



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

**AVALIAÇÃO DA ÁREA DO LIXÃO PARA INSTALAÇÃO DE
ATERRO SANITÁRIO CONSORCIADO NO MUNICÍPIO DE
POMBAL-PB UTILIZANDO SIG LIVRE**

JUSSAMARA RODRIGUES NOÉ

**DIGITALIZAÇÃO
SISTEMOTECA - UFCG**

POMBAL-PB

2013

JUSSAMARA RODRIGUES NOÉ

**AVALIAÇÃO DA ÁREA DO LIXÃO PARA INSTALAÇÃO DE
ATERRO SANITÁRIO CONSORCIADO NO MUNICÍPIO DE
POMBAL-PB UTILIZANDO SIG LIVRE**

Monografia apresentada à Coordenação
do Curso de Engenharia Ambiental da
Universidade Federal de Campina Grande
como requisito para a obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Érica Cristine Medeiros Nobre Machado

Co-orientador: Prof. Dr. Camilo Allyson Simões de Farias

POMBAL-PB

ABRIL de 2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

N763a Noé, Jussamara Rodrigues.
Avaliação da área do lixão para instalação de aterro sanitário consorciado no município de Pombal-PB utilizando SIG livre / Jussamara Rodrigues Noé. – Pombal, 2013.
50 f. : il.

Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2013.

"Orientação: Profa. Dra. Érica Cristine Medeiros Nobre Machado, Prof. Dr. Camilo Allyson Simões de Farias".

Referências.

1. Aterro Sanitário.. 2. *Software* Livre. 3. Análise Multicritério.
I. Machado, Érica Cristine Medeiros Nobre. II. Farias, Camilo Allyson Simões de. III. Título.

CDU 628.472(043)

JUSSAMARA RODRIGUES NOÉ

**AVALIAÇÃO DA ÁREA DO LIXÃO PARA INSTALAÇÃO DE
ATERRO SANITÁRIO CONSORCIADO NO MUNICÍPIO DE
POMBAL-PB UTILIZANDO SIG LIVRE**

Monografia aprovada em 23 de Abril de 2013.

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dr^ª. Érica Cristine M. N. Machado (CCTA/UFCG - Orientadora)

Prof. Dr. José Cleidimário Araújo Leite (CCTA/UFCG - Examinador Interno)

Prof^ª. Dr^ª. Patrícia Hermínio Cunha Feitosa (CTRN/UFCG - Examinadora Externa)

POMBAL-PB

ABRIL de 2013

DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho a toda a minha família,
em especial aos meus pais José e Luzia por
possibilitarem minha formação.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, por estar sempre comigo, iluminando-me e dando forças em toda a minha vida.

À minha orientadora, Prof.^a Érica Cristine e ao meu co-orientador Prof. Camilo Allyson, por terem aconselhado-me para que pudesse fazer o melhor possível e acalmado-me nos momentos de desespero.

Aos professores da Unidade Acadêmica de Ciências e Tecnologia Ambiental pelo conhecimento transmitido ao longo do curso.

Aos meus amigos Karla, Cibelle Mara e Wellington, por terem contribuído com este trabalho através das informações repassadas.

A meu irmão Josean, por ter acompanhado-me na visita de campo realizada ao lixão de Pombal-PB.

À Prefeitura Municipal de Pombal-PB, pelos dados disponibilizados para a elaboração deste trabalho.

A todos (as) muito obrigada!

