apresenta de forma mais detalhada a quantidade de resíduos sólidos urbanos coletado, nos 9 (nove) estados que compõem a região Nordeste.

Tabela 2 – Resíduos sólidos urbanos coletados na região Nordeste

<b>Estados</b>	<b>População 2014</b>	<b>RSU coletado por Hab.(kg/hab/dia)</b>	<b>RSU coletado (t/dia)</b>
Alagoas	3.321.730	0,750	2.490
Bahia	15.126.371	0,790	11.950
Ceará	8.842.791	0,858	7.588
Maranhão	6.850.884	0,625	4.284
Paraíba	3.943.885	0,758	2.989
Pernambuco	9.277.727	0,825	7.652
Piauí	3.194.718	0,660	2.110
Rio Grande do Norte	3.408.510	0,780	2.657
Sergipe	2.219.574	0,725	1.610

Fonte: Adaptado da ABRELPE (2014).

O transporte destes resíduos é a transferência física dos resíduos coletados até uma unidade de tratamento ou disposição final, mediante o uso de veículos apropriados (MONTEIRO et al., 2001).

De acordo com o disposto na PNRS a destinação final ambientalmente adequada dos resíduos:

Inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama), do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS) e do Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária (Suasa), entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos (BRASIL, 2010).

Dados apontam que uma parcela bastante significativa de municípios brasileiros adota como destinação final dos resíduos aterros sanitários, aterros controlados e lixões, conforme pode ser observado no Tabela 3.

Tabela 3 – Quantidade de municípios por tipo de destinação adotada

<b>Regiões</b>	<b>Ano de 2013</b>			<b>Ano de 2014</b>		
	<b>Destinação final</b>			<b>Destinação final</b>		
	Aterro Sanitário	Aterro Controlado	Lixão	Aterro Sanitário	Aterro Controlado	Lixão
Norte	92	111	247	93	112	245
Nordeste	453	504	837	455	505	834
Centro-Oeste	161	148	158	164	147	156
Sudeste	817	645	206	820	644	204
Sul	703	367	121	704	367	120
<b>Brasil</b>	<b>2.226</b>	<b>1.775</b>	<b>1.569</b>	<b>2.236</b>	<b>1.775</b>	<b>1.559</b>

Fonte: adaptado da ABRELPE (2014).

Em se tratando da disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a PNRS especifica como sendo a "distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou

riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos" (BRASIL, 2010).

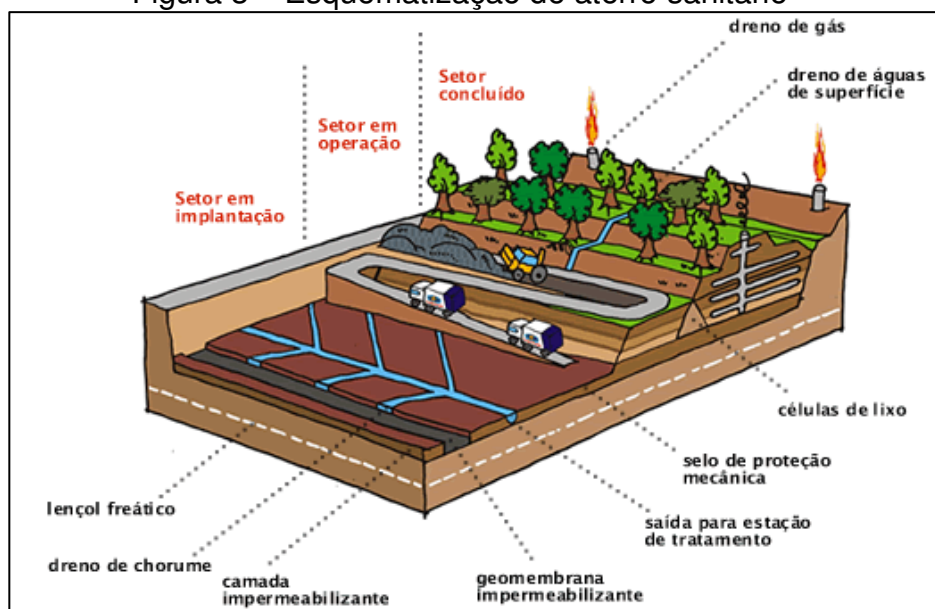
Depois de exauridas todas as possibilidades para tratamento de um determinado resíduo, o mesmo deve ser encaminhado para disposição final ambientalmente adequada, sendo, o aterro sanitário uma alternativa correta tendo em vista os aspectos ambientais, sanitários e sociais (BRASIL, 2010).

Os aterros sanitários são conceituados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da NBR nº 8419 de 1992 como sendo:

Uma 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 (ABNT, 1992).

Esta técnica de disposição final dos resíduos sólidos/rejeitos necessita contar com uma série de procedimentos estruturais e construtivos na concepção do projeto do aterro, como sistema de impermeabilização de base e laterais, sistema de recobrimento diário e cobertura final, sistema de coleta e drenagem de líquidos percolados, sistema de coleta e tratamentos dos gases, sistema de drenagem superficial, sistema de tratamento de líquidos percolados, bem como um sistema de monitoramento (FEAM, 2006). A Figura 3, mostra a esquematização de um aterro sanitário com todos os componentes que o compõe.

Figura 3 – Esquematização de aterro sanitário



Fonte: <http://www.ambiental.sc/saiba-mais/residuos/>.

Para minimizar tais efeitos, a alternativa é o gerenciamento integrado dos resíduos, que pode ser definido como o conjunto articulado de ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento que uma administração municipal desenvolve, com a finalidade de coletar, segregar, tratar e dispor o lixo de forma adequada, baseados em critérios sanitários, ambientais e econômicos (CEMPRE, 2010).

A implantação de um aterro sanitário se faz a partir de diversos fatores, e estes devem ser criteriosamente avaliados. A literatura destaca três métodos construtivos de aterro sanitário, quais sejam: Método da Trincheira, Método da Rampa e Método da Área, os quais devem ser escolhidos a partir da definição de critérios como topografia da área, tipo de solo, profundidade do lençol freático, quantidade de resíduo/rejeito a dispor, bem como a disponibilidade de equipamentos e recursos (SOUZA, 2015).

Este autor ainda destaca que o Método da Trincheira é a técnica mais utilizada para áreas planas ou pouco inclinada, em que o lençol freático esteja localizado a uma maior profundidade em relação à superfície.

No que se refere ao Método da Rampa, este é recomendado quando a área a ser aterrada é plana, seca e com um tipo de solo adequado para servir de cobertura, bem como em terrenos que apresentam topografia acidentada. A permeabilidade do solo e a profundidade do lençol freático confirmarão ou não o uso desta técnica (MONTEIRO et al, 2001; SOUZA, 2015).

Por sua vez, o Método da Área deve ser indicado para áreas baixas, em que dificilmente o solo local poderá vir a ser utilizado como cobertura, sendo necessário retirar o material de jazidas que, para economia de transporte, devem estar localizadas o mais próximo possível do local a ser aterrado (SOUZA, 2015).

Os estudos preliminares para implantação de aterros sanitários, segundo Castilhos Junior (2003), têm por objetivo a realização de um levantamento das informações imprescindíveis à escolha do tipo de sistema a ser implementado. Servindo, desta forma, de base para controlar e monitorar a operação do aterramento dos resíduos na área do aterro.

Tendo em vista a acelerada expansão da malha urbana, a quantidade de áreas adequadas ambiental e economicamente em disponibilidade para a implantação de aterros sanitários tem se tornado cada vez mais difícil, demandando uma abordagem técnica mais concisa (SOUZA, 2015)

Desta feita, entende-se que as decisões tomadas nesta fase refletirão em várias outras subsequentes, tanto do projeto quanto das etapas de implantação e operação.

A fase de seleção da área para implantação de um aterro sanitário é uma tarefa bastante complexa, pois deve envolver diversas áreas do conhecimento, estudos e levantamentos de dados, com intuito de atender um conjunto de condições técnicas, econômicas e ambientais, sendo, primeiramente realizada a seleção preliminar de áreas disponíveis para implantação (RECESA, 2008).

Para Monteiro et al (2001), a medida a ser seguida para a seleção da área de um aterro sanitário se dá a partir da definição dos seguintes passos:

- Seleção preliminar das áreas disponíveis no Município;
- Estabelecimento do conjunto de critérios de seleção;
- Definição de prioridades para o atendimento aos critérios estabelecidos;
- Análise crítica de cada uma das áreas levantadas frente aos critérios estabelecidos e priorizados, selecionando-se aquela que atenda à maior parte das restrições por meio de seus atributos naturais.

Desta forma, os aterros sanitários devem possuir uma vida útil mínima de 10 anos, além de um monitoramento adequado por alguns anos posterior ao seu encerramento, tendo em vista que os resíduos sólidos, ao serem submetidos ao processo de decomposição, liberam gases e líquidos (lixiviado) com alto potencial poluidor, exigindo, portanto, atenção especial no tocante à impermeabilização e implantação de sistemas de drenagem, de modo a evitar a poluição/contaminação de corpos hídricos, do solo e do ar (SOUZA, 2015).

### **3.2 Geoprocessamento**

Os estudos referentes ao Geoprocessamento ganharam notoriedade como disciplina do conhecimento humano a partir da metade do século XX, o qual se caracteriza pelo emprego de métodos matemáticos e computacionais, cuja finalidade é a manipulação de informações geográficas, de modo a inter-relacionar dados de atributos e espaciais, suscitando novas informações, até então, não conhecidas, as quais são extremamente relevantes nos processos que estabeleçam agilidade na tomada de decisões (CAMPOS, 2010). Ainda segundo o autor, houve, nos últimos anos, um amplo progresso e diversificação

nos instrumentos que compõem o pacote de recursos empregados nesta área do conhecimento como *hardwares*, *softwares*, satélites, entre outros.

Moura (2005) define geoprocessamento como sendo um "procedimento de processamento de dados georeferenciados que engloba o processamento digital de imagens, a cartografia digital e os sistemas informativos geográficos".

Por sua vez, Fitz (2008) interpreta como sendo uma ou um conjunto de tecnologias, que permita à manipulação, a análise, a simulação de modelagens e a visualização de dados georreferenciados, de forma que a junção dessas técnicas permita integrar informações contidas em um banco de dados e, por conseguinte, a sua manipulação.

Para Lacerda (2010) na aplicação do Geoprocessamento, faz uso de distintas técnicas, "cuja escolha dependerá do tipo do uso e da manipulação dos dados coletados", dentre as técnicas, podem destacar: o Sistema de Informações Geográficas - SIG (*Geographic Information System - GIS*) e o Sensoriamento Remoto. Também não se pode esquecer do Sistema de Posicionamento Global-GPS (*Global Positioning System*), ferramenta bastante difundida na atualidade.

Os Sistemas de informações geográficas (SIG) tratam-se de sistemas de informações dedicados a trabalhar com dados referenciados e coordenadas espaciais (PIROLI, 2010). Por sua vez, segundo Melo, Menezes e Sampaio (2006) são definidos como:

O SIG pode ser considerado como a combinação de *hardware*, *software*, dados, metodologias e recursos humanos envolvidos que operam de forma coerente para analisar e produzir novas informações geográficas. Parte dos recursos humanos é formada pelos usuários do SIG; em geral, são especialistas que coletam, manuseiam, armazenam, recuperam, examinam e geram novas informações georreferenciadas em um ambiente computacional para solucionar problemas de planejamento e gerenciamento espacial.

Piroli (2010) destaca que os SIGs podem ser aplicados "em todas as áreas que possam ter suas informações mapeadas", são exemplos de aplicações:

- Determinação de áreas economicamente mais propícias a uma cultura agrícola;
- Determinação de áreas com risco à erosão;
- Geração de mapas de acidentes de trânsito ocorridos em determinados períodos, em determinada região;
- Delimitação de áreas de proteção e preservação;
- Previsão de safras agrícolas;
- Estudo de capacidade de uso das terras;

- Planejamento do escoamento da produção;
- Cadastros de espécies vegetais e animais;
- Escolha da melhor área para implantação de escolas, hospitais, creches, comércios, indústrias, represas...;
- Zoneamentos ambientais, econômicos, sociais...;
- Monitoramento ambiental;
- Modelagens de expansão de atividades ou ocupações.

As ferramentas de SIGs destacam-se pelo fato de ser bastante utilizada como auxílio a tomada de decisões nas mais diversas áreas do conhecimento em três níveis principais, quais sejam: operacional, gerencial e estratégico, conforme pode ser observado no Quadro 2.

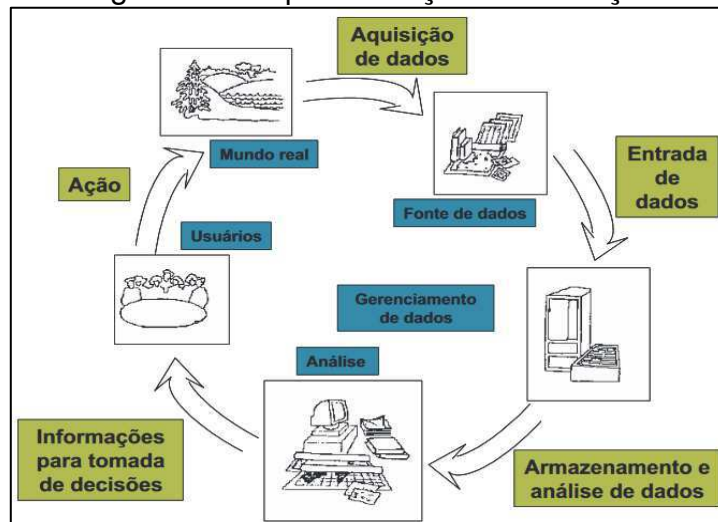
Quadro 2 – Aplicação de ferramentas SIG em áreas do conhecimento

<b>Campo/área de aplicabilidade</b>	<b>Descrição</b>
Operacional	Melhoria da produtividade, redução ou supressão dos custos e benfeitoria na execução das tarefas.
Gerencial	Planejamento, gerenciamento e alocação de recursos, sendo este mais utilizado pela gestão administrativa empresarial.
Estratégico	Emprego de novas técnicas, proporcionando o aumento da receita e maior visibilidade junto aos clientes.

Fonte: Adaptado de Rose (2001).

Diversas são as ferramentas que auxiliam a tomada de decisão no que concerne, por exemplo, a seleção de áreas para a implantação de aterros sanitários, onde se destaca a utilização de SIGs, este que é composto pela integração entre *hardwares* e *softwares*, aliados a procedimentos e mão de obra especializada (RIBEIRO, 2011; AUGUSTO FILHO, 2013). A Figura 4 representa esquematicamente a utilização do SIG como suporte na tomada de decisão.

Figura 4 – Esquemática da utilização do SIG



Fonte: Hamada e Gonçalves (2007).

Os SIGs fornecem ferramentas computacionais para análise e integração das informações referente a um problema específico, cuja finalidade é a obtenção de soluções céleres e precisas para estes problemas relacionados ao comportamento espacial dos dados (FRIGO et al., 2013).

De acordo com Augusto Filho (2013), mais que programas computacionais para confecção de mapas, os SIGs constituem poderosas ferramentas para o gerenciamento e análise de informações de qualquer natureza que sejam dependentes de sua localização (informação espacial ou geográfica).

A estrutura de representação dos componentes espaciais associados às informações geográficas: não geométricas (nome, população, e atividade econômica) e geométricas (Matricial/Raster e Vetorial) (LISBOA FILHO, 1995; PIROLI, 2010). A estrutura Matricial/Raster é composta por uma “malha com linhas verticais e horizontais espaçadas regularmente” e com dimensões iguais, que definem células, denominadas pixels, cujo pixel apresenta um valor referente ao atributo (PIROLI, 2010; OLIVEIRA NETO, 2011).

Na estrutura vetorial baseia-se em elementos geométricos como, pontos linhas e polígonos os quais estão posicionados em sistemas de coordenadas bi ou tridimensionais (PIROLI, 2010).

O Sensoriamento Remoto, por sua vez, é a tecnologia que utiliza sensores para captar e registrar a energia refletida ou emitida pela superfície terrestre, tornando possível a obtenção de imagens e outros tipos de dados, na



superfície da Terra (FITZ, 2008; FLORENZANO, 2002). A terminologia Sensoriamento Remoto possui significados próprios, e Florenzano (2011) os define como:

O termo sensoriamento refere-se à obtenção de dados por meio de sensores instalados em plataformas terrestres, aéreas (balões e aeronaves) e orbitais (satélites artificiais). O termo remoto, que significa distante, é utilizado porque a obtenção é feita à distância, ou seja, sem o contato físico entre sensor e objetos na superfície terrestre.

Segundo Piroli (2010) o Sensoriamento Remoto pode ser dividido em dois tipos, Orbital e Sub-orbital. No primeiro as informações são coletas em determinados intervalos de tempo e espaço, por meio de sensores em órbitas ao redor da Terra, a exemplo das imagens de satélite. O segundo refere-se à obtenção de informações por meio de equipamentos aerotransportados, utilizados para o deslocamento aviões, balões, ou veículos aéreos não tripulados. Um exemplo de informação obtida pelo sensoriamento remoto sub-orbital são as fotografias aéreas (PIROLI, 2010).

No que concerne ao Sistema de Posicionamento Global-GPS (*Global Positioning System*) ou NAVSTAR-GPS (*Navigation Satellite with Time And Ranging*), trata-se de um sistema de radionavegação que foi desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América (CARVALHO e ARAÚJO, 2009).

O GPS é composto por três segmentos principais: espacial, controle e o usuário. O segmento espacial é formado por 24 satélites artificiais que emitem sinais eletromagnéticos, distribuídos em 6 planos orbitais e mais 3 satélites de reserva. (SEBEM e MONGUILHOTT, 2010). No tocante ao segmento de controle, trata-se de estações terrestres responsáveis pelo “monitoramento e controle contínuo dos satélites, determinação do tempo GPS, além de prever as efemérides dos satélites, calcular as correções dos respectivos relógios e atualizar sistematicamente as mensagens de navegação de cada satélite” (ALBUQUERQUE e SANTOS, 2003). Já o segmento dos usuários “está associado às aplicações do sistema”, referente “a tudo que se relacionado à comunidade usuária, os diversos tipos de receptores e os métodos de posicionamento por eles utilizados” (ALBUQUERQUE e SANTOS, 2003).

Atualmente, a utilização de *softwares*, especialmente os *softwares* gratuitos ou livres/*softwares* de código aberto têm se tornado importante

ferramenta no estudo do geoprocessamento e na confecção de mapas e produtos cartográficos.

Os *softwares* livres/*softwares* de código aberto (*Open Source*) referem-se a *software*/programa que permite ao usuário liberdade de executar o programa para qualquer finalidade, distribuir cópias, estudar o funcionamento do programa e adaptá-lo a suas necessidades, aperfeiçoar o programa e liberar os seus aperfeiçoamentos, de acordo com Licença Pública Geral (*General Public Licence* – GPL/GNU) (TRINDADE, 2012). Enquanto que, o gratuito trata do *software*/programa que o usuário pode utilizar dele sem pagar, mas não fazer alterações, já que não terá acesso ao código fonte.

Dentre vários *softwares* livres/*softwares* de código aberto pode-se exemplificar o *Qgis* como importante ferramenta no estudo do geoprocessamento e na confecção de mapas e produtos cartográficos.

A primeira versão do programa foi lançada em junho de 2002, mas o projeto teve início em fevereiro do mesmo ano, com o nome de *Quantum GIS* (abreviação *QG/S*), cuja finalidade era criar um visualizador gratuito para a base de dados geográfica Post GIS que funcionasse em sistemas operacionais livres (*GNU/Linux*)<sup>1</sup>.

A partir do lançamento da versão do programa 2.0 em setembro de 2013, foi oficialmente denominado *QGIS*. A mudança não aconteceu apenas no nome, mas em todo o programa, sendo aplicado em multi plataforma que funciona em todas as principais versões do *Unix*, *GNU/Linux*, *Mac OsX* e *MS Windows*. Além de possuir inúmeras ferramentas para manipulação de dados e suportar diversas bases de dados nos formatos vetoriais e raster<sup>1</sup>.

A versão mais atual do *software* é a versão *QGIS 2.18 Las Palmas* que recebeu este nome em homenagem ao 14º Encontro de Desenvolvedores do *QGIS*, realizado na Universidade de *Las Palmas*, Espanha. Este *software* possui uma interface amigável e permitiu a interação com diversos bancos de dados geoespaciais, como: *PostGIS*, *SpatiaLite*, *ORACLE Spatial*, *POSTGRESQL*, entre outros. Atualmente, o *QGIS* está disponível em *Windows*, *MacOS X*, *Linux* e *Android*.

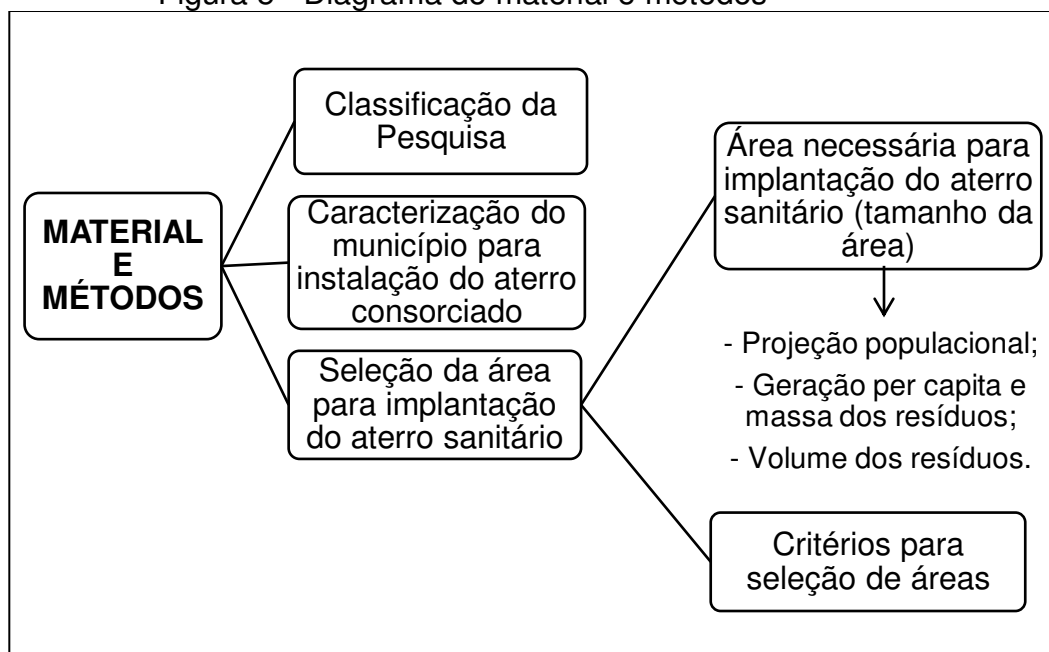
---

<sup>1</sup> Fonte: <http://andersonmedeiros.com/coisas-que-voce-precisa-saber-sobre-qgis/>

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

Para melhor compreensão do material e métodos, este foi dividido em etapas, conforme pode ser observado na Figura 5.

Figura 5 - Diagrama do material e métodos



Fonte: Elaboração própria.

### 4.1 Classificação da Pesquisa

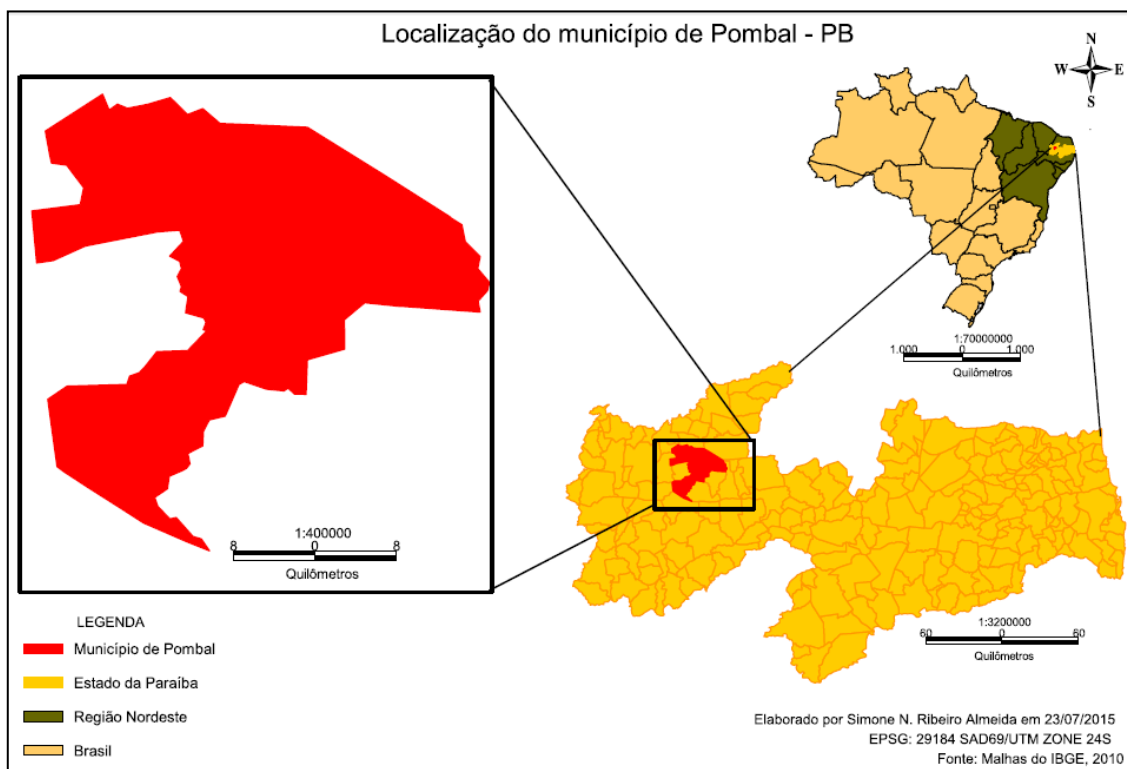
A pesquisa apresenta um caráter descritivo e exploratório, haja vista que envolve levantamentos bibliográficos e documentais, conforme classificação de Gil (2010).

No tocante a abordagem da pesquisa, teve caráter quanti-qualitativo, visto que, considera o objeto das ciências sociais como um processo complexo, contraditório, inacabado e em constante transformação. O procedimento técnico utilizado é do tipo estudo de caso.

### 4.2 Caracterização do município para instalação do aterro

O município de Pombal - PB está situado na região Nordeste do Brasil, na mesorregião do sertão e microrregião de Sousa, no estado da Paraíba (CPRM, 2005), distanciada cerca de 370 km da capital João Pessoa (Figura 6). Possui uma extensão territorial de 888,807 km<sup>2</sup>, encontra-se a 184 metros, e com coordenadas geográficas de 06° 46' 08" S e 37° 47' 45" W (IBGE, 2010; CPRM, 2005).

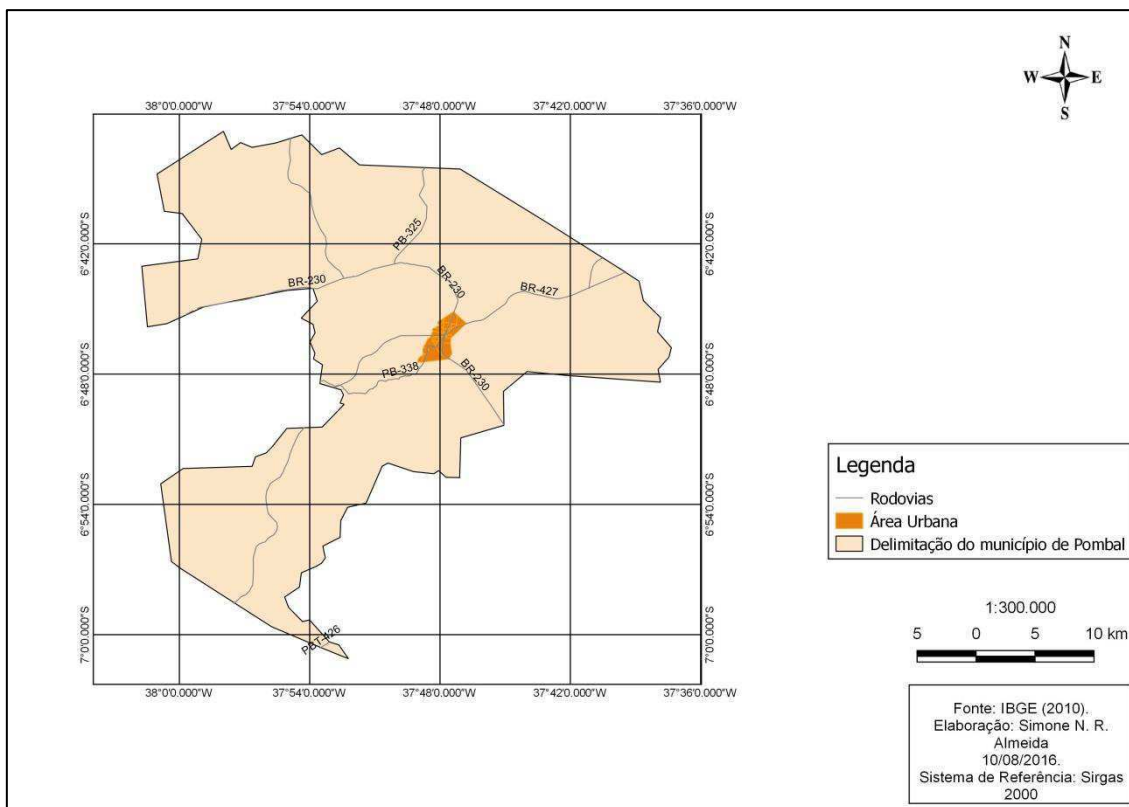
Figura 6 – Mapa de localização da área de estudo



Fonte: Elaboração própria (2015).

O município de Pombal-PB é cortado pelas rodovias Federais BR-230, BR-427 (Figura 7) e pela PB 325.

Figura 7 – Mapa das rodovias que cruzam o município de Pombal



Fonte: Elaboração própria.

E circunscreve ao norte com os municípios de Santa Cruz, Lagoa e Paulista, leste com Condado, sul com São Bento, Cajazeiras, Coremas, e São José da Lagoa Tapada, oeste, com Aparecida e São Francisco (CPRM, 2005). Faz parte do bioma caatinga, cuja sua vegetação é basicamente composta por Caatinga Hiperxerófila com trechos de floresta Caducifólia.

O relevo do município apresenta-se de quatro formas distintas e cada um deles apresenta um tipo de solo: Patamares compridos e baixas vertentes do relevo suave ondulado (solo do tipo Planossolos), Topos e altas vertentes (Brunos não cálcicos), Topos e altas vertentes do relevo ondulado (solo do tipo Podzólicos drenados), e Elevações residuais (Litólicos) (CPRM, 2005).

Como mencionado anteriormente, para cada forma de relevo tem-se um tipo de solo, e estes possuem características bem particulares, conforme pode ser observado no Quadro 3 a seguir.

Quadro 3 – Características de cada tipo de solo do município de Pombal - PB

<b>Tipos de Solo</b>	<b>Características</b>
Planossolos	Mal drenados, fertilidade natural média e problemas de sais
Brunos não cálcicos	Rasos e fertilidade natural alta
Podzólicos drenados	Fertilidade natural média
Litólicos	Pedregosos e fertilidade natural média

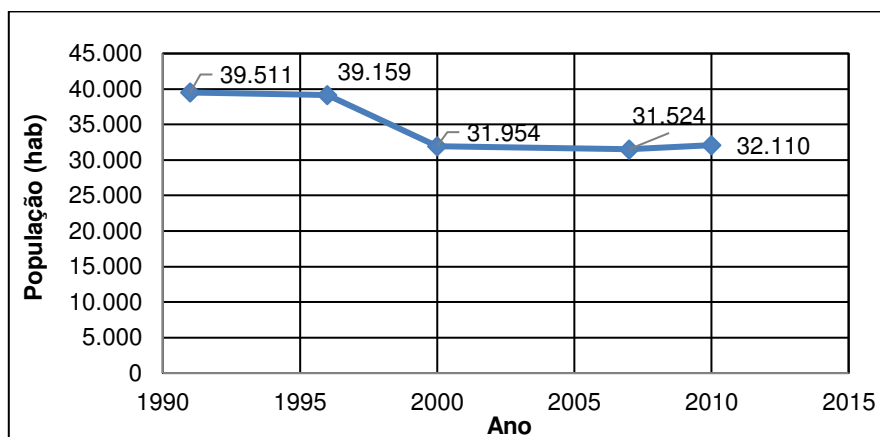
Fonte: Adaptado de CPRM (2005).

Com relação à geologia apresenta Suíte Calcicalcina de Médio a Alto Potássio Itaporanga (cm), composta por granito e granodioritoporfirítico associado à diorito 588 MaU-Pb (CPRM, 2005). Já a geomorfologia classifica-se como Depressões sertanejas com formas tabulares (PERH, 2002).

Cabe ressaltar que o município é banhado por dois rios principais: o rio Piancó, que pertence a Sub-bacia/ região hidrográfica do rio Piancó, e o rio Piranhas inserido nas regiões hidrográficas. Alto Curso do rio Piranhas e Médio Curso do rio Piranhas. Sendo inserido, em âmbito nacional, na Bacia Hidrográfica Piancó - Piranhas - Açu. Além disso, há a presença de aquíferos no município e segundo a CPRM (2005) existem 100 pontos de água subterrânea, sendo um indefinido, três fontes naturais, oito poços amazonas, 35 poços escavados e 53 poços tubulares.

Sua população estimada em 2010 era de 32.110 habitantes e densidade demográfica de 36,13 habitantes/km<sup>2</sup>, com maior concentração populacional na zona urbana (IBGE, 2010). Ainda segundo dados demográficos do IBGE, nos períodos compreendidos entre 1991 a 2010, demonstra a situação populacional do município, como observado no Gráfico 1.

Gráfico 1 – População de Pombal-PB entre 1991 a 2010



Fonte: Adaptado de IBGE (2010).

No que tange os serviços de saneamento básico, a cidade de Pombal - PB dispõe de sistema de abastecimento de água, sistema de esgotamento sanitário, em fase de implantação, além de sistema de drenagem de águas pluviais e o serviço de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos.

Estima-se que 100% da população urbana do município é atendida pelo serviço de coleta regular, mas, todos os resíduos coletados são dispostos no lixão, o qual localiza-se na saída para o município de Sousa-PB, nas proximidades da BR 230. Com o crescimento da urbanização o lixão encontra-se cada vez mais próximo de núcleos populacionais (distância inferior a 1.000 metros) e os resíduos mais próximos da BR 230.

Para tanto, o município tem proposição de construir um aterro sanitário consorciado por meio de consórcio intermunicipal para disposição conjunta dos rejeitos de forma ambientalmente adequada. Para tal, pode-se tomar por base a divisão proposta pelo Plano Estadual de Resíduos Sólidos da Paraíba - PERS-PB (2014), em região geoadministrativa, sendo composto por 9 municípios.

O PERS-PB (2014), traz dados acerca da produção diária dos resíduos domiciliares e os resíduos de limpeza pública (Quadro 4) para todos os municípios do estado, também traz a seleção dos municípios que compõem a região geoadministrativa de Pombal.

Quadro 4 – Geração de resíduos sólidos domiciliares e resíduos de limpeza pública para os municípios da região geoadministrativa de Pombal

Municípios	População (hab) 2014	Resíduos sólidos domiciliares		Resíduos de limpeza pública	
		Geração Per capita (kg/hab.dia)	Produção (kg/dia)	Geração Per capita (kg/hab.dia)	Produção (kg/dia)
Aparecida	8.531	0,58	4.948	0,087	742
Cajazeirinhas	3.110	0,58	1.804	0,087	271
Condado	6.620	0,58	3.840	0,087	576
Lagoa	4.775	0,58	2.770	0,087	415
Paulista	12.004	0,58	6.962	0,087	1.044
Pombal	32.173	0,41	13.191	0,062	1.979
São Bentinho	4.380	0,58	2.541	0,087	381
São Domingos	3.012	0,58	1.747	0,087	262
Vista Serrana	3.682	0,58	2.135	0,087	320

Fonte: Adaptado de PERS-PB (2014).

### 4.3 Seleção da área para implantação do aterro sanitário

Na seleção de áreas para instalação de aterro sanitário se faz necessário o estudo e o levantamento de distintos dados, dentre os quais dados de previsão populacional, a geração *per capita*, a área necessária para implantação do aterro, além de estudos ambientais.

#### 4.3.1 Projeção populacional e geração *per capita*

Para a previsão populacional foi utilizado o método Geométrico, o qual considera que o crescimento populacional obedece uma relação matemática do tipo geométrica. Desta forma, para a estimativa da população num ano “n” qualquer, é necessário conhecer a taxa de crescimento geométrico ( $g$ ) da população entre dois pontos conhecidos  $P_0(t_0)$ ,  $P_1(t_1)$ . Para estimar a taxa de crescimento e a população para cada um dos municípios consorciados, utilizou-se as equações 1 e 2.

$$g = \left( \sqrt[\Delta t]{\frac{P_1}{P_0}} \right) - 1 \quad (1)$$

$$P_n = P_1 \times (1 + g)^{\Delta t} \quad (2)$$



Em que:

$g$  = taxa de crescimento geométrico;

$\Delta t$  = variação do tempo;

$P_n$  = população no ano “n”;

$P_0$  = população no ano  $t_0$  (ano anterior);

$P_1$  = população no ano  $t_1$  (ano atual).

A previsão populacional foi para 20 (vinte) anos o que corresponde ao tempo previsto para vida útil do aterro, esta foi projetada a partir do método do Geométrico, tomando por base as estimativas do IBGE para os anos de 2013, 2014 e 2015.

#### 4.3.2 Geração per capita e massa dos resíduos

Na seleção de áreas para implantação de aterro sanitário, é necessário a obtenção de alguns dados como a geração de resíduos e o volume do aterro. A metodologia para estimar tais parâmetros foi baseada em RECESA (2008), Monteiro et al (2001) e Noé (2013).

A estimativa da quantidade de resíduos gerada durante o período determinado foi baseada no crescimento populacional, na geração per capita e no índice de coleta de resíduos sólidos. Sendo a geração per capita baseada em Monteiro et al. (2001), adotada em 0,5 kg/hab.dia para municípios com até 30 mil habitantes e a interpolação da faixa de 0,5 a 0,8 kg/hab.dia para municípios entre 30 mil e 500 mil habitantes. O Quadro 5 mostra a faixa de variação da geração per capita referente ao tamanho da população.