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Componentes de um aterro sanitário.....	10
Figura 02 - Localização dos municípios do Consórcio de Desenvolvimento Sustentável do Médio Piranhas (CODEMP) em relação ao estado da Paraíba.	22
Figura 03 - Lixão do município de Pombal-PB.....	23
Figura 04 - Localização da área do lixão em relação ao município de Pombal-PB. .	24
Figura 05 - Hidrografia do município de Pombal-PB.....	31
Figura 06 - Sistema viário do município de Pombal-PB.....	32
Figura 07 - Núcleo urbano do município de Pombal-PB.	33
Figura 08 - Uso do solo do município de Pombal-PB.....	35
Figura 09 - Tipos de solo do município de Pombal-PB.	36
Figura 10 - Curvas de nível do município de Pombal-PB.....	38
Figura 11 - Presença de rede de transmissão de energia elétrica nas proximidades do lixão de Pombal-PB.	40
Figura 12 - Possíveis áreas para se implantar aterro sanitário no município de Pombal-PB.	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 01- Critérios técnicos utilizados na seleção de áreas para instalação de aterro sanitário.	12
Tabela 02 - Critérios econômico-financeiros utilizados na seleção de áreas para instalação de aterro sanitário.....	13
Tabela 03 - Critérios político-sociais utilizados na seleção de áreas para instalação de aterro sanitário.....	13
Tabela 04 - Modelo para estimar o volume total, ano a ano, dos resíduos compactados e o volume total do aterro sanitário.....	15
Tabela 05 - Características dos municípios do Consórcio de Desenvolvimento Sustentável do Médio Piranhas-CODEMP.	22
Tabela 06 - Faixas mais utilizadas da geração <i>per capita</i>	26
Tabela 07 - Critérios técnicos utilizados e forma de análise.	27
Tabela 08 - Priorização dos critérios de seleção.	29
Tabela 09 - Volume de resíduos gerados durante vinte anos (2013 - 2032).....	30
Tabela 10 - Cenários de análise da vida útil da área do lixão.	34
Tabela 11- Distância do transporte dos resíduos a Pombal- PB.....	39
Tabela 12 - Prioridades dos critérios selecionados para análise da área do lixão. ..	41

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	v
LISTA DE TABELAS	vi
RESUMO.....	ix
ABSTRACT	x
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Resíduos sólidos	3
2.1.1 Definições	3
2.1.2 Classificação e caracterização	4
2.1.3 Destinação final.....	6
2.1.4 Política Nacional de Resíduos Sólidos	8
2.2 Aterros sanitários.....	10
2.2.1 Componentes de um aterro sanitário	10
2.2.2 Seleção de área para implantação	11
2.2.3 Licenciamento ambiental de aterro sanitário	15
2.3 Sistemas de informações geográficas	16
2.3.1 Definições e relevância em estudos urbanos	16
2.3.2 Utilização na definição de áreas propícias à instalação de aterros sanitários	19
3 MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1 Localização e caracterização da área de estudo	21
3.2 Levantamento de dados georreferenciados.....	24
3.3 Previsão da população e da geração <i>per capita</i>	25
3.4 Cálculo da área necessária para o aterro sanitário.....	26
3.5 Análise da viabilidade da atual área do lixão para instalação do aterro sanitário.....	27
3.6 Identificação de outras possíveis áreas para instalação do aterro sanitário.....	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30

4.1 Área necessária para a construção do aterro	30
4.2 Análise do atendimento aos critérios estabelecidos.....	31
4.2.1 Critérios técnicos.....	31
4.2.2 Critérios econômico-financeiros	38
4.2.3 Critérios político-sociais	41
4.3 Avaliação da área do lixão frente aos critérios estabelecidos	41
4.4 Possíveis áreas para instalação do aterro sanitário.....	42
5 CONCLUSÕES	44
REFERÊNCIAS	45
APÊNDICE	50

RESUMO

Os municípios da Paraíba que compõem o Consórcio de Desenvolvimento Sustentável do Médio Piranhas (CODEMP) buscam instalar um aterro sanitário consorciado para dispor seus resíduos, de forma técnica e ambientalmente adequada, no município de Pombal-PB. O presente trabalho objetiva analisar a viabilidade da atual área onde está localizado o lixão de Pombal-PB quanto à instalação deste aterro sanitário consorciado, de acordo com critérios técnicos, econômico-financeiros e político-sociais estabelecidos pelas leis e normas vigentes. Foi utilizado o *software* livre gvSIG versão 1.12 na análise espacial de alguns dos critérios adotados e na seleção preliminar de outras possíveis áreas para a construção do aterro consorciado. Observou-se que a área do lixão do município de Pombal-PB atende aos critérios de maior prioridade e não atende aos critérios de menor prioridade: distância de vias e distância ao centro geométrico de coleta. Entretanto, de acordo com avaliação geral do conjunto de critérios, pôde-se concluir que seria possível à instalação do aterro sanitário na referida área. Destacou-se ainda a necessidade de adoção de estratégias de biorremediação da área e a importância da implantação de programas de reciclagem e compostagem de modo a aumentar a vida útil do possível aterro sanitário. Ratificou-se também a praticidade do uso do SIG livre gvSIG na análise da maioria dos critérios adotados e no estabelecimento de outras possíveis áreas para instalação do aterro sanitário no município.