Quadro 5 – Faixa de variação da geração *per capita*

<b>Tamanho da cidade</b>	<b>População urbana (hab)</b>	<b>Geração <i>per capita</i> (kg/hab/d)</b>
Pequena	Até 30 mil	0,50
Média	De 30 mil a 500 mil	De 0,50 a 0,80
Grande	De 500 mil a 5 milhões	De 0,80 a 1,00
Megalópole	Acima de 5 milhões	Acima de 1,00

Fonte: Monteiro et al. (2001).

Desta forma, considerou-se a previsão populacional e a geração per capita para os vinte anos (tempo previsto para vida útil do aterro), considerando 80% para o índice da cobertura da coleta dos resíduos do município de Pombal-

PB, adaptada da metodologia de Noé (2013), a qual utilizou 80,2%, sendo, desta forma, adotado o índice de 80% para os seis primeiros anos e de 100% para os demais anos do horizonte do projeto. Segundo a autora a adoção do índice de 80,2% remete ao fato do município de Pombal-PB promover coleta apenas na zona urbana, sendo mantida para os demais municípios consorciados, tendo em vista que também não realizam coleta regular de resíduos na zona rural.

Cabe ressaltar que no município de Pombal os resíduos sólidos provenientes dos serviços de saúde são coletados e dispostos por uma empresa especializada e não se misturam com os demais, conforme informou a prefeitura, o mesmo foi considerado para os demais municípios.

A estimativa da massa de resíduo foi baseada em Monteiro et. al (2001) e RECESA (2008), por meio da equação 5.

$$M_r = P \times G_p \times c \quad (5)$$

Em que:

$M_r$ = massa de resíduos (kg/d);

$P$ = população do município (hab);

$G_p$  = geração per capita (kg/hab.d);

$C$ = cobertura da coleta (%).

#### 4.3.3 Volume dos resíduos e área necessária para implantação do aterro sanitário

Para estimar o volume de resíduos, deve-se conhecer o peso específico de compactação. Sendo adotado o grau de compactação ou redução da massa do resíduo/rejeito de 800 kg/m<sup>3</sup>, haja vista que se considera que haverá compactação mecânica dos resíduos. De posse destes dados, foi estimado o volume de resíduo produzido diariamente e anualmente, o volume acumulado para o período previsto e o volume total (volume total dos resíduos compactados) (RECESA, 2008), que equivale ao volume acumulado acrescido de 20% (material de cobertura das células).

Com relação a área do confinamento dos resíduos, somou-se o volume acumulado total para os vinte anos de cada município, e dividiu pela altura média padrão das células do aterro sanitário, adotada em 3 metros, como estimado por Monteiro et al. (2001).

No tocante a estimativa do tamanho da área para implantação do aterro, considerou-se a área de confinamento dos resíduos, acrescido de 30%, que corresponde à área de infraestrutura ou operacional do aterro, conforme Marques (2011).

#### 4.3.4 Critérios para seleção de áreas aptas a implantação de aterro sanitário

A definição de áreas com potencial para implantação do aterro sanitário foi realizada por meio de levantamento de referências bibliográficas relacionadas ao tema e ferramentas de geoprocessamento.

##### **a) Geoprocessamento**

O geoprocessamento foi utilizado na construção de mapas temáticos como recurso principal na busca de uma área propensa à implantação do aterro. Para tal finalidade buscou-se dados junto à Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA), Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), e GeoPortal do Exército Brasileiro. Os dados levantados foram nos formatos vetoriais e raster, e correspondem, respectivamente a:

- Curvas de nível;
- Delimitação do município;
- Solo;
- Hidrografia;
- Mancha urbana;
- Uso e ocupação do solo;
- Rodovias; e
- Vegetação.

Posteriormente, estes dados foram processados e compilados por meio de procedimentos de vetorização e de definição de áreas de influência (*buffer*), além de conversão *raster/vetor*, no qual se fez uso do software livre de geoprocessamento QGIS 2.18 *Palmas*. Para padronizar os dados numa mesma projeção, foi adotado o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas 2000 (SIRGAS 2000).

## b) Critérios para seleção de áreas

Foram selecionadas três áreas preestabelecidas, escolhidas aleatoriamente em extremidades distintas, observando as saídas do município. E avaliadas quanto aos critérios técnicos, legais, ambientais e socioeconômicos tomando por base Monteiro et al. (2001), RECESA (2008) e NBR nº 13.896/1997, a fim de selecionar a área mais apta à implantação do aterro sanitário, conforme descrito no Quadro 6.

Quadro 6 – Restrições para seleção de áreas

<b>Critérios</b>	<b>Restrição</b>
Proximidade a cursos d'água relevantes	A NBR 13.896 (ABNT, 1997) estabelece uma distância mínima de 200 m dos aterros sanitários a qualquer coleção hídrica ou curso d'água tais como, rios, lagos, lagoas e oceano. Também não poderão estar a menos de 50 metros de qualquer corpo d'água, inclusive valas de drenagem que pertençam ao sistema de drenagem (MONTEIRO et al. 2001).
Distância de vias	RECESA (2008) recomenda distância mínima de 100 m dos aterros sanitários às vias.
Proximidade a núcleos residenciais urbanos	A NBR 13.896 (ABNT, 1997) estabelece que os aterros sanitários devem se localizarem a uma distância superior a 500 m dos núcleos residenciais.
Vida útil mínima	A NBR 13.896 (ABNT, 1997) recomenda uma vida útil mínima de 10 anos para os aterros sanitários.
Permeabilidade natural do solo	Monteiro et al. (2001) recomenda que o solo da área selecionada para instalação de aterro sanitário deve ter características argilosas jamais deverão ser arenosas.
Uso do solo	Monteiro et al. (2001) sugere que as áreas para instalação de aterro sanitário devem ter uso rural ou industrial e está fora de Unidades de Conservação Ambiental.
Declividade	A NBR 13.896 (ABNT, 1997) recomenda locais com declividade superior a 1% e inferior a 30% para instalação de aterro sanitário.
Custo de investimento em construção e infraestrutura	Monteiro et al. (2001) propõe que a área escolhida disponha de infraestrutura completa (abastecimento de água, coleta e tratamento de esgotos, drenagem de águas pluviais, distribuição de energia elétrica e telefonia).
Custo com manutenção do sistema de drenagem	Monteiro et al. (2001) recomenda que a" escolhida deve ter um relevo suave", para reduzir a erosão do solo e "reduzir os gastos com a limpeza e manutenção dos componentes do sistema de drenagem".
Distância de núcleos urbanos de baixa renda	Monteiro et al. (2001) recomenda que distancia destes núcleos, para evitar que algumas pessoas busquem a catação do lixo como forma de sobrevivência, e acabar gerando para as prefeituras responsabilidades sociais e políticas. Mas se área estiver próximos, deve-se criar mecanismos para à formação de cooperativas de catadores, podendo trabalhar em instalações de reciclagem no aterro/ruas da cidade.
Legislação Municipal	Sugere-se a análise da legislação municipal (Lei de Uso e Ocupação do Solo, Código Ambiental, Plano Diretor) no que define ações a serem obedecidas quanto à destinação final de resíduos e o uso do solo.

Fonte: Adaptado de Monteiro et al. (2001); PROSAB (2003); RECESA (2008); ABNT (1997); Silva (2011).

Para analisar e escolher a área mais apta para instalação do aterro sanitário foi considerado o grau de prioridades dos critérios estabelecidos, além de considerar sua relevância, embasado em Monteiro et al. (2001). Por sua vez, o atendimento aos critérios selecionados e a prioridade se deu por meio da ponderação de pesos/notas atribuídos a estes, conforme apresentado no Quadro 7.

Quadro 7 – Hierarquização, Pesos e tipo de atendimento aos critérios selecionados

<b>Crítérios</b>	<b>Prioridade</b>	<b>Peso</b>	<b>Peso (%)</b>	<b>Tipo de atendimento</b>
Atendimento ao Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras (SLAP) e à legislação ambiental em vigor	1	10	100	Total (T)
Atendimento aos condicionantes político-sociais	2	6		
Atendimento aos principais condicionantes econômicos	3	4	50%	Parcial (P)
Atendimento aos principais condicionantes técnicos	4	3		
Atendimento aos demais condicionantes econômicos	5	2	0%	Não atende (NA)
Atendimento aos demais condicionantes técnicos	6	1		

Fonte: Adaptado de Monteiro et al. (2001).

Cada área selecionada foi avaliada individualmente por meio dos critérios supracitados verificando se atendem "totalmente", "parcialmente" ou "não atende" aos critérios escolhidos. Para tanto, a área selecionada deverá atender ao maior número de critérios e considerar os critérios de maior prioridade.

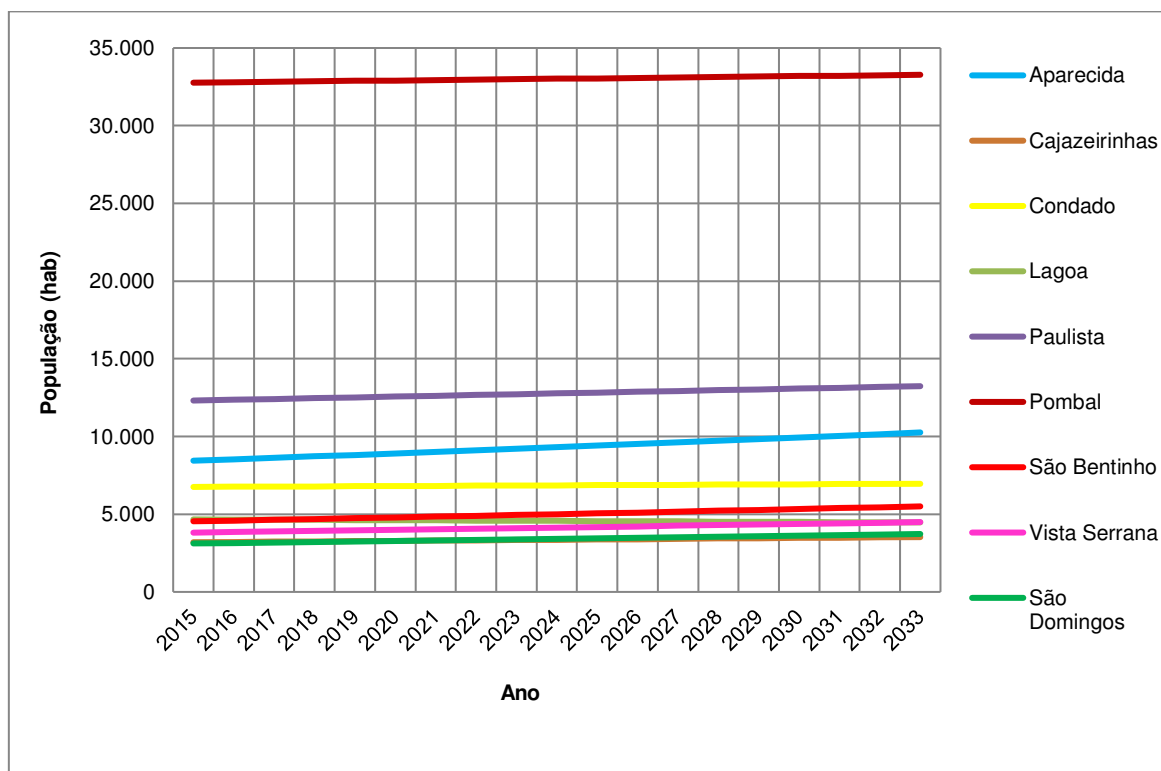
## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Estimativa do tamanho da área para implantação do aterro sanitário

Para dimensionar a área necessária para implantação do aterro sanitário fez-se necessário pesquisar e estimar alguns dados, como: projeção populacional; volume acumulado; volume total; área do confinamento dos resíduos; material de cobertura; altura média de cada célula e infraestrutura do aterro.

A partir do levantamento da estimativa de crescimento populacional nos anos de 2013, 2014 e 2015 realizadas pelo IBGE, pode-se estimar a população dos 9 municípios que fazem parte da região geoadministrativa de Pombal, referente ao horizonte de planejamento do aterro sanitário (2016 - 2035), conforme pode ser observado no Gráfico 2 e detalhadamente no APÊNDICE A.

Gráfico 2 – Projeção populacional dos municípios consorciados para o horizonte de planejamento do aterro



Fonte: Elaboração própria.

Por meio da estimativa de crescimento populacional foi possível avaliar um indicativo da geração de resíduos sólidos em cada um dos 9 municípios que compõem a região geoadministrativa de Pombal.

A geração total de resíduos em 20 anos corresponderá a 743,60 toneladas para os 9 municípios consorciados. Na Tabela 4 é possível observar a quantidade de resíduos produzidos para o horizonte de planejamento do aterro sanitário.

Tabela 4 – Geração de resíduos para o período de 20 anos

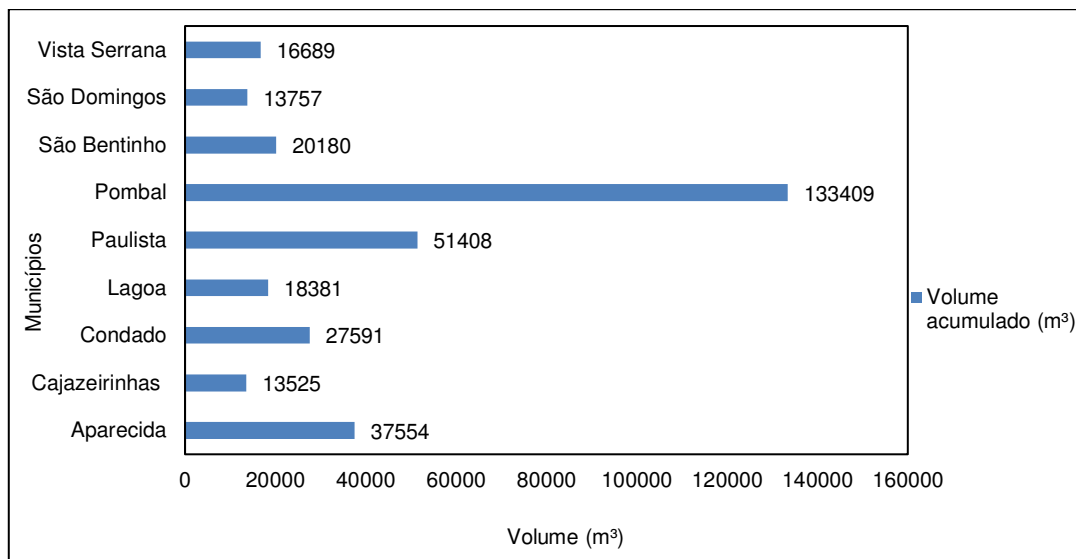
<b>Municípios</b>	<b>Geração (ton.)</b>
Aparecida	83,99
Cajazeirinhas	30,25
Condado	61,71
Lagoa	41,11
Paulista	114,97
Pombal	298,36
São Bentinho	45,13
São Domingos	30,77
Vista Serrana	37,32
<b>TOTAL</b>	<b>743,60</b>

Fonte: Elaboração própria.

Cabe ressaltar que tal geração considera todo o resíduo gerado nos municípios sem nenhum programa de intervenção, como reciclagem e/ou compostagem.

Os 9 municípios juntos, para o período de 20 anos, geram um volume acumulado total, estimado em 313.937m<sup>3</sup>. O volume acumulado referente a cada município consorciado pode observado no Gráfico 3 e mais detalhada no APÊNDICE B

Gráfico 3 – Estimativa do volume acumulado para os 9 municípios consorciados



Fonte: Elaboração própria.

Para estimar o volume total, acrescentou-se ao volume acumulado 20% de solo, referente ao material necessário para recobrimento dos resíduos, o que equivale a um volume total de 376.724m<sup>3</sup> de resíduos.

Partindo deste pressuposto, a área de confinamento dos resíduos é de 125.575m<sup>2</sup>, sendo acrescidos 30% à área encontrada para implantação da infraestrutura de operação do aterro sanitário, conforme utilizada por Marques (2011) totalizando uma área total passível de atender aos 9 municípios de 163.247m<sup>2</sup> ou aproximadamente 16,3 hectares.

A partir de então, foram selecionadas três áreas possíveis de implantação do aterro sanitário, as quais passaram por análises obedecendo aos critérios preestabelecidos na metodologia.

## 5.2 Critérios para seleção de áreas

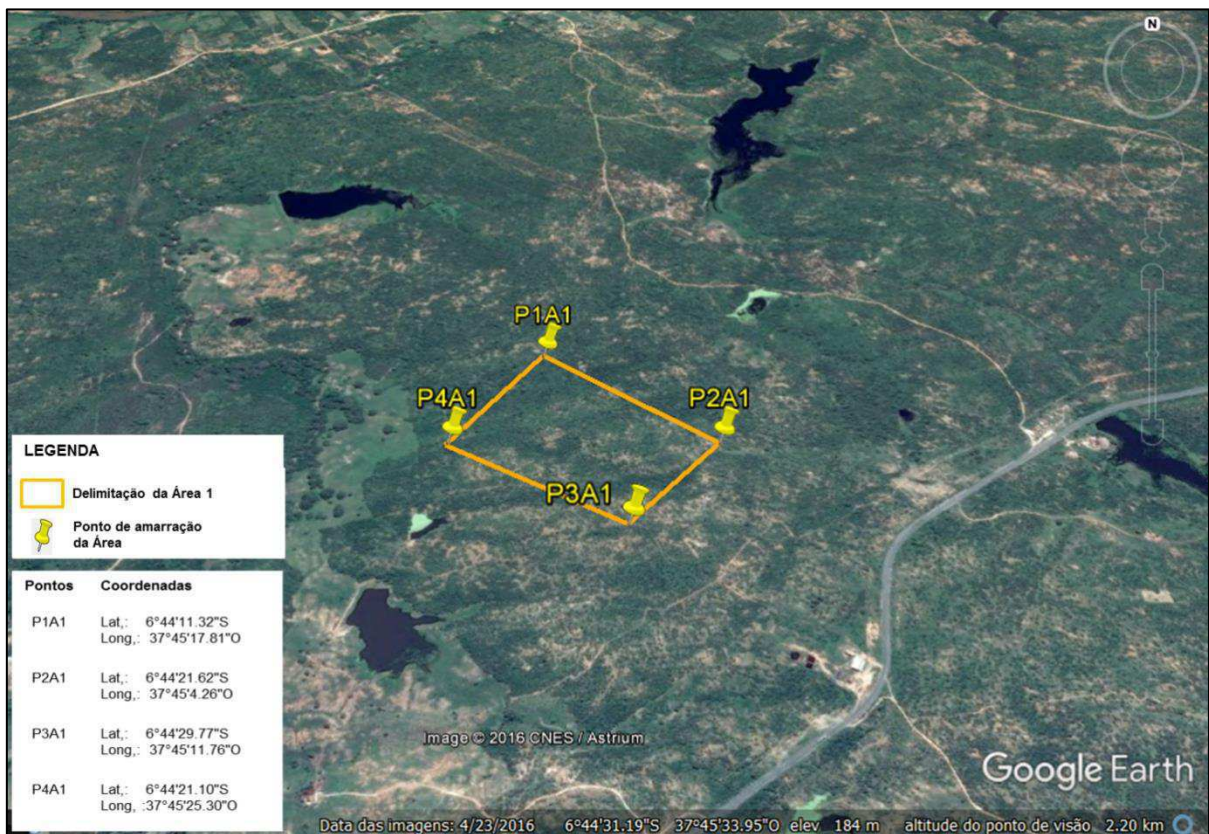
### 5.2.1 Localização das Áreas estudadas

Todas as áreas estudadas possuem a mesma extensão territorial, 16,3hectares e situam-se na zona rural do município de Pombal - PB.

A área 1 apresenta coordenadas geográficas de 6°44'18.95"S e 37°45'18.58"O, com altitude de 201 metros em relação ao nível do mar, nas proximidades da BR 427, sentido Pombal - PB a Serra Negra - RN, como visualizado na Figura 8.



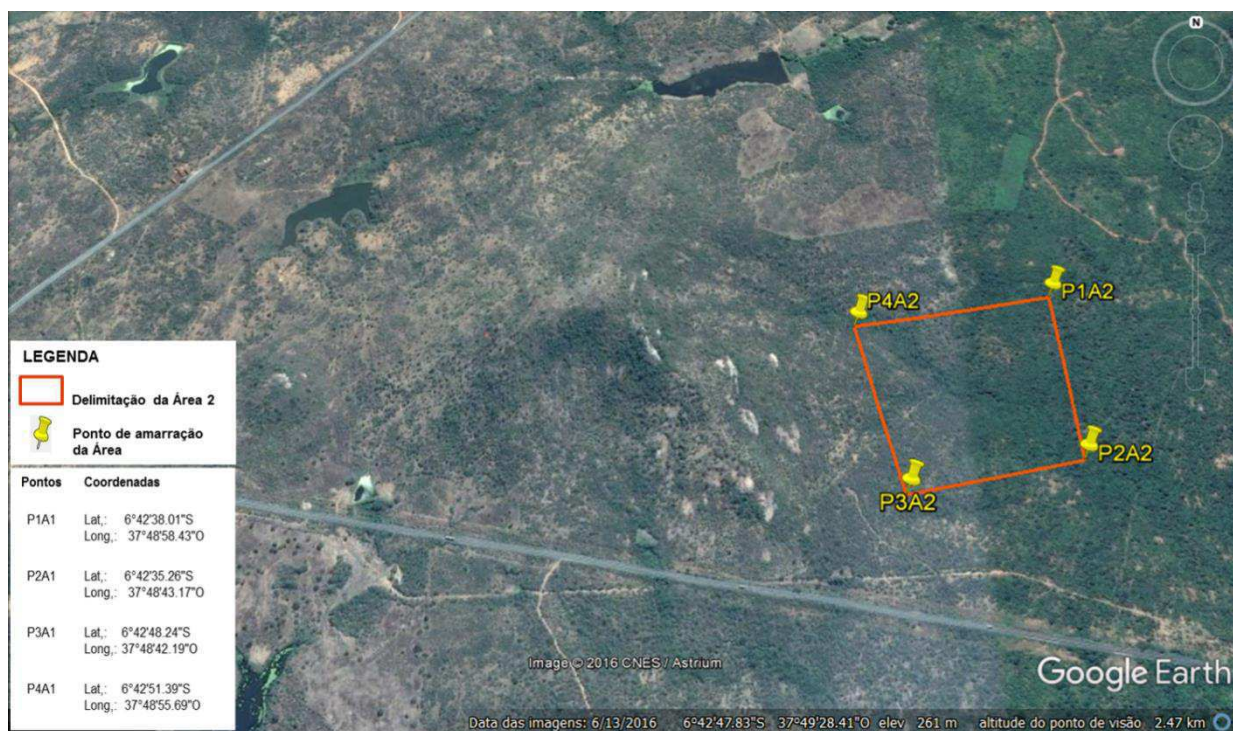
Figura 8 – Imagem de localização da Área 1



Fonte: Adaptado do Google Earth (2016).

A segunda situa-se nas proximidades da BR 230, sentido Pombal - PB a Sousa - PB e da PB 325, sentido Pombal - PB a Catolé do Rocha - PB, com coordenadas geográficas de 6°42'44.56"S e 37°48'49.35"O. A área 2 pode ser visualizado na Figura 9 a seguir.

Figura 9 – Imagem de localização da Área 2

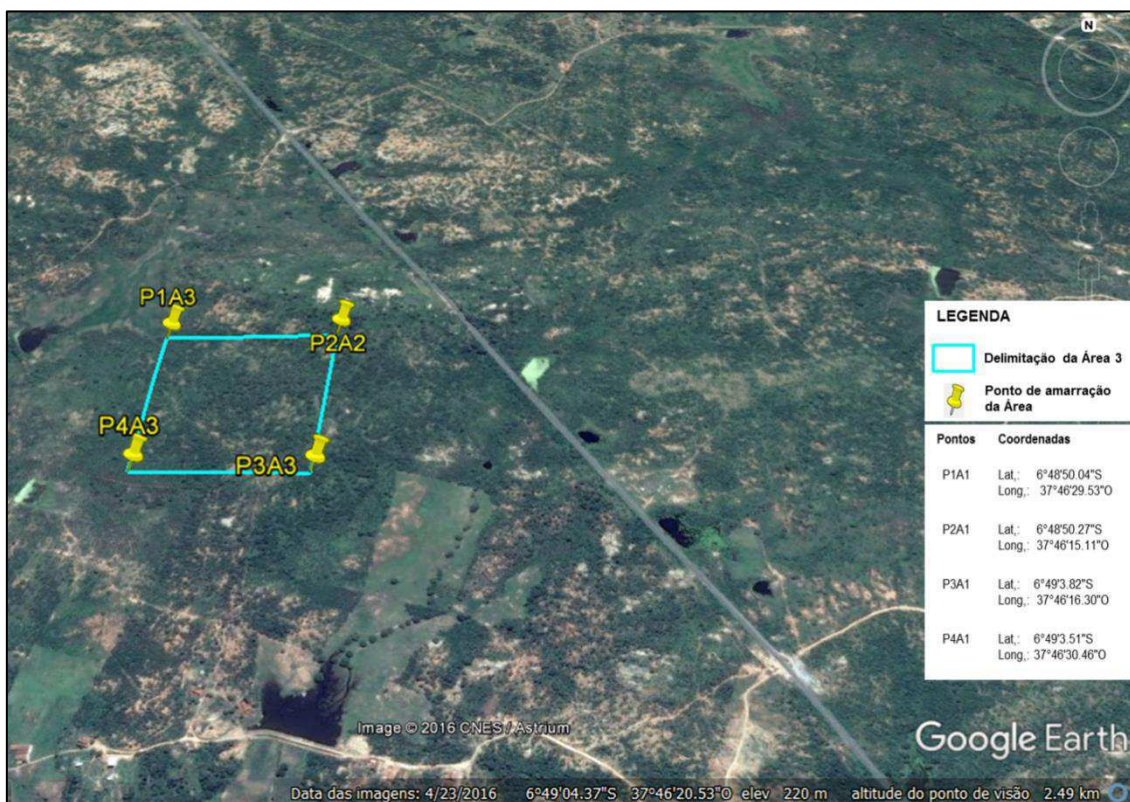


Fonte: Adaptado do Google Earth (2016).

A área 3 possui coordenadas geográficas de 6°48'57.03"S e 37°46'26.34"O, nas proximidades da BR 230, sentido Pombal - PB a São Bentinho - PB, como visualizado na Figura 10 a seguir.



Figura 10 – Imagem de localização da Área 3



Fonte: Adaptado do Google Earth (2016).

### 5.2.2 Critérios para seleção das áreas

A seguir estão apresentados os critérios estabelecidos para seleção da melhor área.

#### a) Proximidade a cursos d'água relevantes

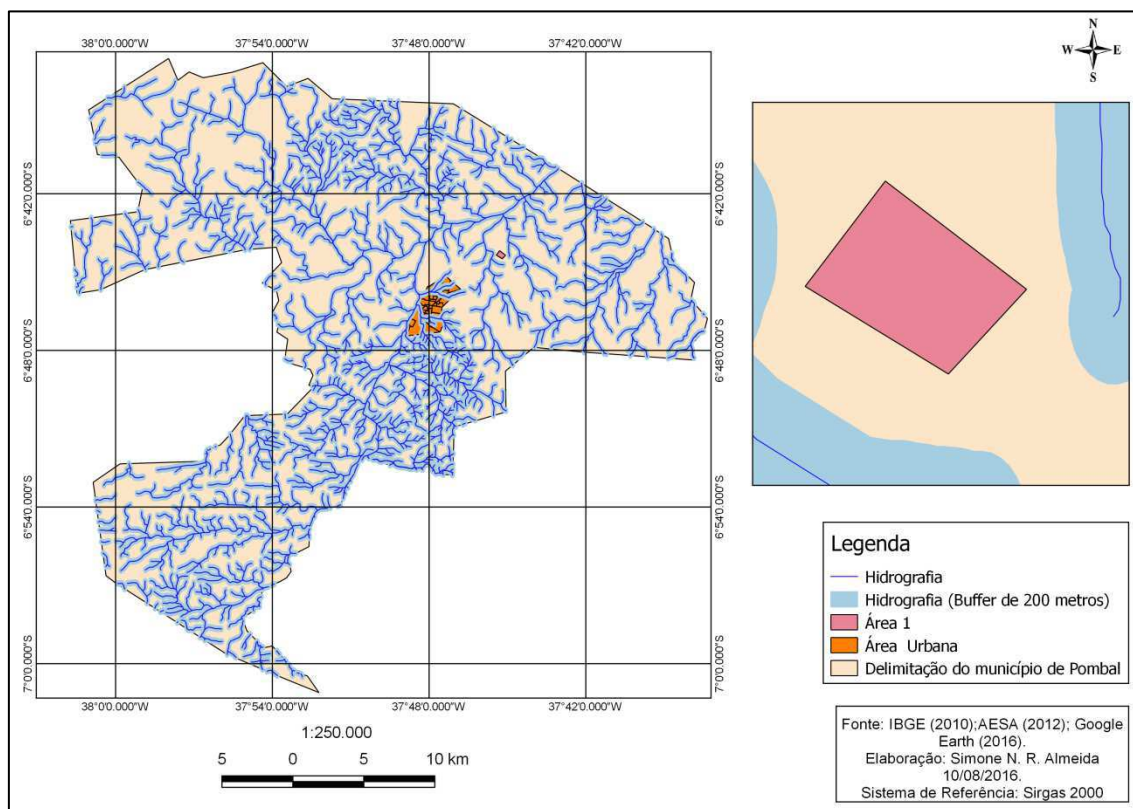
A área selecionada para implantação do aterro sanitário deve estar a uma distância mínima de 200 metros de corpos hídricos relevantes, com intuito de evitar a contaminação dos recursos hídricos localizados no entorno da área.

A distância hidrográfica foi delimitada aplicando a ferramenta *buffer do Qgis*, para delimitar uma área de influência de 200 metros.

#### ÁREA1

A Figura 11 ilustra a hidrografia do município e a distância da área 1 que encontra-se ampliada no lado direito do mapa.

Figura 11 – Mapa temático de cursos d'água na Área 1



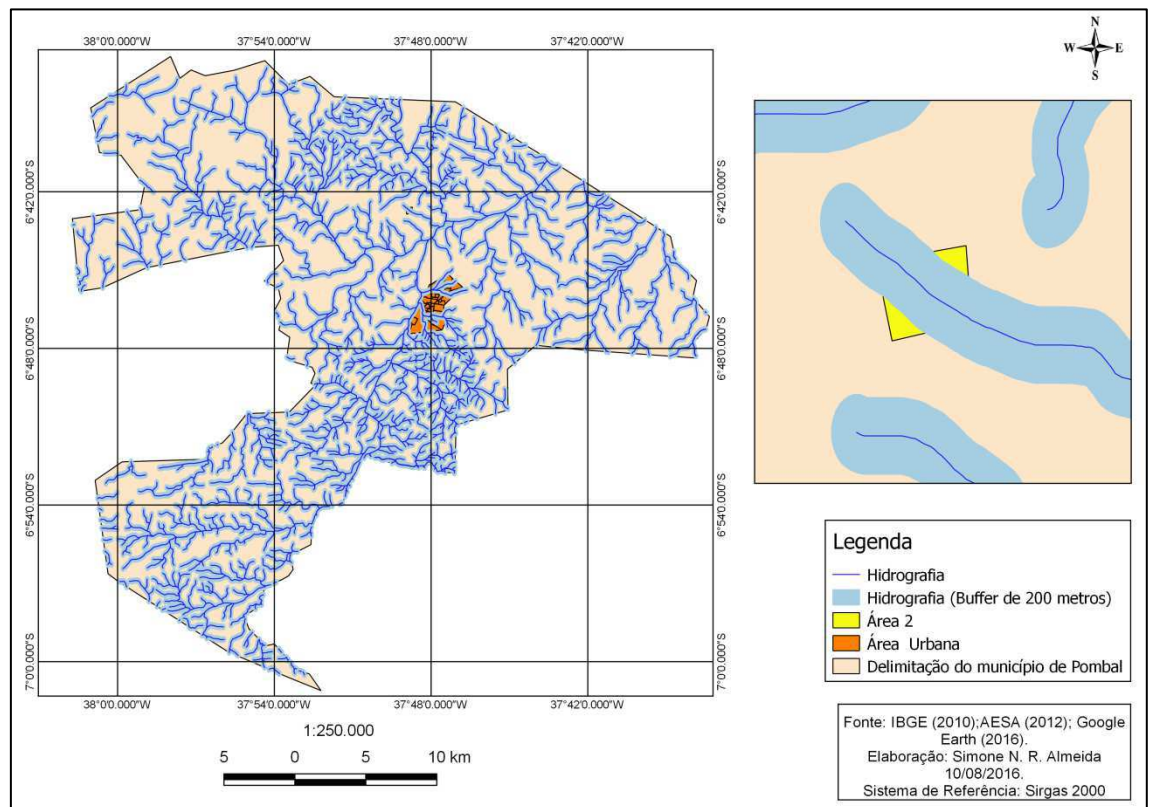
Fonte: Elaboração própria.

Como pode se observar, a área 1 é cercada pela hidrografia, mas atende ao critério de 200 metros de distância preestabelecido. Contudo, é importante ter cautela no uso desta área para evitar possíveis danos ambientais.

## ÁREA 2

Por meio da Figura 12 é possível observar a hidrografia do município e a distância da área 2, esta que encontra-se ampliada no lado direito do mapa.

Figura 12 – Mapa temático de cursos d'água na Área 2



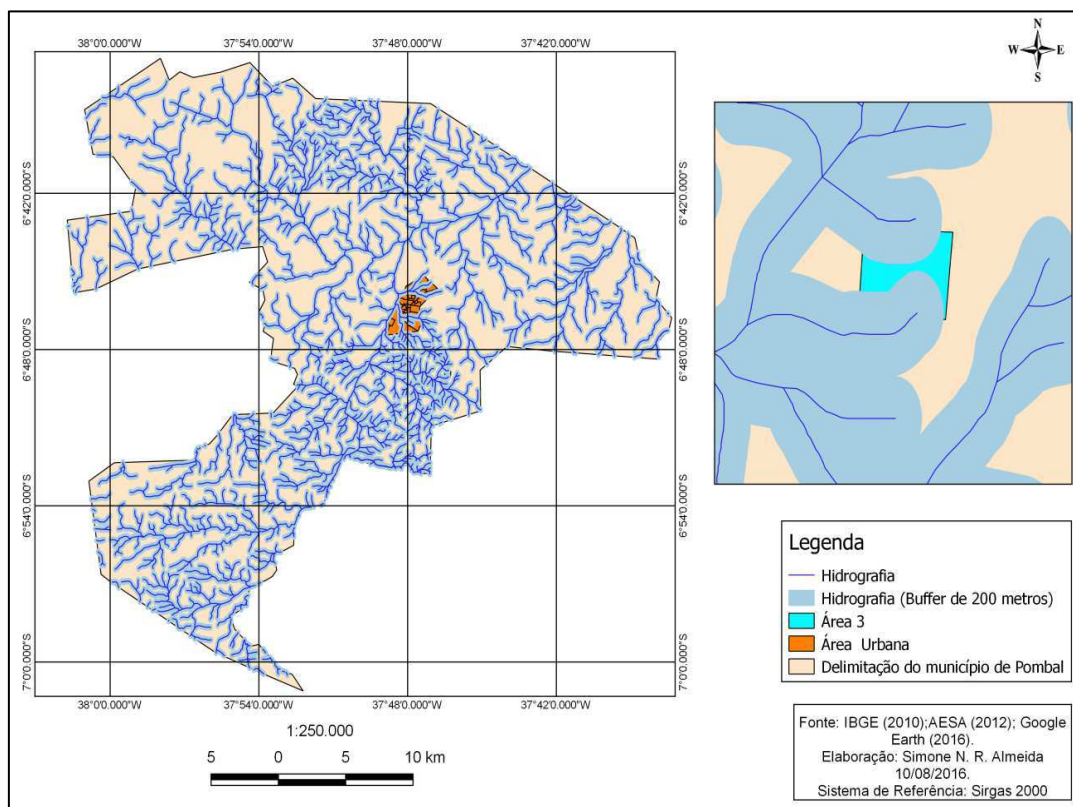
Fonte: Elaboração própria.

Por meio do mapa acima pode se observar que a Área 2 é cortada ao meio pela hidrografia, o que implica no não atendimento ao critério preestabelecido.

### ÁREA 3

A Área 3 está situada a menos de 200 metros de cursos d'água, não atendendo, portanto ao requisito de distância mínima de 200 metros, conforme pode ser observado na Figura 13 (ampliada no lado direito do mapa).

Figura 13 – Mapa temático de cursos d'água na Área 3



Fonte: Elaboração própria.

## b) Distâncias de rodovias

A distância de rodovias é um parâmetro que visa dirimir os impactos ambientais como ruídos, odor, impacto visual do aterro, ao mesmo tempo busca uma distância razoável que possa diminuir custos de transporte dos resíduos. A RECESA (2008) estabelece que a área do aterro sanitário deva estar distanciada de rodovias no mínimo a 100 metros. Para tanto, neste estudo não foram analisadas as estradas vicinais.