Palavras chaves: Aterro sanitário, *Software* livre, Análise multicritério.

ABSTRACT

The municipalities of *Paraíba* state (Brazil) that comprise the Consortium for Sustainable Development of the Middle *Piranhas* (CODEMP) wish to build a landfill to dispose their solid wastes in a technically and environmentally appropriate, in the municipality of *Pombal-PB*. This study aims at analyzing the viability of the current dump area located in *Pombal* city (*Paraíba* state, Brazil) for installation of this landfill, according to technical, economic-financial and politic-social criteria and by laws and regulations. It was used the free software gvSIG version 1.12 for the spatial analysis of some of the criteria and the preliminary selection of other possible areas for the construction of the landfill. It was observed that the area of the landfill in the city of *Pombal-PB* meets the criteria of highest priorities and does not meet the criteria for lower priorities, distance routes and distance from the geometric center collection. However, according to the overall set of criteria, it can be concluded that it would be possible to implement the landfill in the preestablished area. It was also highlighted the need to adopt strategies for bioremediation of the area and the importance of implementing recycling and composting programs in order to increase the useful life of the landfill. It is important to confirm the practicality of using gvSIG software in the analysis of most of these criteria and the assessment of other possible areas for installation of the landfill in *Pombal* city.

Keywords: Landfill, Free software, Multicriterial Analysis.

1 INTRODUÇÃO

A geração de resíduos sólidos urbanos ocorre diariamente em quantidades e composições que variam de acordo com o tamanho da população e de seu desenvolvimento econômico, constituindo um processo contínuo e inevitável, gerado pelas atividades humanas. Tais resíduos, quando dispostos de forma inadequada, podem ocasionar sérios impactos ambientais, a exemplo dos sanitários e sociais, necessitando, portanto, de especial atenção por parte da população e de seus governantes. Segundo Brito (2009), alguns fatores, como o crescimento da população mundial, os hábitos de consumo da sociedade moderna e o curto ciclo de vida dos produtos contribuem para o aumento da geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) e, conseqüentemente, para o agravamento dos problemas relacionados com a gestão dos RSU.

Desta forma, nos dias atuais um dos principais desafios enfrentados pelos gestores municipais é o gerenciamento dos RSU devido à carência de recursos humanos qualificados, tecnológicos e financeiros. Conforme a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2010), o gerenciamento dos RSU exerce um forte impacto no orçamento das administrações municipais, podendo atingir 20,0% dos gastos da municipalidade. Assim sendo, com orçamento limitado, a maioria das cidades brasileiras dão ênfase ao sistema de limpeza urbana, deixando em segundo plano a destinação final dos resíduos. Por isso, nos municípios de pequeno porte é notória a presença de lixões (MONTEIRO *et al.*, 2001).

Ainda de acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2010), 50,8% dos municípios brasileiros depositam seus resíduos sólidos em lixões, 27,7% utilizam aterros sanitários e 22,5% dispõem seus resíduos em aterros controlados. Este cenário se agrava na Região Nordeste, onde 89,3% dos resíduos são dispostos em lixões.

Para Ferreira (2004 apud ARRUDA, 2007), no Brasil, a destinação final adequada dos RSU é complicada, pois apesar de ser um país que possui amplo território, existe uma alta concentração urbana, onde há uma grande produção de resíduos e poucos espaços adequados para sua destinação.

A seleção de áreas propícias à instalação de um aterro sanitário envolve critérios técnicos, político-sociais e econômico-financeiros, tornando-a complexa e demorada. Por isso, o emprego de ferramentas modernas de geoprocessamento, que é uma disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informação geográfica, facilita e acelera este processo de escolha de áreas, merecendo destaque os Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) que possuem as seguintes vantagens: precisão; facilidade de atualização; flexibilidade de análise; tratamento dos dados; redução de custos e tempo de execução; e, aumento da qualidade no processo de decisão. Têm-se também os SIG's livres que permitem a manipulação de dados geoespaciais e apresenta uma interface amigável.

A Lei 12.305, de 02 de Agosto de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), determina o fechamento dos lixões no Brasil até dia 02 de agosto de 2014. Assim sendo, os municípios brasileiros devem buscar instalar aterros sanitários para dispor seus rejeitos de forma técnica e ambientalmente adequada, como é o caso dos vinte municípios da Paraíba que compõem o Consórcio de Desenvolvimento Sustentável do Médio Piranhas (CODEMP), os quais possuem, em fase de aprovação, um projeto para instalação de um aterro sanitário consorciado, a ser instalado no município de Pombal-PB.

O local, dentro do município de Pombal-PB, para instalação do aterro consorciado ainda não foi definido. Desta forma, reconhecendo a relevante importância do estudo de áreas propícias para instalação deste aterro, o presente trabalho tem como objetivo geral avaliar se a atual área do lixão de Pombal-PB é adequada ou não para instalação de um aterro sanitário consorciado, visando minimizar os custos e os impactos ambientais decorrentes deste empreendimento e atender às exigências legais. Os objetivos específicos são:

- Definir critérios técnicos, econômico-financeiros e político-sociais para a análise da referida área;
- Utilizar o SIG livre gvSIG para gerar mapas com a espacialização dos critérios selecionados e fazer análises de proximidade;
- Definir as prioridades para o atendimento dos critérios selecionados;
- Indicar outras possíveis áreas para instalação do aterro sanitário no município de Pombal-PB.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Resíduos sólidos

2.1.1 Definições

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), através da NBR nº 10.004, de 2004, define resíduos sólidos como:

[...] resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividade de origem industrial, doméstica, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes dos sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis face à melhor tecnologia disponível (ABNT, NBR nº 10.004/2004, p. 1).

Esta definição destaca a complexidade e heterogeneidade dos resíduos sólidos urbanos, uma vez que estes compreendem resíduos provenientes de diversas atividades humanas realizadas no município. Entretanto, a gestão municipal é responsável pela destinação final dos resíduos de origem domiciliar ou aqueles com características similares, como os comerciais, e os resíduos da limpeza pública.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei Federal nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, em seu artigo 3º, inciso XVI, dispõe:

Art. 3º, inciso XVI: Resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL- Lei Federal nº 12.305, 2010, p. 2).

Restringindo a resíduos sólidos urbanos (RSU), a NBR nº 8.419/1992 da ABNT, conceitua os mesmos como aqueles “gerados num aglomerado urbano, excetuados os resíduos industriais perigosos, hospitalares sépticos e de aeroportos e portos, [...]” (ABNT, NBR nº 8.419, 1992, p.2).

2.1.2 Classificação e caracterização

Os resíduos sólidos podem ser classificados de várias formas, tais como: pela **natureza física**: seco ou molhado; pela **composição química**: composto de matéria orgânica ou inorgânica; pela **biodegradabilidade**: facilmente, moderadamente, dificilmente ou não degradável; pelos **riscos potenciais ao meio ambiente**: perigosos, inertes ou não inertes; e ainda segundo a **origem**: domiciliares; de limpeza urbana; resíduos sólidos urbanos; de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços; de serviços públicos de saneamento básico; industriais; de serviços de saúde; da construção civil; agrossilvopastoris; de serviços de transportes; e, de mineração (ReCESA, 2008).

Quanto aos riscos potenciais de contaminação do meio ambiente, a NBR nº 10.004/2004 da ABNT detalha as classes de enquadramento em: **Classe I – Perigosos**: engloba aqueles que em função de suas características intrínsecas de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade apresentam riscos à saúde pública através do aumento da mortalidade ou da morbidade, ou ainda provocam efeitos adversos ao meio ambiente quando manuseados ou dispostos de forma inadequada; **Classe II A - Não inertes**: compreende os resíduos que podem apresentar características de combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade, com possibilidade de acarretar riscos à saúde ou ao meio ambiente; e, **Classe II B – Inertes**: abrange aqueles que, por suas características intrínsecas, não oferecem riscos à saúde e ao meio ambiente.