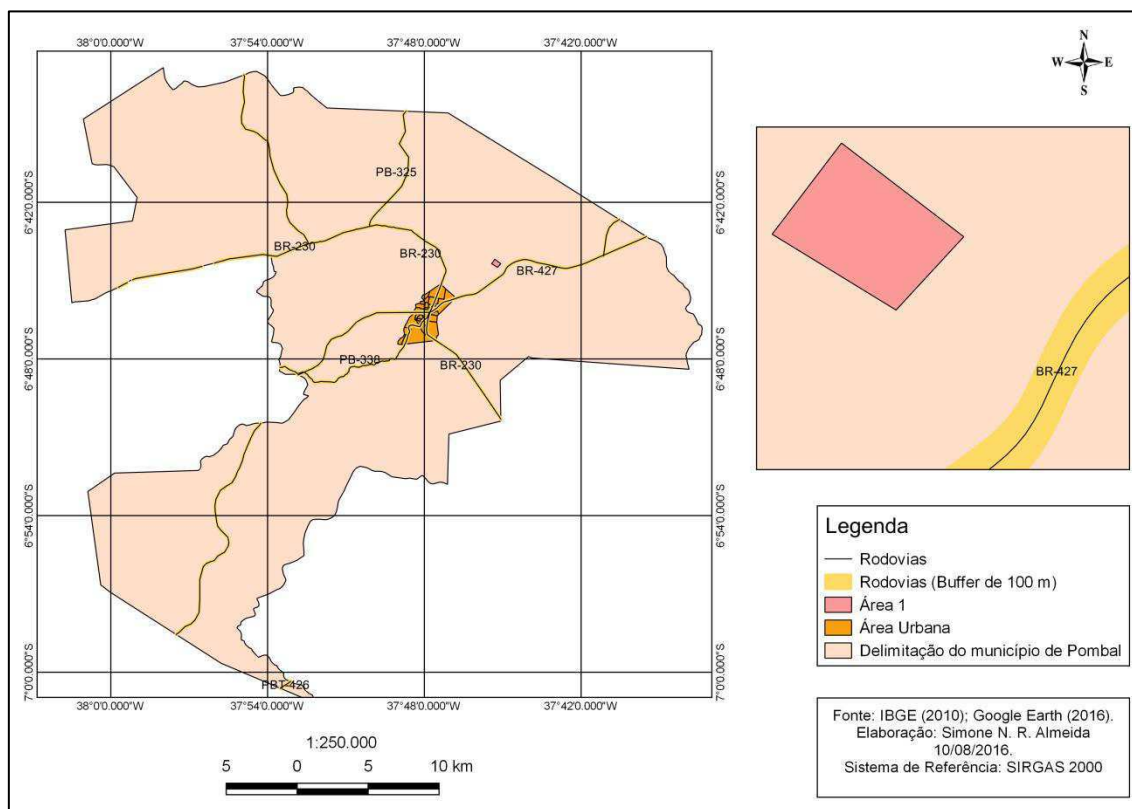
Para garantir o atendimento deste critério foi aplicado o *buffer* de 100 metros para as rodovias que cortam o município.

### ÁREA 1

A restrição deste critério foi atendida, pois a área 1 está distanciada da rodovia mais próxima (BR 427), cerca de 462 metros em linha reta, conforme pode ser observado na Figura 14.



Figura 14 – Mapa temático de rodovias na Área 1

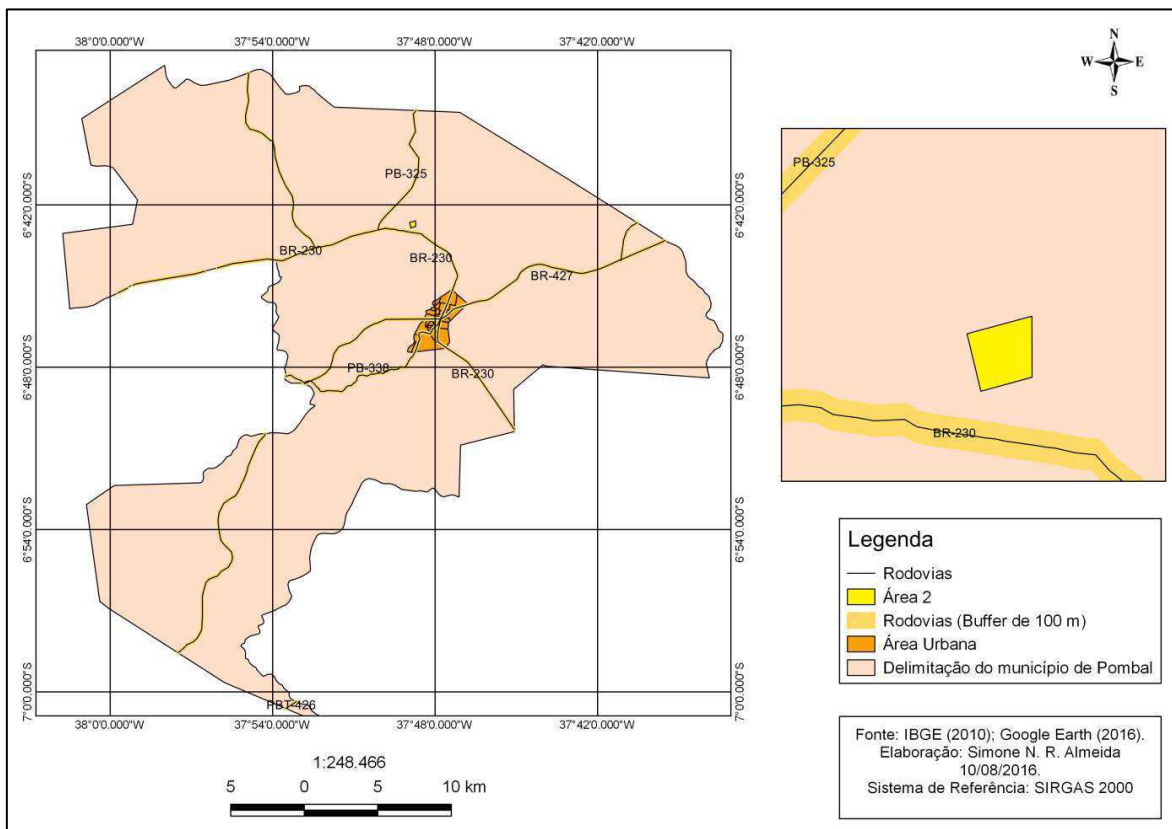


Fonte: Elaboração própria.

## ÁREA 2

A Área 2 situa-se numa região entre duas rodovias, ao norte com a PB 325 e a oeste com a BR 230, conforme pode ser observado na Figura 15 a seguir.

Figura 15 – Mapa temático de rodovias na Área 2



Fonte: Elaboração própria.

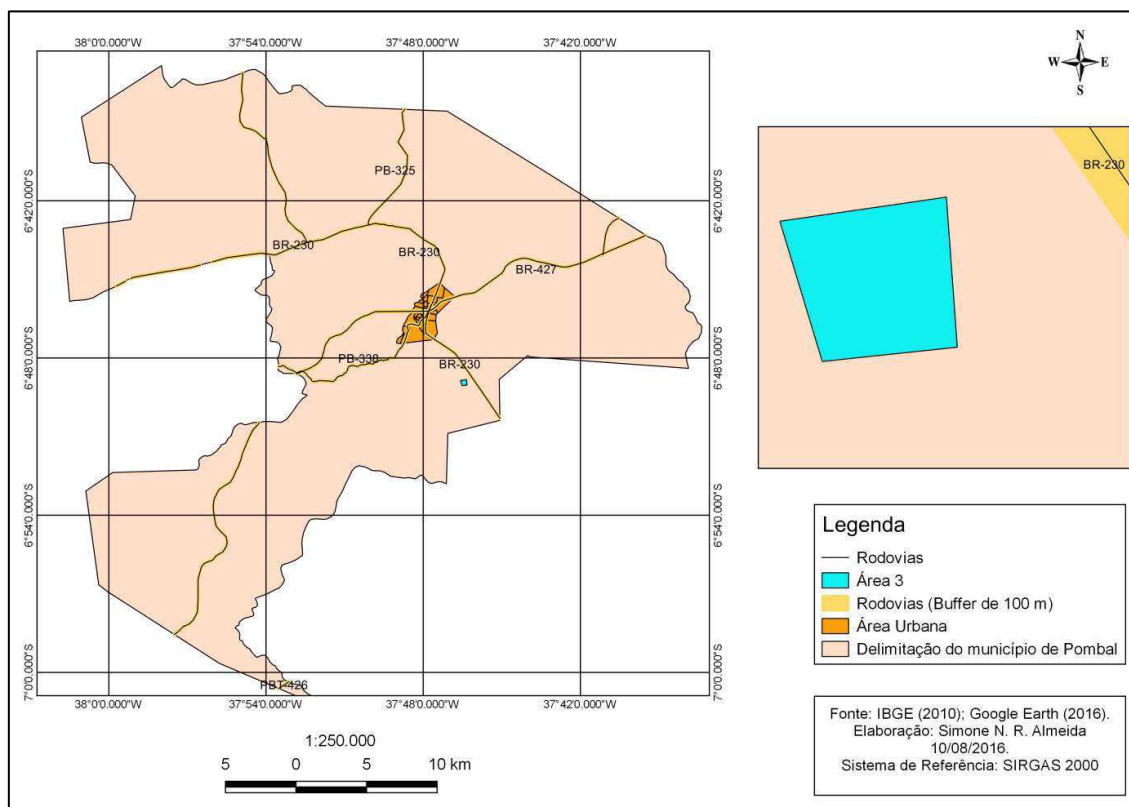
A restrição deste critério foi atendida, pois a Área 2 está distanciada da rodovia mais próxima (BR 230), cerca de 201 metros em linha reta e da PB 325 aproximadamente 1.546 metros, também em linha reta.

### ÁREA 3

A BR 230 que é a rodovia mais próxima da Área 3, conforme pode ser observado na Figura 16 abaixo.



Figura 16 – Mapa temático de rodovias na Área 3



Fonte: Elaboração própria.

A restrição deste critério foi atendida, tendo em vista que a Área 3 está distanciada da rodovia mais próxima (BR 230) aproximadamente 204 metros em linha reta.

### c) Proximidade a núcleos residenciais urbanos

As recomendações da NBR 13.896(ABNT, 1997), cujos aterros sanitários devem se localizar a mais de 500 metros dos núcleos populacionais, deve-se ao fato da rejeição da população em residirem próximo a um aterro, além de outros agravantes como possíveis odores, ruídos, poeira, etc.

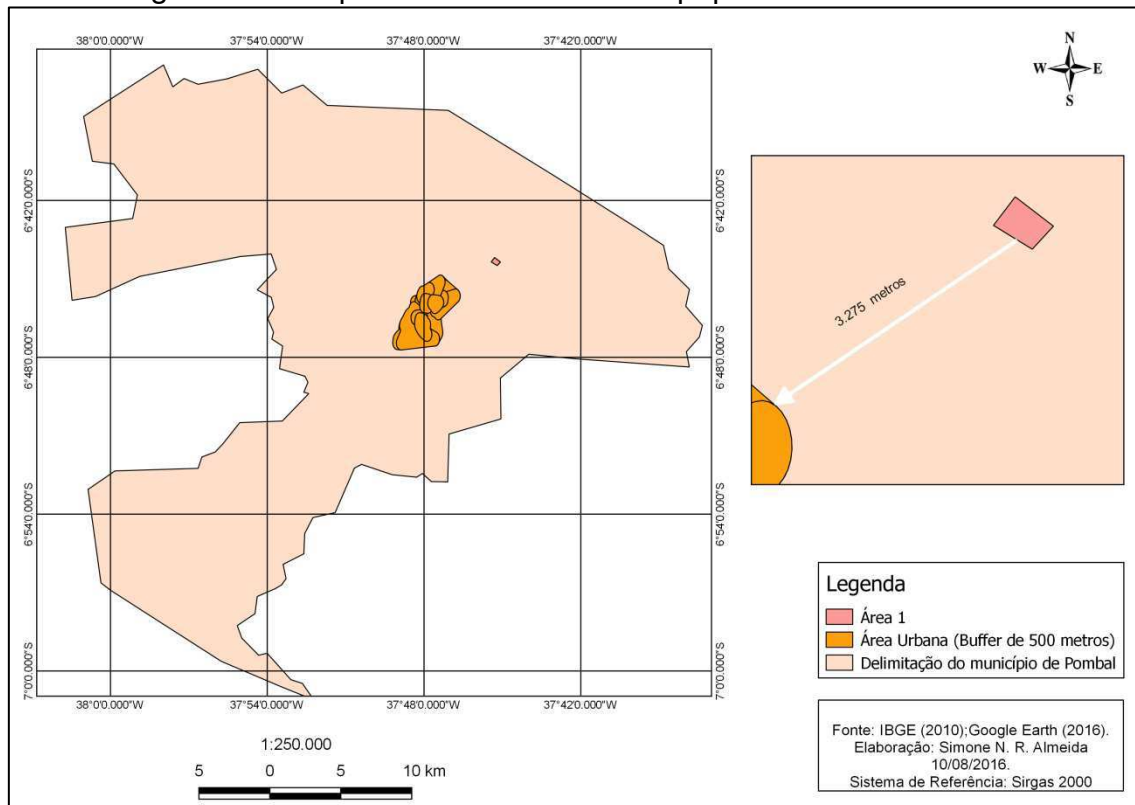
Para a delimitação da distância dos núcleos populacionais urbanos às áreas avaliadas, foi aplicada a ferramenta buffer do *Qgis* de 500 metros.

### ÁREA 1

A distância da Área 1 em relação aos núcleos populacionais é de aproximadamente 3.275 metros, atendendo portanto, as recomendações impostas, cujos aterros sanitários devem se localizar a mais de 500 metros dos núcleos populacionais.

Por meio da Figura 17 é possível visualizar a distância da Área 1 dos núcleos populacionais urbanos.

Figura 17 – Mapa temático de núcleos populacionais na Área 1

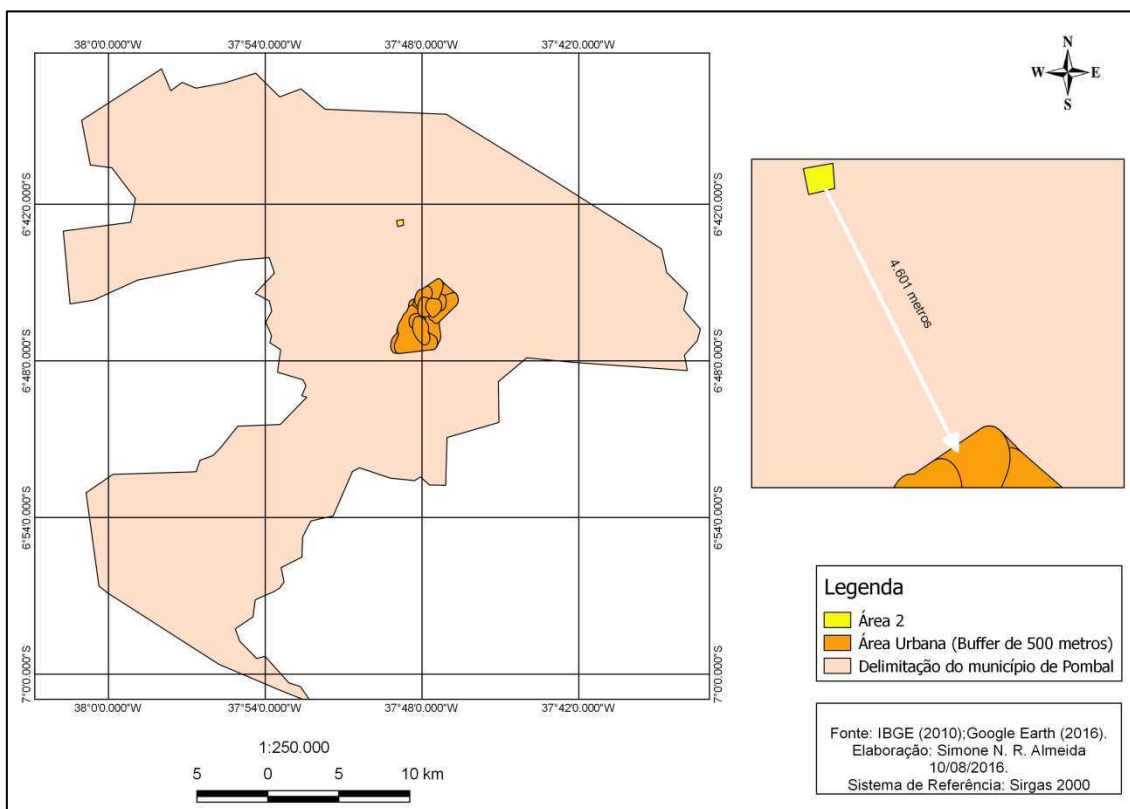


Fonte: Elaboração própria.

## ÁREA 2

A Área 2 está distanciada de núcleos residenciais urbanos, aproximadamente 4.601 metros, atendendo portanto, as recomendações da NBR n° 13.896/1997, cujos aterros sanitários devem se localizar no mínimo 500 metros dos núcleos residenciais. Esta recomendação deve-se ao fato da rejeição por parte da população em residirem próximo a um aterro, além de outros agravantes como possíveis odores, ruídos, poeira, etc. A Figura 18 mostra a distância da Área 2 dos núcleos residenciais urbanos mais próximos.

Figura 18 – Mapa temático de núcleos populacionais na Área 2

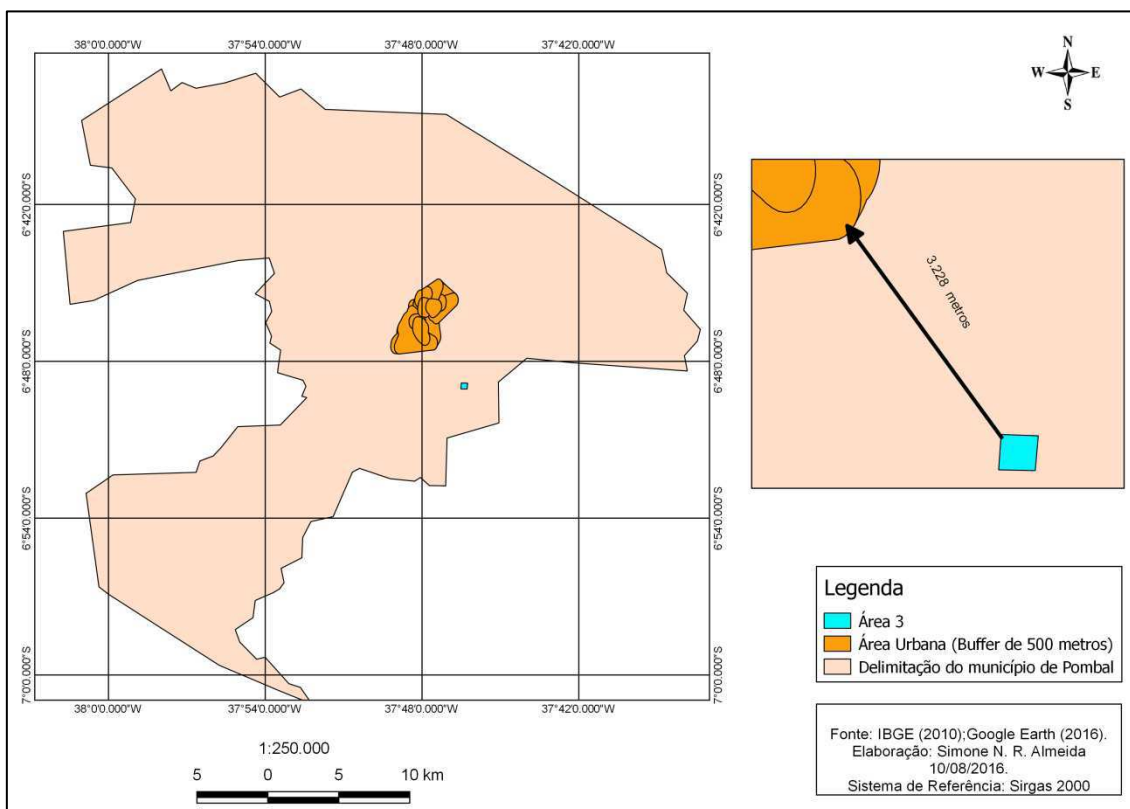


Fonte: Elaboração própria.

### ÁREA 3

A Área 3 se distancia de núcleos residenciais urbanos, aproximadamente 3.228 metros, logo atende as recomendações da NBR n° 13.896/1997, cujos aterros sanitários devem se localizar no mínimo 500 metros dos núcleos residenciais. Por meio da Figura 19, é possível visualizar a distância da Área 3 dos núcleos residenciais urbanos.

Figura 19 – Mapa temático de núcleos populacionais na Área 3



Fonte: Elaboração própria.