Conforme a Política Nacional de Resíduos Sólidos, quanto à origem, os resíduos sólidos podem ser classificados em: **resíduos domiciliares**: originários de atividades domésticas em residências urbanas; **resíduos de limpeza urbana**: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana; **resíduos sólidos urbanos**: engloba os resíduos domiciliares e os de limpeza urbana; **resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços**: os originários de estabelecimentos comerciais; **resíduos dos serviços públicos de saneamento básico**: originários dos serviços de saneamento básico; **resíduos industriais**: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais; **resíduos de serviços de saúde**: os gerados nos serviços de saúde; **resíduos da construção civil**: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de

obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis; **resíduos agrossilvopastoris**: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades; **resíduos de serviços de transportes**: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira; e, **resíduos de mineração**: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios.

Já a caracterização dos resíduos de acordo com as características físicas, químicas e biológicas pode variar de uma cidade para outra em função de aspectos sociais, econômicos, culturais, geográficos e climáticos (MONTEIRO *et al.*, 2001). No que diz respeito às características físicas pode-se mencionar como variáveis características mais importantes à geração *per capita*, a composição gravimétrica, o peso específico aparente, o teor de umidade e a compressibilidade.

A geração *per capita* é a soma dos resíduos urbanos gerados diariamente, dividida pelo número de habitantes de determinada região (expressa em kg/hab./dia), sendo muito importante para planejar o sistema de gerenciamento dos resíduos, sobretudo o dimensionamento de instalações e equipamentos, bem como de veículos. A composição gravimétrica traduz o percentual de cada componente em relação ao peso total da amostra de resíduo analisada e é fundamental para avaliar a possibilidade de aproveitamento das frações recicláveis para comercialização e da matéria orgânica para a produção de composto orgânico (CARMO JUNIOR, 2010).

Já o peso específico aparente se refere ao peso do resíduo solto em função do volume ocupado livremente, sem qualquer compactação. Os dados relativos a este parâmetro são necessários para determinar o total de massa e volume de resíduo a ser gerenciado, sendo sua determinação fundamental para um correto dimensionamento dos equipamentos e instalações necessárias ao gerenciamento de resíduos sólidos urbanos (GRSU) (ORNELAS, 2011).

O teor de umidade representa a quantidade de água presente no resíduo, medida em percentual da sua massa total. Este parâmetro se altera em função das estações do ano e da incidência de chuvas, o qual pode ser estimado variando em torno de 40 a 60%.

Por fim, a compressibilidade representa o grau de compactação ou a redução do volume que uma massa de lixo 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).

As características químicas dos resíduos sólidos são importantes, principalmente, para a seleção e avaliação de métodos de tratamento. As mais estudadas são: o **poder calorífico**, que indica a capacidade potencial de um material desprender determinada quantidade de calor quando submetido à queima, sendo essencial para realizar o dimensionamento das instalações de todos os processos de tratamento térmico; a **relação carbono/nitrogênio**, que indica o grau de decomposição da matéria orgânica do resíduo e normalmente está associada à compostagem de resíduos orgânicos (MONTEIRO *et al.*, 2001); o **potencial hidrogeniônico**, que indica o teor de acidez ou alcalinidade dos resíduos e ainda apresenta importância por revelar o grau de corrosividade dos resíduos coletados, servindo para estabelecer o tipo de proteção contra a corrosão a ser usado em veículos, equipamentos, contêineres e caçambas metálicas. Em geral situa-se na faixa de cinco a sete; e a **composição química**, que é importante na escolha de um tratamento adequado para os resíduos coletados e consiste na determinação dos teores de cinzas, matéria orgânica, carbono, nitrogênio, potássio, cálcio, fósforo, resíduo mineral total, resíduo mineral solúvel e gorduras (CARMO JUNIOR, 2010).

As características biológicas são determinadas pela população microbiana e pelos agentes patogênicos presentes no resíduo que, ao lado das características químicas, permitem selecionar métodos de destinação final adequado. Estas características são utilizadas no desenvolvimento de inibidores de cheiro e de retardadores/aceleradores da decomposição da matéria orgânica, normalmente aplicados no interior de veículos de coleta para evitar ou minimizar problemas com a população ao longo do percurso dos veículos (MONTEIRO *et al.*, 2001).