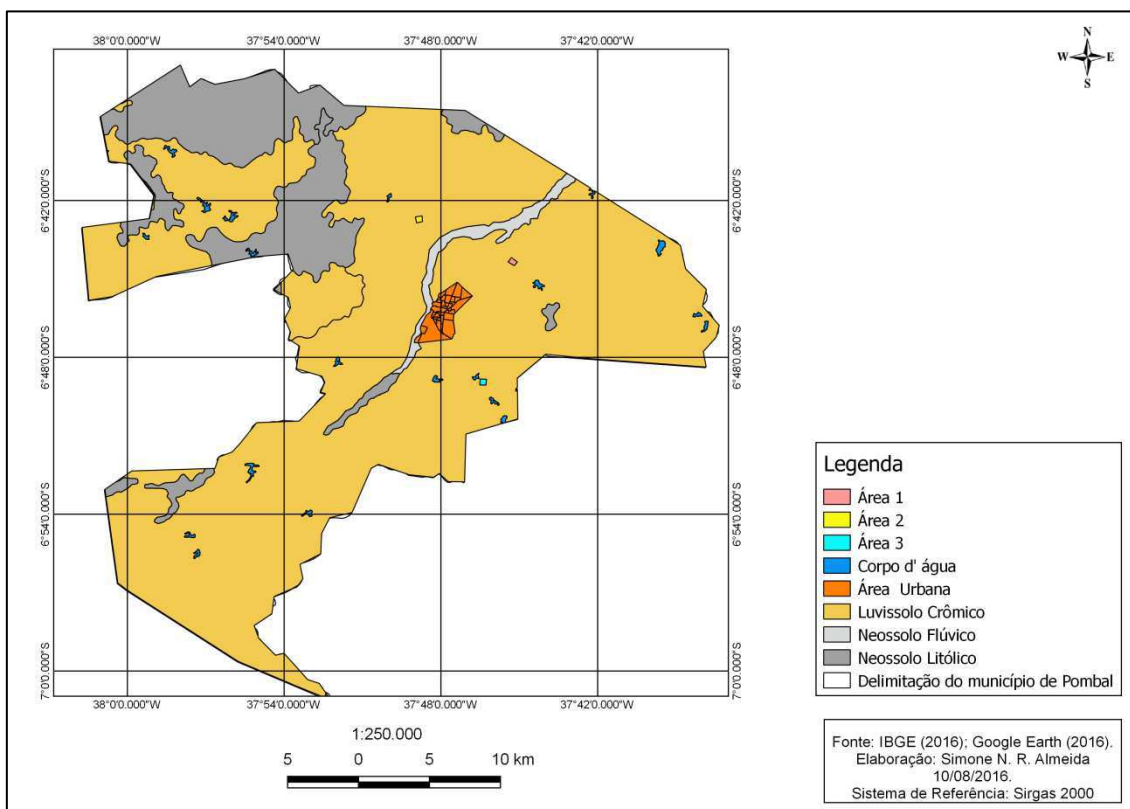
#### d) Permeabilidade natural do solo

A permeabilidade natural do solo é um aspecto muito importante, haja vista que a depender da permeabilidade, pode evitar possível contaminação do lençol freático. Monteiro et al. (2001) recomenda que a área para implantação do aterro sanitário, deve apresentar características argilosa e não podendo ser arenosa.

#### ÁREA 1, 2 e 3

Como recomendado o solo da área para implantação do aterro sanitário, deve ser argiloso, tendo em vista sua característica de impermeabilidade. A Figura 20 mostra a predominância de solo no município de Pombal referente às três áreas selecionadas.

Figura 20 – Mapa temático de permeabilidade natural do solo na Área 1, 2 e 3



Fonte: Elaboração própria.

O solo da Área 1 é do tipo Luvissole Crômico Órtico que caracteriza-se como sendo solo com argila de Média/argilosa, pouco profundo, e ainda pode apresentar pedregosidade na parte superficial e caráter sódico na parte subsuperficial, conforme pode se observar no Quadro 8.

Quadro 8 – Características dos tipos de solo

Luvissolo Crômico Órtico										
Nom_unidad	Legenda	Ordem	Subordem	Grande_gru	Subgrupos	Textura	Horizonte	Pedregosidad e	Rochosidade	Relevo
TCo 31	TCo -Luvissolo Crômico Órtico	Luvissolo	Crômico	Órtico	Típico	Média /argilosa	A moderado	Pedregosa I	não rochosa	Suave ondulado
Tco 42					Vertissólico			Não Pedregosa		Plano e suave ondulado
Neossolo										
Nom_unidad	Legenda	Ordem	Subordem	Grande_gru	Subgrupos	Textura	Horizonte	Pedregosidad e	Rochosidade	Relevo
RLe30	RLe -Neossolo Litólico Eutrófico	Neossolo	Litólico	Eutrófico	Típico	Arenosa e média	A moderado	Pedregosa I	Rochosa	Forte ondulado e montanhoso
RLe30					Fragmentário					Ondulado, forte ondulado e montanhoso
RLe49					Fragmentário e típico					Forte ondulado e montanhoso
RLe49					Fragmentário					Suave ondulado
RLe70					Típico e fragmentário					Forte ondulado e montanhoso
RLe70										
RLe8										
RLe94										
RLe94										
RYVe5	RYVe - Neossolo Flúvico Ta Eutrófico		Flúvico	Ta Eutrófico	Solódico e típico	Indiscriminada				Plano

Fonte: Adaptado do IBGE (2016)

Portanto, a Área 1 atende ao critério em questão, estando apta à implantação do aterro sanitário quanto ao requisito permeabilidade natural do solo.

As Áreas 2 e 3 também apresentam solo do tipo Luvisolo Crômico Órtico, desta forma, as duas áreas estão aptas à implantação do aterro sanitário, pois atende ao requisito permeabilidade natural do solo.

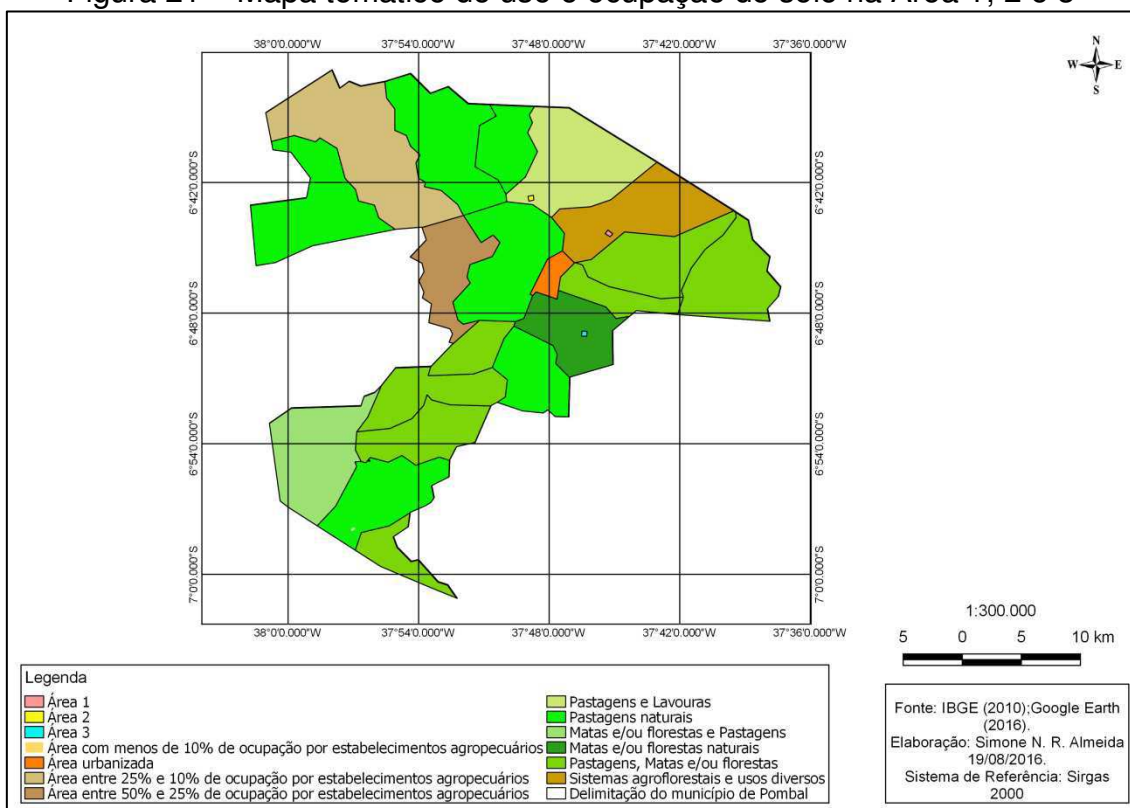
### e) Uso do solo

A área selecionada deve ser fora de Unidade de Conservação Ambiental, mas pode localizar-se numa região onde há uso rural ou industrial.

### ÁREA 1, 2 e 3

A Figura 21 mostra as proporções de uso e ocupação do solo no município de Pombal– PB e a localização das Áreas 1, 2 e 3.

Figura 21 – Mapa temático de uso e ocupação do solo na Área 1, 2 e 3



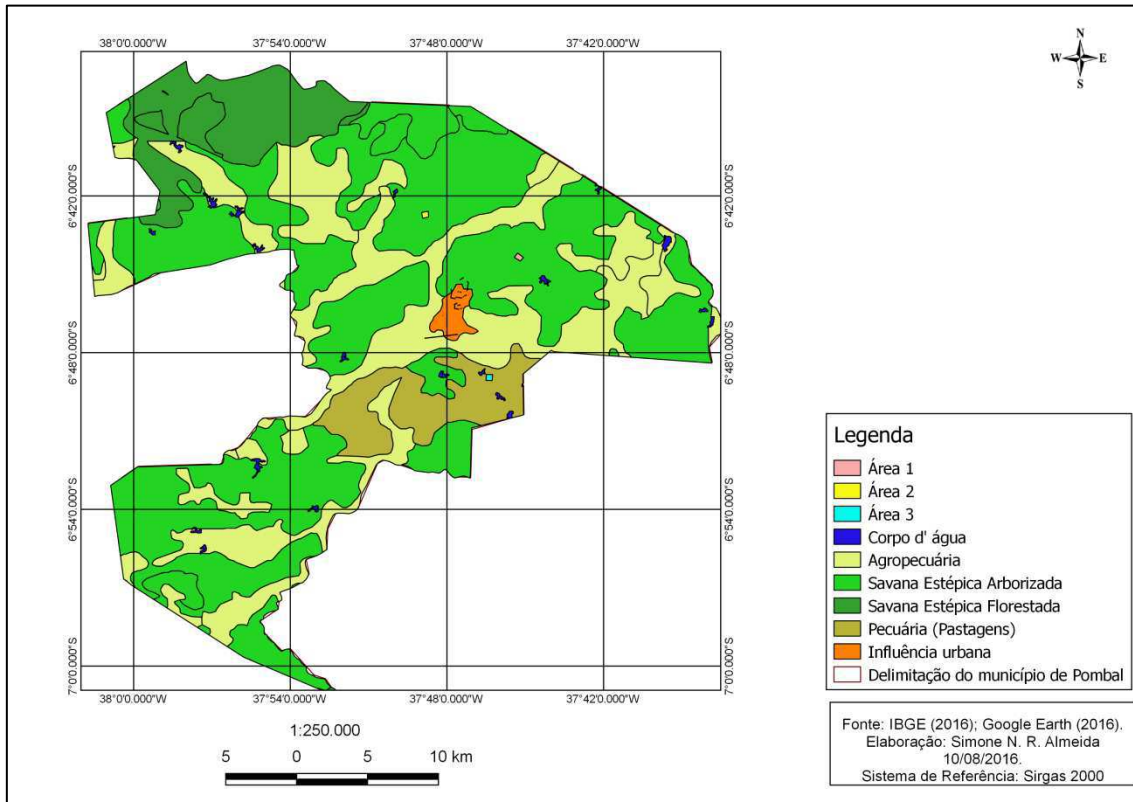
Fonte: Elaboração própria.

Partindo deste pressuposto, as Áreas 1, 2 e 3 se enquadram nestes requisitos e podem ser consideradas aptas para instalar um aterro sanitário, pois estão fora de Unidade de Conservação Ambiental e localizam-se na área rural.

As Áreas 1,2 e 3 apresentam usos distintos, como uso em sistemas agroflorestais e outros usos; pastagens e lavouras; e matas e/ou florestas naturais respectivamente.

Nas Áreas 1 e 2 há predominância da vegetação do tipo de Savana Estépica Arborizada, já na terceira área de pastagem, como pode se observar na Figura 22.

Figura 22 – Mapa temático de vegetação nas Áreas 1,2 e 3



Fonte: Elaboração própria.

No que tange a vegetação é importante fazer uma análise, mais aprofundada para conhecer as espécies, e especialmente saber quais espécies estão ameaçadas de extinção.

#### f) Declividade

A declividade representa a inclinação do terreno, é considerado um parâmetro importante em qualquer projeto, na implantação de aterro sanitário não é diferente, por meio deste é possível definir o tipo de aterro sanitário a ser instalado. Áreas com grandes declives são propensas à erosão do solo, mas contribui com o aumento do escoamento superficial das águas, além da percolação do chorume.

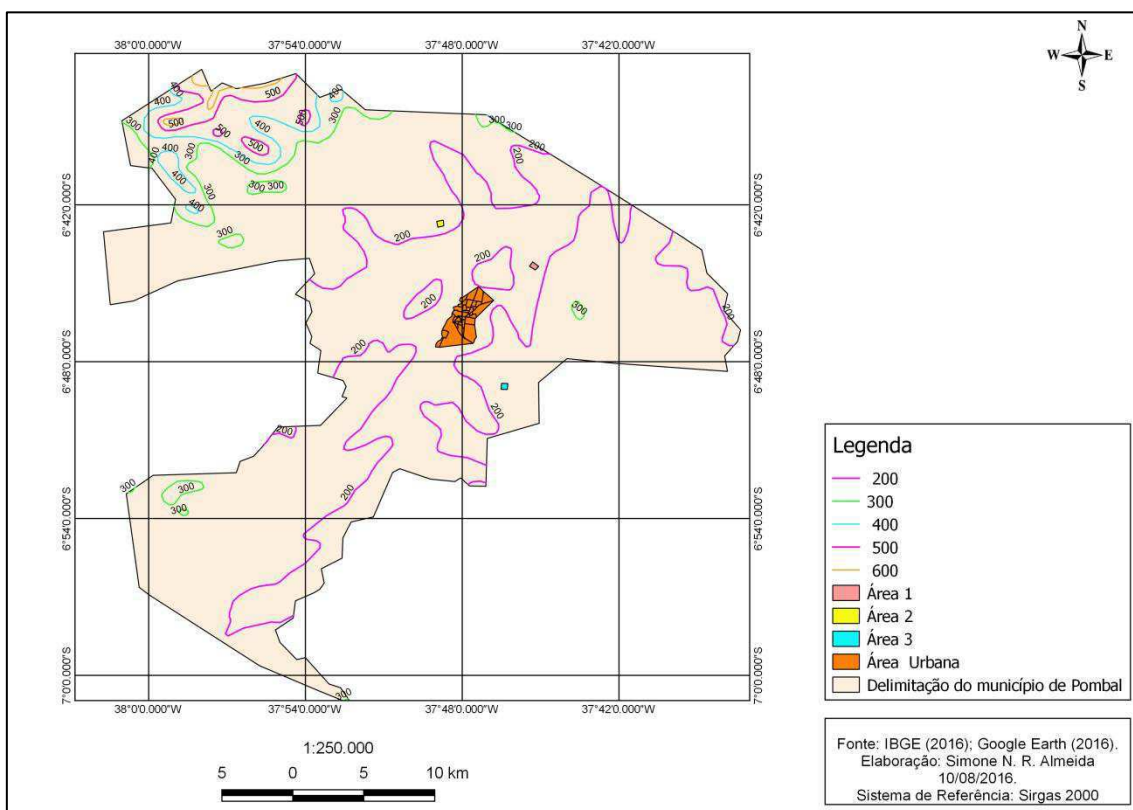


### ÁREA 1, 2 e 3

A Área 1 apresenta pequeno declive, pois situa-se numa região sem acentuada variação de nível. Isso se justifica pelo afastamento das curvas de nível, haja vista que, quanto mais afastadas, menor é a declividade, logo, menos íngreme é o terreno.

Segundo a RECESA (2008) o método mais indicado para a construção do aterro é o método da área/superfície. A Figura 23 mostra as curvas de nível do município de Pombal - PB e da região onde a Área 1 está inserida.

Figura 23 – Mapa temático de declividade nas Áreas 1,2 e 3



Fonte: Elaboração própria.

Embora, a Área 2 e 3 estejam em localidades diferentes da Área 1, apresentam características similares, pois situa-se numa região com pouca variação de nível. Partindo deste pressuposto, as três áreas atendem ao referido critério sendo, portanto, adotado o método construtivo (área/superfície) das Áreas para o aterro.

### **g) Custo de investimento em construção e infraestrutura**

É importante que a área para se instalar um aterro sanitário deva possuir infraestrutura completa para reduzir os gastos de investimento. Nas áreas 1,2 e 3 não possui nenhuma infraestrutura, logo o custo de investimento nas três áreas serão semelhantes, pois nenhuma possui infraestrutura alguma.

### **h) Custo com manutenção do sistema de drenagem**

Como as áreas quase não apresentam variação de nível, os gastos com a manutenção do sistema de drenagem tendem a ser baixos, e considerando que as chances de ocorrência de erosão nesta área são poucas (o que não descarta essa possibilidade), este critério é, portanto, atendido parcialmente.

### **i) Distância de núcleos urbanos de baixa renda**

É recomendável que o aterro sanitário esteja distanciado de núcleos urbanos de baixa renda para evitar que algumas pessoas busquem a catação de resíduos. As três áreas não terão este problema, pois estão distanciadas das áreas urbanas, aproximadamente quatro mil metros, atendendo, portanto, a este critério.

### **j) Vida útil mínima do aterro**

O grande desafio de encontrar áreas aptas para a implantação de aterro sanitário é uma das principais razões para a recomendação da NBR 13896 (ABNT, 1997), em que a construção de aterro possua vida útil mínima de 10 anos. Para atendimento deste critério adotou-se neste estudo, uma vida útil de 20 anos para o aterro.

Com intuito de prolongar a vida útil do aterro sanitário buscou-se realizar a inserção de programas de intervenção de reciclagem e/ou compostagem.

Para isso, considerado o volume acumulado de 313.937 m<sup>3</sup>. E para estimar o volume total, acrescentou-se 20% do material necessário para recobrimento dos resíduos, o que equivale a aproximadamente 376.724m<sup>3</sup> de resíduos.

Partindo deste pressuposto, a área de confinamento dos resíduos é de 125.575 m<sup>2</sup>, sendo acrescidos 30% à área encontrada para implantação da infraestrutura de operação do aterro sanitário, conforme utilizada por Marques

(2011) totalizando uma área passível de atender aos 9 municípios de 163.247 m<sup>2</sup> ou aproximadamente 16,3 hectares.

Os programas de intervenção de reciclagem e/ou compostagem são fundamentais para garantir/prolongar a vida útil do aterro sanitário, que por sua vez, devem ser adotados para 9 municípios consorciados. Segundo CEMPRE (2012)<sup>2</sup>, os resíduos sólidos urbanos no Brasil totalizam 86%, sendo 35% recicláveis e 51% é matéria orgânica.

Assim sendo, considerou-se os programas de reciclagem e de compostagem, com intuito de manter e até prolongar a vida útil do aterro. Para tal utilizou-se a metodologia baseada em Noé (2013) e os dados da CEMPRE (2012), adotando a implantação do programa de reciclagem (retirado 35% da massa de resíduo total) num primeiro cenário, e dos programas de reciclagem e compostagem (retirado 86% da massa de resíduo total), num segundo cenário, como pode ser observado na Tabela 5.

Tabela 5 – Programas alternativos

Programas	Volume acumulado (m <sup>3</sup> )	Área necessária	
		(m <sup>2</sup> )	(Hectares)
Sem	313.937	125.575	16,3
Reciclagem	244.871	81.624	8,2
Reciclagem e compostagem	52.741	17.580	1,8

Fonte: Adaptado de Noé (2013).

Como observado na tabela 4, é notória a redução no volume acumulado e na área total de implantação do aterro. Sendo assim, o primeiro cenário, mesmo sem considerar programas de intervenção atende ao horizonte de planejamento (20 anos), e com a inserção de programas pode prolongar a vida útil do aterro.

### k) Legislação Municipal

Recomenda-se que o município disponha de legislação que oriente e auxilie na questão dos resíduos sólidos, especialmente sua disposição ambientalmente adequada.

<sup>2</sup>Compromisso Empresarial para Reciclagem - CEMPRE. Disponível em: [www.cempre.gov.br](http://www.cempre.gov.br). Acesso em 20 de nov. de 2016.

O Município de Pombal-PB apresenta legislação que dispõe sobre o uso e ocupação do solo, bem como a questão do parcelamento do solo, estes, dispostos na Lei nº 598 de 21 de junho de 1985 a qual institui o Código de Urbanismo, integrado ao Plano de Desenvolvimento Urbano de Pombal-PB. A referida lei define as diretrizes para o uso e ocupação do solo urbano, assegurando o interesse público e a função social da propriedade no uso da terra no território urbano municipal, além de apresentar importantes interações com o parcelamento e a preservação ambiental.

O Plano Diretor do Município de Pombal, por meio da Lei nº 1287, de 10 de outubro de 2006, assim como o Código Ambiental do Município, sob a Lei de nº 1.599, de 19 de dezembro de 2013, corroboram com as leis anteriormente citadas e aborda sucintamente a questão dos resíduos sólidos.

### 5.3 Ponderação das áreas frente aos critérios

Após avaliar as três áreas de acordo com os critérios estabelecidos, definiu-se o atendimento para cada área, conforme pode ser observado no Quadro 9.

Quadro 9 – Avaliação do Atendimento das áreas selecionadas

CRITÉRIOS	PRIORIDADE	ATENDIMENTO		
		ÁREA 1	ÁREA 2	ÁREA 3
Proximidade a cursos d'água relevantes	1	T	NA	NA
Distância de vias	4	T	T	T
Proximidade a núcleos residenciais urbanos	1	T	T	T
Vida útil mínima	4	T	T	T
Permeabilidade natural do solo	4	T	T	T
Uso do solo	4	T	T	T
Declividade	4	T	T	T
Custo de investimento em construção e infraestrutura	3	NA	NA	NA
Custo com manutenção do sistema de drenagem	5	P	P	P
Distância de núcleos urbanos de baixa renda	2	T	T	T
Legislação Municipal	1	P	P	P

Fonte: Adaptado de Monteiro et al. (2001).

Nota: T: atende totalmente; P: atende parcialmente; NA: não atende.

Após avaliar o atendimento aos critérios em cada área, foram aplicados os pesos às áreas selecionadas para auxiliar na escolha da melhor área. A pontuação das áreas pode ser visualizada por meio do Quadro 10 a seguir.

Quadro 10 – Ponderação das áreas selecionadas

Critérios	Pontuação das Prioridades	PONTUAÇÃO ATENDIMENTO			PONTUAÇÃO DAS ÁREAS		
		ÁREA 1 %	ÁREA 2 %	ÁREA 3 %	ÁREA 1	ÁREA 2	ÁREA 3
Proximidade a cursos d'água relevantes	10	100	0	0	10	0	0
Distância de vias	3	100	100	100	3	3	3
Proximidade a núcleos residenciais urbanos	10	100	100	100	10	10	10
Vida útil mínima	3	100	100	100	3	3	3
Permeabilidade natural do solo	3	100	100	100	3	3	3
Uso do solo	3	100	100	100	3	3	3
Declividade	3	100	100	100	3	3	3
Custo de investimento em construção e infraestrutura	4	0	0	0	0	0	0
Custo com manutenção do sistema de drenagem	2	50	50	50	1	1	1
Distância de núcleos urbanos de baixa renda	6	100	100	100	6	6	6
Legislação Municipal	10	50	50	50	1	1	1
<b>Pontuação Total</b>					<b>48</b>	<b>33</b>	<b>33</b>

Fonte: Adaptado de Monteiro et al. (2001).

De acordo com a ponderação das áreas obtida no quadro acima, notou-se que estas apresentaram características similares, no entanto, observa-se que a Área 1 se sobressai tendo em vista que atende, mesmo que de forma parcial, ao critério de maior prioridade que é o de proximidade a cursos d'água.

## 6 CONCLUSÕES

É indispensável uma gestão adequada dos resíduos sólidos, em atendimento a legislação vigente, e para evitar/mitigar a deterioração da qualidade ambiental, de modo a garantir sua conservação.

A disposição final dos resíduos sólidos em aterro sanitário, está longe de ser a solução ideal, contudo, ainda é a opção mais viável para a maioria dos municípios brasileiros, que dispõem seus resíduos inadequadamente em lixões.

Desta forma, a utilização de ferramentas disponíveis no geoprocessamento para a análise e pesquisa de áreas propensas à implantação de aterros sanitários é formidável, haja vista a complexidade para a seleção de áreas para esta finalidade, pois requer diversos estudos técnicos, financeiros e ambientais.

Assim, é possível afirmar, de forma preliminar e após a realização de algumas manobras de engenharia, que a Área 1 é mais indicada para implantação do aterro sanitário dentre as três áreas avaliadas. Tal conclusão foi evidenciada por meio da análise dos critérios predefinidos, mesmo não atendendo totalmente todos os critérios.

A área 1, mesmo sendo considerada a mais apta frente às demais, é indispensável estudos geológicos e geotécnicos mais detalhados, além de análise de custos e viabilidade econômica para implantação do aterro.

O SIG Qgis demonstrou ser uma importante ferramenta na seleção de prováveis áreas para instalação do aterro sanitário, auxiliando na análise de critérios o que possibilitou a seleção preliminar da Área 1.



## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. NBR 11.174/1990. **Armazenamento de resíduos classes II - não inertes e III - inertes**. Rio de Janeiro, 1990.

\_\_\_\_\_. ABNT. NBR 8.419/1992. **Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos – Procedimento**. Rio de Janeiro, 1992.

\_\_\_\_\_. ABNT. NBR 12.980/1993. **Coleta, varrição e acondicionamento de resíduos sólidos urbanos**. Rio de Janeiro, 1993.

\_\_\_\_\_. ABNT. NBR 13.896/1997. **Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação**. Rio de Janeiro, 1997.

\_\_\_\_\_. ABNT. NBR 10.004. **Resíduos Sólidos - classificação**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. 2014.

ANTUNES, P. B. **Direito Ambiental**. 12ª Edição. Ed. Lumen Juris. São Paulo, 2011.

ALBUQUERQUE, P. C. G.; SANTOS, C. C. dos. **GPS para iniciantes. Mini Curso XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento - Belo Horizonte**. INPE, São José dos Campos, 2003. Disponível em: <<http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/jeferson/2003/06.02.09.16/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: 15 de Jun. de 2016.

AUGUSTO FILHO, O. Sistemas de Informações Geográficas aplicados à Engenharia Ambiental. In: CALIJURI, M. C.; CUNHA, D. G. F. **Engenharia Ambiental Conceitos, Tecnologia e Gestão**. Rio de Janeiro. Elsevier, 2013.

BESEN, G. R. & et al. **Resíduos sólidos: vulnerabilidades e perspectivas**. In: SALDIVA P. et al. Meio ambiente e saúde: o desafio das metrópoles. São Paulo: ExLibris, 2010.

BESEN, G. R. **Coleta seletiva com inclusão de catadores: construção participativa de indicadores e índices de sustentabilidade**. 2011. 275 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011.

BORN, V. **Avaliação da aptidão de áreas para a instalação de Aterro sanitário com o uso de ferramentas de apoio à decisão por múltiplos critérios**. 2013. 102 f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Centro Universitário Univates. Lajeado – RS, 2013.

BORTOLATTO, G. R.; Ahlert, S. **Geotecnologias para a escolha de um local para possível construção de um aterro sanitário em Bento Gonçalves, RS**.

3º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente. Bento Gonçalves – RS, 2012.

BRASIL. Presidência da República. Lei Nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 02 de agosto de 2010.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010. **Regulamenta a Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências**. Brasília, DF, 2010. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/decreto/d7404.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7404.htm)>. Acesso em: 28 Jul. 2016.

CAMPOS, M. T. DE. S. **Utilização de técnicas do geoprocessamento na gestão pública municipal de Itapema - SC, identificando zonas especiais de interesse turístico**. 159 f. Dissertação (mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC. 2010.

CARMO JUNIOR, G. N. R. **Resíduos sólidos: origem, formação, classificação, caracterização e impactos**. Disponível em <[http://www.engenhariaambiental.unir.br/admin/prof/arq/Res%20Solidos%20\\_Aula%2001\\_2010.pdf](http://www.engenhariaambiental.unir.br/admin/prof/arq/Res%20Solidos%20_Aula%2001_2010.pdf)>. Acesso em: 15 de Jun. de 2016.

PROSAB. **Resíduos sólidos urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte**. Projeto PROSAB. Rio de Janeiro, 2003.

CEMPRE 2010. Fichas técnicas. **Composto Urbano**. Disponível em [http://www.cempre.org.br/fichas\\_tecnicas.php?lnk=ft\\_composto\\_urbano.php](http://www.cempre.org.br/fichas_tecnicas.php?lnk=ft_composto_urbano.php). Acesso em 16 de junho de 2016.

CARVALHO, E. A. de.; ARAÚJO, P. C. de. **Noções básicas de sistema de posicionamento global GPS**. Aula 08 da Disciplina: Leituras cartográficas e interpretações estatísticas II. Natal, RN: EDUFRRN, 2009. Disponível em: <[http://www.ead.uepb.edu.br/arquivos/cursos/Geografia\\_PAR\\_UAB/Fasciculos%20%20Material/Leituras\\_Cartograficas\\_II/Le\\_Ca\\_II\\_A08\\_MZ\\_GR\\_260809.pdf](http://www.ead.uepb.edu.br/arquivos/cursos/Geografia_PAR_UAB/Fasciculos%20%20Material/Leituras_Cartograficas_II/Le_Ca_II_A08_MZ_GR_260809.pdf)>. Acesso em 16 de junho de 2016.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. CPRM. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: Diagnóstico do município de Pombal, estado da Paraíba**. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. FEAM. **Orientações básicas para a operação de aterro sanitário** / Fundação Estadual do Meio Ambiente. - Belo Horizonte: FEAM, 2006.

FERREIRA, L. C. **Produção mais limpa no plano de gerenciamento de resíduos sólidos em empresas de reparação de veículos**. 2009. 87 fl. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção, Gestão Industrial) –

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Ponta Grossa – MG, 2009.

FITZ, P. R. **Cartografia básica**. 3 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 143p.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. Oficina de Textos. São Paulo - SP, 2002.

FRIGO, J. et al. **Identificação de áreas aptas à implantação de aterro sanitário no município de Cascavel – PR**. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, 2013.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas 2010.

GUADAGNIN, M. R. et al. **Estudo de composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos em municípios do Sul Catarinense**. IX Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental. Porto Alegre – RS, 2014.

HAMADA, E. ; GONÇALVES, R. R. V. **Introdução ao geoprocessamento: princípios básicos e aplicação**. EMBRAPA Meio Ambiente. Documentos 67. Jaguariúna – SP, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Cidades**. 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindowes.htm>. Acesso em: 15 de jun. 2016.

LACERDA, J. M. F. **Uso do geoprocessamento na expansão urbana: o caso das comunidades subnormais do município de Bayeux-PB**. III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife–PE, 2010.

LOURENÇO, R. W. et al. **metodologia para seleção de áreas aptas à instalação de aterros sanitários consorciados utilizando SIG**. Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM. Santa Maria, v. 37 n. 4 set-dez. 2015, p. 122-140.

MARQUES, M. D. **Seleção de área para implantação de aterro sanitário simplificado: Estudo de caso para o município de Guapó – GO**. 2011. 63 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente) – Universidade Federal de Goiás. Goiana – GO, 2011.

MELO, A. de A.; MENEZES, P. M. L. de; SAMPAIO, A. C. F. **O uso de SIG na pesquisa geográfica voltada para o ensino e a aprendizagem**. Caminhos de Geografia, Uberlândia. V. 10, n. 17, p. 97-116 fev. 2006. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/viewFile/10089/5960>> Acesso em: 08 de jun. de 2016.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. MMA. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/pol%C3%ADtica-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos>>. Acesso em: 07 de jun. de 2016.

MONTEIRO, J. H. P. et al. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. Elaborado pelo IBAM - Instituto Brasileiro de Administração Municipal. Rio de Janeiro, 2001.

MOURA, A.C.M. **Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano**. 2º Ed. Belo Horizonte: Ed. da autora, 2005.

NOÈ, J. R. **Avaliação da área do lixão para instalação de aterro sanitário consorciado no município de Pombal - PB utilizando SIG livre**. 2013. 84 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Pombal – PB, 2013.

ORNELAS, A. R. **Aplicação de métodos de análise espacial na gestão dos resíduos sólidos urbanos**. 2011. 100 f. Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte – MG, 2011.

PIROLI, E. L. **Introdução ao geoprocessamento**. Unesp/Campus Experimental de Ourinhos, 2010.

POMBAL. Lei nº 598 de 21 de junho de 1985. Institui o **Código de Urbanismo, integrado ao Plano de Desenvolvimento Urbano de Pombal**, suas normas ordenadas e disciplinadoras, e dá outras providências.

\_\_\_\_\_. Lei nº 1287, de 10 de outubro de 2006. Define o **Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado do Município de Pombal**, Estado da Paraíba e dá Outras Providências.

\_\_\_\_\_. Lei Nº 1.599, de 19 de dezembro de 2013. Institui o **Código Ambiental do Município de Pombal - PB** e dá Outras Providências.

REDE DE CAPACITAÇÃO E EXTENSÃO TECNOLÓGICA EM SANEAMENTO AMBIENTAL. RECESA. Esgotamento sanitário. **Operação e manutenção de sistemas simplificados de tratamento de esgotos: Guia do profissional em treinamento: nível 2** / Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.). – Belo Horizonte - MG, 2008.

RIBEIRO, R. L. P. Análise da viabilidade ambiental e econômica para implantação de aterro sanitário em Sarandi – RS. 2011. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo, 2011.

ROSE, A. **Uma avaliação comparativa de alguns sistemas de informação geográfica aplicados aos transportes**. São Carlos. 2001. 79 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade de São Paulo. São Carlos - SP, 2001.

SANTOS, S.; PINA, M. F.; CARVALHO, M. S. **Os Sistemas de Informações Geográficas**. IN\_PINA, M. F. (Org). Conceitos básicos de Sistemas de Informação Geográfica e Cartografia aplicados à saúde. Brasília: OPAS, 2000.

SILVA, A. N. **Manejo de Resíduos Sólidos Industriais: Frigorífico de Araguaína – TO**. 2011. 57f. Monografia (Bacharelado em Administração) – Universidade de Brasília, Departamento de Administração - EaD. Brasília - DF, 2011.

SILVA, N. L. S. **Aterro sanitário para resíduos sólidos urbanos - RSU – matriz para seleção da área de implantação**. 2011. 67f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Departamento de Tecnologia. Feira de Santana - BA, 2011.

SILVA, S. S. F. da., & et al. (2012). **Indicador de Sustentabilidade Pressão – Estado – Impacto – Resposta no Diagnóstico do Cenário Sócio Ambiental resultante dos Resíduos Sólidos Urbanos em Cuité, PB**. In: REUNIR – Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade. Vol. 2, nº 3 – Edição Especial Rio +20, Ago., p.76-93.

SILVA, K. T. **Projeto de um Aterro Sanitário de Pequeno Porte**. 2016. 81f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ/Escola Politécnica. Rio de Janeiro, 2016.

SOUZA, P. C. DE. **Codisposição de Lodo de Fossa Séptica em Aterro Sanitário do Tipo Trincheira**. 2015. XC, 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente) - Universidade Federal de Goiás. Goiânia – GO, 2015.

OLIVEIRA NETO, J. T. **Determinação de Áreas Favoráveis à Implantação de Aterro Sanitário de Resíduos Sólidos Urbanos para o município de Piumhi-MG**. 2011. 53f. Monografia (Especialização em Geoprocessamento) - Instituto Geociências. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <<http://csr.ufmg.br/geoprocessamento/publicacoes/JoseTerraNeto.pdf>>. Acessado em: 20 de Ago. de 2016.

TRINDADE, F. S. **O uso dos softwares livres de SIG como ferramenta de apoio ao ensino de Geografia no nível fundamental: Um estudo de caso a partir da elaboração de um mapa temático sobre Áreas de Risco através do software “TerraView”**. 2012. 37 f. Monografia (Graduação em Bacharel em Geografia) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa – MG, 2013.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. 3º edição. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica de São Paulo. São Paulo, 2006.

## APÊNDICES

## APÊNDICE A

Tabela I – Projeção populacional para os 9 municípios da região geoadministrativa de Pombal –PB

Ano	População								
	Aparecida	Cajazeirinhas	Condado	Lagoa	Paulista	Pombal	São Bentinho	São Domingos	Vista Serrana
2015	8.263	3.165	6.733	4.687	12.216	32.712	4.451	3.061	3.744
2016	8.353	3.182	6.744	4.676	12.265	32.740	4.499	3.091	3.778
2017	8.444	3.199	6.755	4.665	12.315	32.768	4.547	3.122	3.813
2018	8.536	3.217	6.766	4.654	12.364	32.796	4.595	3.153	3.848
2019	8.629	3.234	6.777	4.643	12.414	32.824	4.644	3.184	3.883
2020	8.723	3.251	6.788	4.632	12.464	32.852	4.694	3.216	3.919
2021	8.818	3.269	6.799	4.622	12.514	32.881	4.744	3.247	3.955
2022	8.914	3.287	6.811	4.611	12.565	32.909	4.794	3.279	3.991
2023	9.011	3.304	6.822	4.600	12.615	32.937	4.846	3.312	4.027
2024	9.109	3.322	6.833	4.589	12.666	32.965	4.897	3.345	4.064
2025	9.208	3.340	6.844	4.578	12.717	32.993	4.949	3.378	4.102
2026	9.308	3.358	6.855	4.568	12.768	33.022	5.002	3.411	4.139
2027	9.410	3.376	6.866	4.557	12.820	33.050	5.056	3.445	4.177
2028	9.512	3.395	6.878	4.546	12.871	33.078	5.110	3.479	4.215
2029	9.616	3.413	6.889	4.536	12.923	33.107	5.164	3.514	4.254
2030	9.720	3.431	6.900	4.525	12.975	33.135	5.219	3.548	4.293
2031	9.826	3.450	6.911	4.514	13.027	33.163	5.275	3.583	4.332
2032	9.933	3.468	6.923	4.504	13.080	33.192	5.331	3.619	4.372
2033	10.041	3.487	6.934	4.493	13.133	33.220	5.388	3.655	4.412
2034	10.151	3.506	6.945	4.483	13.185	33.249	5.446	3.691	4.453
2035	10.261	3.525	6.957	4.472	13.239	33.277	5.504	3.727	4.493

Fonte: Elaboração própria.