2.1.3 Destinação final

Embora a Lei 12.305/2010 determine o fechamento dos lixões no Brasil até 2014, o cenário atual de destinação final dos resíduos sólidos ainda é precário. A maioria dos municípios brasileiros realiza a destinação de seus resíduos de forma inadequada, em locais impróprios como os lixões, provocando degradação social e natural.

O Brasil apresenta três formas usuais de destinação final dos resíduos sólidos: o lixão ou vazadouro, o aterro controlado e o aterro sanitário.

Os lixões ou vazadouros são bastante utilizados em municípios onde os recursos financeiros são escassos. Apresenta-se como uma forma de disposição inadequada e ilegal conforme a legislação brasileira (lei 12.305/ 2010). Geralmente, localizam-se em lugares impróprios e são caracterizados pela simples descarga do lixo sobre o solo, sem medidas de proteção ao meio ambiente ou à saúde pública, onde não há nenhuma preparação prévia do solo e nem sistema de tratamento do chorume (líquido de cor preta e mau cheiro e de elevado potencial poluidor). Os resíduos sólidos, assim lançados, ocasionam sérios problemas à saúde pública, como proliferação de vetores, geração de maus odores, contaminação do ar, do solo e das águas superficiais e subterrâneas. Além disso, causam sérios problemas sociais, como a presença de animais e de “catadores” que na maioria dos casos residem nestes locais e sobrevivem da “catação” do “lixo”, onde procuram restos de comida e de materiais passíveis de serem vendidos para a reciclagem.

Outra forma é o aterro controlado, que é uma técnica que utiliza princípios de engenharia para o confinamento do resíduo, porém geralmente não dispõe de impermeabilização de base, o que compromete a qualidade das águas subterrâneas, nem conta com sistema de tratamento de lixiviado e de dispersão de gases. Portanto, ainda produz poluição. Nesses casos costuma-se aplicar uma camada de cobertura provisória com material argiloso, a fim de minimizar a entrada da água de chuva no aterro. Aplica-se também uma impermeabilização superior, quando o aterro atinge sua cota operacional máxima (ReCESA, 2008).

Tem-se também o aterro sanitário que é uma forma para dispor os resíduos sólidos no solo baseada em técnicas de engenharia e normas operacionais específicas, permitindo o confinamento seguro dos resíduos promovendo a proteção da saúde pública e do meio ambiente. Neste tipo de destinação final devem ser implantadas medidas para coleta e tratamento de efluentes líquidos e gasosos produzidos, bem como planos de monitoramento ambiental e geotécnico (ReCESA, 2008).

De acordo com Monteiro *et al.* (2001), aterro sanitário é uma técnica de disposição final dos RSU, onde estes são confinados em camadas cobertas com solo, conforme normas operacionais específicas, buscando impedir danos ao meio

ambiente, em especial à saúde e à segurança pública. Para Nogueira e Rocha (2001 *apud* RIBEIRO, 2011), um aterro sanitário pode ser definido como um componente da infraestrutura urbana, integrante de um sistema de engenharia sanitária e ambiental, destinado à disposição final e tratamento dos resíduos sólidos, onde os resíduos possam ser confinados sob o solo e os líquidos e gases provenientes das reações químicas que resultam dos processos de decomposição, podem ser devolvidos ao meio ambiente provocando o mínimo impacto possível.

Segundo a NBR nº 8.419/1992, da ABNT, aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos é:

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, NBR nº 8.419/1992, p. 1).

O aterro sanitário é considerado como a forma mais adequada para a destinação final dos resíduos sólidos urbanos sob os pontos de vista ecológico, sanitário e social. Entretanto, deve-se investigar a possibilidade de reduzir a quantidade dos resíduos antes de encaminhá-los ao aterro sanitário, visando prolongar a vida útil do mesmo.

2.1.4 Política Nacional de Resíduos Sólidos

A Lei nº 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) é bastante atual e contém instrumentos importantes para permitir o avanço necessário ao País no enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos (MMA, 2013). Tal lei se aplica a pessoas físicas ou jurídicas, responsáveis direta ou indiretamente, pela geração de resíduos sólidos e introduz uma visão contemporânea no que diz respeito às ações a serem implementadas para solucionar o problema dos resíduos urbanos, pois visa à gestão integrada e o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos.