## APÊNDICE B

Tabela II – Estimativa da geração e Volumes (acumulado e total) de resíduos, referente ao município de Aparecida

Ano	População (hab)	Geração <i>Per capita</i> (kg/hab.dia)	Cobertura de coleta (%)	Massa (kd/d)	Massa (ton/d)	Volume de resíduos compactados		
						(m <sup>3</sup> /d)	(m <sup>3</sup> /ano)	Acumulado (m <sup>3</sup> )
2016	8.353	0,5	0,8	3341	3,34	4,176	1307	1307
2017	8.444	0,5	0,8	3378	3,38	4,222	1321	2629
2018	8.536	0,5	0,8	3414	3,41	4,268	1336	3965
2019	8.629	0,5	0,8	3452	3,45	4,314	1350	5315
2020	8.723	0,5	0,8	3489	3,49	4,361	1365	6680
2021	8.818	0,5	0,8	3527	3,53	4,409	1380	8060
2022	8.914	0,5	0,8	3565	3,57	4,457	1395	9455
2023	9.011	0,5	0,8	3604	3,60	4,505	1410	10865
2024	9.109	0,5	0,8	3644	3,64	4,554	1426	12291
2025	9.208	0,5	0,8	3683	3,68	4,604	1441	13732
2026	9.308	0,5	1	4654	4,65	5,818	1821	15553
2027	9.410	0,5	1	4705	4,70	5,881	1841	17394
2028	9.512	0,5	1	4756	4,76	5,945	1861	19254
2029	9.616	0,5	1	4808	4,81	6,010	1881	21135
2030	9.720	0,5	1	4860	4,86	6,075	1902	23037
2031	9.826	0,5	1	4913	4,91	6,141	1922	24959
2032	9.933	0,5	1	4967	4,97	6,208	1943	26902
2033	10.041	0,5	1	5021	5,02	6,276	1964	28867
2034	10.151	0,5	1	5075	5,08	6,344	1986	30853
2035	10.261	0,5	1	5131	5,13	6,413	2007	32860
Volume total do aterro (resíduos compactados)								<b>32860</b>
Volume total do aterro = volume acumulado + 20% de material de cobertura								<b>6572</b>

Fonte: Adaptado de RECESA (2008).



Tabela III – Estimativa da geração e Volumes (acumulado e total) de resíduos, referente ao município de Cajazeirinhas

Ano	População (hab)	Geração Per capita (kg/hab.dia)	Cobertura de coleta (%)	Massa (kd/d)	Massa (ton/d)	Volume de resíduos compactados		
						(m³/d)	(m³/ano)	Acumulado (m³)
2016	3.182	0,5	0,8	1273	1,27	1,591	498	498
2017	3.199	0,5	0,8	1280	1,28	1,600	501	999
2018	3.217	0,5	0,8	1287	1,29	1,608	503	1502
2019	3.234	0,5	0,8	1294	1,29	1,617	506	2008
2020	3.251	0,5	0,8	1301	1,30	1,626	509	2517
2021	3.269	0,5	0,8	1308	1,31	1,634	512	3029
2022	3.287	0,5	0,8	1315	1,31	1,643	514	3543
2023	3.304	0,5	0,8	1322	1,32	1,652	517	4060
2024	3.322	0,5	0,8	1329	1,33	1,661	520	4580
2025	3.340	0,5	0,8	1336	1,34	1,670	523	5103
2026	3.358	0,5	1	1679	1,68	2,099	657	5760
2027	3.376	0,5	1	1688	1,69	2,110	660	6420
2028	3.395	0,5	1	1697	1,70	2,122	664	7084
2029	3.413	0,5	1	1706	1,71	2,133	668	7752
2030	3.431	0,5	1	1716	1,72	2,145	671	8423
2031	3.450	0,5	1	1725	1,72	2,156	675	9098
2032	3.468	0,5	1	1734	1,73	2,168	679	9777
2033	3.487	0,5	1	1744	1,74	2,179	682	10459
2034	3.506	0,5	1	1753	1,75	2,191	686	11145
2035	3.525	0,5	1	1762	1,76	2,203	690	11834
Volume total do aterro (resíduos compactados)								<b>11834</b>
Volume total do aterro = volume acumulado + 20% de material de cobertura								<b>2367</b>

Fonte: Adaptado de RECESA (2008).

Tabela IV – Estimativa da geração e Volumes (acumulado e total) de resíduos, referente ao município de Condado

Ano	População (hab)	Geração Per capita (kg/hab.dia)	Cobertura de coleta (%)	Massa (kd/d)	Massa (ton/d)	Volume de resíduos compactados		
						(m <sup>3</sup> /d)	(m <sup>3</sup> /ano)	Acumulado (m <sup>3</sup> )
2016	6.744	0,5	0,8	2698	2,70	3,372	1055	1055
2017	6.755	0,5	0,8	2702	2,70	3,378	1057	2113
2018	6.766	0,5	0,8	2706	2,71	3,383	1059	3172
2019	6.777	0,5	0,8	2711	2,71	3,389	1061	4232
2020	6.788	0,5	0,8	2715	2,72	3,394	1062	5294
2021	6.799	0,5	0,8	2720	2,72	3,400	1064	6359
2022	6.811	0,5	0,8	2724	2,72	3,405	1066	7424
2023	6.822	0,5	0,8	2729	2,73	3,411	1068	8492
2024	6.833	0,5	0,8	2733	2,73	3,416	1069	9561
2025	6.844	0,5	0,8	2738	2,74	3,422	1071	10632
2026	6.855	0,5	1	3428	3,43	4,284	1341	11973
2027	6.866	0,5	1	3433	3,43	4,292	1343	13317
2028	6.878	0,5	1	3439	3,44	4,299	1345	14662
2029	6.889	0,5	1	3444	3,44	4,306	1348	16010
2030	6.900	0,5	1	3450	3,45	4,313	1350	17360
2031	6.911	0,5	1	3456	3,46	4,320	1352	18712
2032	6.923	0,5	1	3461	3,46	4,327	1354	20066
2033	6.934	0,5	1	3467	3,47	4,334	1356	21422
2034	6.945	0,5	1	3473	3,47	4,341	1359	22781
2035	6.957	0,5	1	3478	3,48	4,348	1361	24142
Volume total do aterro (resíduos compactados)								<b>24142</b>
Volume total do aterro = volume acumulado + 20% de material de cobertura								<b>4828</b>

Fonte: Adaptado de RECESA (2008).

Tabela V – Estimativa da geração e Volumes (acumulado e total) de resíduos, referente ao município de Lagoa

Ano	População (hab)	Geração <i>Per capita</i> (kg/hab.dia)	Cobertura de coleta (%)	Massa (kd/d)	Massa (ton/d)	Volume de resíduos compactados		
						(m³/d)	(m³/ano)	Acumulado (m³)
2016	4.676	0,5	0,8	1870	1,87	2,338	732	732
2017	4.665	0,5	0,8	1866	1,87	2,333	730	1462
2018	4.654	0,5	0,8	1862	1,86	2,327	728	2190
2019	4.643	0,5	0,8	1857	1,86	2,322	727	2917
2020	4.632	0,5	0,8	1853	1,85	2,316	725	3642
2021	4.622	0,5	0,8	1849	1,85	2,311	723	4365
2022	4.611	0,5	0,8	1844	1,84	2,305	722	5087
2023	4.600	0,5	0,8	1840	1,84	2,300	720	5807
2024	4.589	0,5	0,8	1836	1,84	2,295	718	6525
2025	4.578	0,5	0,8	1831	1,83	2,289	717	7241
2026	4.568	0,5	1	2284	2,28	2,855	894	8135
2027	4.557	0,5	1	2278	2,28	2,848	891	9026
2028	4.546	0,5	1	2273	2,27	2,841	889	9916
2029	4.536	0,5	1	2268	2,27	2,835	887	10803
2030	4.525	0,5	1	2263	2,26	2,828	885	11688
2031	4.514	0,5	1	2257	2,26	2,822	883	12571
2032	4.504	0,5	1	2252	2,25	2,815	881	13452
2033	4.493	0,5	1	2247	2,25	2,808	879	14331
2034	4.483	0,5	1	2241	2,24	2,802	877	15208
2035	4.472	0,5	1	2236	2,24	2,795	875	16083
Volume total do aterro (resíduos compactados)								<b>16083</b>
Volume total do aterro = volume acumulado + 20% de material de cobertura								<b>3217</b>

Fonte: Adaptado de RECESA (2008).

Tabela V I– Estimativa da geração e Volumes (acumulado e total) de resíduos, referente ao município de Paulista

Ano	População (hab)	Geração <i>Per capita</i> (kg/hab.dia)	Cobertura de coleta (%)	Massa (kd/d)	Massa (ton/d)	Volume de resíduos compactados		
						(m³/d)	(m³/ano)	Acumulado (m³)
2016	12.265	0,5	0,8	4906	4,91	6,133	1920	1920
2017	12.315	0,5	0,8	4926	4,93	6,157	1927	3847
2018	12.364	0,5	0,8	4946	4,95	6,182	1935	5782
2019	12.414	0,5	0,8	4966	4,97	6,207	1943	7725
2020	12.464	0,5	0,8	4986	4,99	6,232	1951	9675
2021	12.514	0,5	0,8	5006	5,01	6,257	1958	11634
2022	12.565	0,5	0,8	5026	5,03	6,282	1966	13600
2023	12.615	0,5	0,8	5046	5,05	6,308	1974	15574
2024	12.666	0,5	0,8	5066	5,07	6,333	1982	17556
2025	12.717	0,5	0,8	5087	5,09	6,358	1990	19547
2026	12.768	0,5	1	6384	6,38	7,980	2498	22044
2027	12.820	0,5	1	6410	6,41	8,012	2508	24552
2028	12.871	0,5	1	6436	6,44	8,045	2518	27070
2029	12.923	0,5	1	6462	6,46	8,077	2528	29598
2030	12.975	0,5	1	6488	6,49	8,109	2538	32137
2031	13.027	0,5	1	6514	6,51	8,142	2548	34685
2032	13.080	0,5	1	6540	6,54	8,175	2559	37244
2033	13.133	0,5	1	6566	6,57	8,208	2569	39813
2034	13.185	0,5	1	6593	6,59	8,241	2579	42392
2035	13.239	0,5	1	6619	6,62	8,274	2590	44982
Volume total do aterro (resíduos compactados)								<b>44982</b>
Volume total do aterro = volume acumulado + 20% de material de cobertura								<b>8996</b>

Fonte: Adaptado de RECESA (2008).

Tabela VII – Estimativa da geração e Volumes (acumulado e total) de resíduos, referente ao município de Pombal

Ano	População (hab)	Geração <i>Per capita</i> (kg/hab.dia)	Cobertura de coleta (%)	Massa (kd/d)	Massa (ton/d)	Volume de resíduos compactados		
						(m <sup>3</sup> /d)	(m <sup>3</sup> /ano)	Acumulado (m <sup>3</sup> )
2016	32.740	0,5017	0,8	13142	13,14	18,774	5876	5876
2017	32.768	0,5018	0,8	13154	13,15	18,791	5882	11758
2018	32.796	0,5018	0,8	13165	13,17	18,808	5887	17645
2019	32.824	0,5018	0,8	13177	13,18	18,824	5892	23537
2020	32.852	0,5018	0,8	13189	13,19	18,841	5897	29434
2021	32.881	0,5018	0,8	13201	13,20	18,858	5903	35336
2022	32.909	0,5019	0,8	13212	13,21	18,875	5908	41244
2023	32.937	0,5019	0,8	13224	13,22	18,892	5913	47157
2024	32.965	0,5019	0,8	13236	13,24	18,908	5918	53076
2025	32.993	0,5019	0,8	13248	13,25	18,925	5924	58999
2026	33.022	0,5019	1	16574	16,57	23,678	7411	66410
2027	33.050	0,5019	1	16589	16,59	23,699	7418	73828
2028	33.078	0,5020	1	16604	16,60	23,720	7424	81253
2029	33.107	0,5020	1	16619	16,62	23,741	7431	88684
2030	33.135	0,5020	1	16634	16,63	23,762	7438	96121
2031	33.163	0,5020	1	16649	16,65	23,784	7444	103566
2032	33.192	0,5020	1	16663	16,66	23,805	7451	111017
2033	33.220	0,5021	1	16678	16,68	23,826	7458	118474
2034	33.249	0,5021	1	16693	16,69	23,847	7464	125938
2035	33.277	0,5021	1	16708	16,71	23,869	7471	133409
Volume total do aterro (resíduos compactados)								<b>133409</b>
Volume total do aterro = volume acumulado + 20% de material de cobertura								<b>26682</b>

Fonte: Adaptado de RECESA (2008).

Tabela VIII – Estimativa da geração e Volumes (acumulado e total) de resíduos, referente ao município de São Bentinho

Ano	População (hab)	Geração <i>Per capita</i> (kg/hab.dia)	Cobertura de coleta (%)	Massa (kd/d)	Massa (ton/d)	Volume de resíduos compactados		
						(m³/d)	(m³/ano)	Acumulado (m³)
2016	4.499	0,5	0,8	1799	1,80	2,571	805	805
2017	4.547	0,5	0,8	1819	1,82	2,598	813	1618
2018	4.595	0,5	0,8	1838	1,84	2,626	822	2440
2019	4.644	0,5	0,8	1858	1,86	2,654	831	3270
2020	4.694	0,5	0,8	1877	1,88	2,682	839	4110
2021	4.744	0,5	0,8	1897	1,90	2,711	848	4958
2022	4.794	0,5	0,8	1918	1,92	2,740	858	5816
2023	4.846	0,5	0,8	1938	1,94	2,769	867	6682
2024	4.897	0,5	0,8	1959	1,96	2,798	876	7558
2025	4.949	0,5	0,8	1980	1,98	2,828	885	8443
2026	5.002	0,5	1	2501	2,50	3,573	1118	9562
2027	5.056	0,5	1	2528	2,53	3,611	1130	10692
2028	5.110	0,5	1	2555	2,55	3,650	1142	11835
2029	5.164	0,5	1	2582	2,58	3,689	1155	12989
2030	5.219	0,5	1	2610	2,61	3,728	1167	14156
2031	5.275	0,5	1	2637	2,64	3,768	1179	15335
2032	5.331	0,5	1	2666	2,67	3,808	1192	16527
2033	5.388	0,5	1	2694	2,69	3,849	1205	17732
2034	5.446	0,5	1	2723	2,72	3,890	1218	18949
2035	5.504	0,5	1	2752	2,75	3,931	1230	20180
Volume total do aterro (resíduos compactados)								<b>20180</b>
Volume total do aterro = volume acumulado + 20% de material de cobertura								<b>4036</b>

Fonte: Adaptado de RECESA (2008).

Tabela IX – Estimativa da geração e Volumes (acumulado e total) de resíduos, referente ao município de São Domingos

Ano	População (hab)	Geração <i>Per capita</i> (kg/hab.dia)	Cobertura de coleta (%)	Massa (kd/d)	Massa (ton/d)	Volume de resíduos compactados		
						(m <sup>3</sup> /d)	(m <sup>3</sup> /ano)	Acumulado (m <sup>3</sup> )
2016	3.091	0,5	0,8	1237	1,24	1,766	553	553
2017	3.122	0,5	0,8	1249	1,25	1,784	558	1111
2018	3.153	0,5	0,8	1261	1,26	1,802	564	1675
2019	3.184	0,5	0,8	1274	1,27	1,819	569	2245
2020	3.216	0,5	0,8	1286	1,29	1,837	575	2820
2021	3.247	0,5	0,8	1299	1,30	1,856	581	3401
2022	3.279	0,5	0,8	1312	1,31	1,874	587	3987
2023	3.312	0,5	0,8	1325	1,32	1,893	592	4580
2024	3.345	0,5	0,8	1338	1,34	1,911	598	5178
2025	3.378	0,5	0,8	1351	1,35	1,930	604	5782
2026	3.411	0,5	1	1706	1,71	2,437	763	6545
2027	3.445	0,5	1	1723	1,72	2,461	770	7315
2028	3.479	0,5	1	1740	1,74	2,485	778	8093
2029	3.514	0,5	1	1757	1,76	2,510	786	8878
2030	3.548	0,5	1	1774	1,77	2,535	793	9671
2031	3.583	0,5	1	1792	1,79	2,560	801	10473
2032	3.619	0,5	1	1809	1,81	2,585	809	11282
2033	3.655	0,5	1	1827	1,83	2,611	817	12099
2034	3.691	0,5	1	1845	1,85	2,636	825	12924
2035	3.727	0,5	1	1864	1,86	2,662	833	13757
Volume total do aterro (resíduos compactados)								<b>13757</b>
Volume total do aterro = volume acumulado + 20% de material de cobertura								<b>2751</b>

Fonte: Adaptado de RECESA (2008).

Tabela X – Estimativa da geração e Volumes (acumulado e total) de resíduos, referente ao município de Vista Serrana

Ano	População (hab)	Geração <i>Per capita</i> (kg/hab.dia)	Cobertura de coleta (%)	Massa (kd/d)	Massa (ton/d)	Volume de resíduos compactados		
						(m <sup>3</sup> /d)	(m <sup>3</sup> /ano)	Acumulado (m <sup>3</sup> )
2016	3.778	0,5	0,8	1511	1,51	2,159	676	676
2017	3.813	0,5	0,8	1525	1,53	2,179	682	1358
2018	3.848	0,5	0,8	1539	1,54	2,199	688	2046
2019	3.883	0,5	0,8	1553	1,55	2,219	695	2740
2020	3.919	0,5	0,8	1567	1,57	2,239	701	3441
2021	3.955	0,5	0,8	1582	1,58	2,260	707	4149
2022	3.991	0,5	0,8	1596	1,60	2,281	714	4863
2023	4.027	0,5	0,8	1611	1,61	2,301	720	5583
2024	4.064	0,5	0,8	1626	1,63	2,322	727	6310
2025	4.102	0,5	0,8	1641	1,64	2,344	734	7043
2026	4.139	0,5	1	2070	2,07	2,957	925	7969
2027	4.177	0,5	1	2089	2,09	2,984	934	8903
2028	4.215	0,5	1	2108	2,11	3,011	942	9845
2029	4.254	0,5	1	2127	2,13	3,039	951	10796
2030	4.293	0,5	1	2147	2,15	3,066	960	11756
2031	4.332	0,5	1	2166	2,17	3,095	969	12725
2032	4.372	0,5	1	2186	2,19	3,123	977	13702
2033	4.412	0,5	1	2206	2,21	3,152	986	14689
2034	4.453	0,5	1	2226	2,23	3,180	995	15684
2035	4.493	0,5	1	2247	2,25	3,210	1005	16689
Volume total do aterro (resíduos compactados)								16689
Volume total do aterro = volume acumulado + 20% de material de cobertura								<b>3338</b>

Fonte: Adaptado de RECESA (2008)