O artigo 7º da referida lei dispõe sobre os objetivos da Política Nacional dos Resíduos Sólidos, dentre os quais merecem destaque a proteção da saúde pública e da qualidade ambiental.

Um dos princípios da PNRS é 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.

Esta lei determina também o fechamento dos lixões no Brasil até 2014, sendo que, para isto, se faz necessário o gerenciamento integrado dos RSU, que englobam desde a coleta até a disposição final ambientalmente adequada. Tal Política também ratifica o aterro sanitário como uma das alternativas corretas para disposição final do lixo, principalmente em consórcio. Tal alternativa, além de tratar os resíduos de forma técnica e ambientalmente adequada, apresenta custos mais baixos quando comparada com soluções individuais e também promove a saúde ambiental para as populações, principalmente as que residem próximo de áreas de lixões.

A lei em questão também reforça o viés social da reciclagem com a participação dos catadores, organizados em cooperativas ou associações. A contratação de cooperativas pelos municípios passa a ser critério de prioridade para acesso a recursos da União. Atualmente as cooperativas processam uma pequena parte do total de materiais encaminhados para reciclagem no Brasil. Com as diretrizes da legislação, a tendência é esse quadro se inverter. Portanto, o desafio agora é mobilizar os catadores e capacitar e, aparelhar as cooperativas para exercer esse importante papel, definido pela nova lei (CEMPRE, 2013).

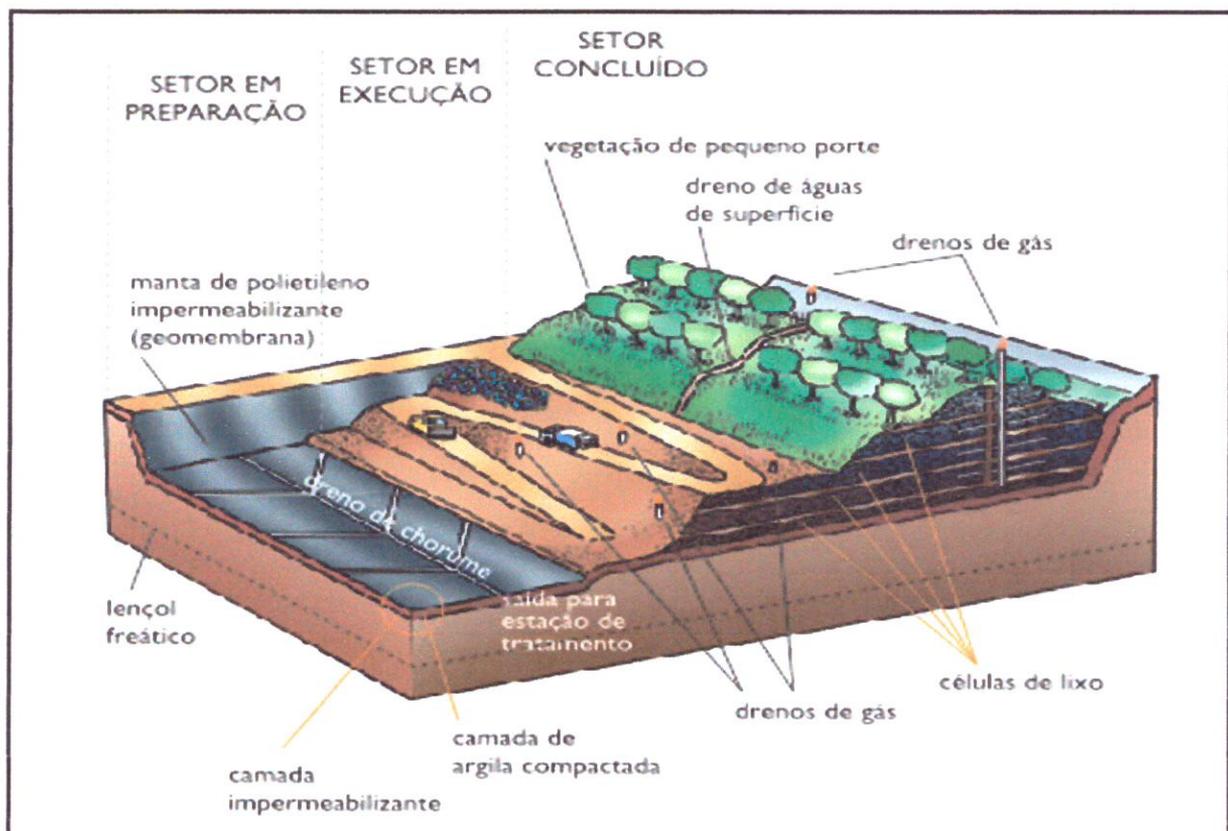
Desta forma, esta lei representa uma força motriz no gerenciamento integrado dos resíduos, o que provocará modificações no cenário da gestão dos resíduos urbanos.

2.2 Aterros sanitários

2.2.1 Componentes de um aterro sanitário

Um aterro sanitário conta com unidades operacionais e de apoio. A unidade operacional é composta pelos seguintes elementos: células de lixo; impermeabilização de fundo e superior; sistema de coleta e tratamento de chorume; sistema de coleta e queima (ou beneficiamento) do biogás; sistema de drenagem e afastamento de águas pluviais; sistemas de monitoramento ambiental, topográfico e geotécnico; e, pátio de estocagem de materiais. Já a unidade de apoio é constituída por: cerca e barreira vegetal; estradas de acesso e de serviço; balança rodoviária e sistema de controle de resíduos; guarita de entrada e prédio administrativo; e, oficina e borracharia (Monteiro *et al.* 2001). Na Figura 01 são mostrados os elementos de um aterro sanitário.

Figura 01 - Componentes de um aterro sanitário.



Fonte: Pro ambiente (2013).

2.2.2 Seleção de área para implantação

Atualmente, os aterros sanitários representam uma das metas mais importantes a serem alcançadas, visando um tratamento adequado dos resíduos sólidos. Uma das principais dificuldades enfrentadas no processo de instalação de um aterro sanitário é a escolha de uma área adequada, uma vez que o bom desempenho do mesmo está diretamente ligado a esta escolha.

A seleção de áreas torna-se difícil de ser realizada devido ao alto grau de urbanização e de ocupação intensiva do solo, o que limita a disponibilidade de áreas próximas aos centros de geração de resíduos e com dimensões requeridas para atender às necessidades do município. Além disso, devem-se considerar os parâmetros técnicos das normas e diretrizes federais, estaduais e municipais; os aspectos político-sociais relacionados com a aceitação do empreendimento pela sociedade civil e autoridades locais; bem como os aspectos econômico-financeiros, uma vez que os recursos municipais são escassos (MONTEIRO *et al.*, 2001).

A instalação de um aterro ambientalmente adequado é fundamental para a manutenção da qualidade ambiental do município. De acordo com Lupatini (2002 *apud* PROSAB, 2003), o local escolhido deve reunir uma série de características ao encontro de vários objetivos, entre os quais se destacam: minimizar a possibilidade de existência de impactos ambientais negativos aos meios físico, biótico e antrópico; minimizar os custos envolvidos; minimizar a complexidade técnica para viabilização do aterro; e, maximizar a aceitação pública ao encontro dos interesses da comunidade.

Pfeiffer (2002 *apud* SILVA, 2011) afirma que a seleção de áreas para instalação de aterros sanitários geralmente constitui um processo lento e oneroso, pois envolve exigências legais e resistência por parte da população. Porém, o emprego de ferramentas modernas, como as ferramentas de geoprocessamento, pode propiciar uma importante melhora na qualidade dos resultados e uma maior facilidade em toda a operação, pois estas ferramentas oferecem agilidade e precisão no resultado.

Na literatura existem algumas metodologias de seleção de áreas para instalação de aterro sanitário, como por exemplo, a estratégia descrita em Monteiro

et al. (2001) e a apresentada em ReCESA (2008) que foram utilizadas neste trabalho.

De acordo com a estratégia de Monteiro *et al.* (2001), inicialmente deve-se realizar uma seleção preliminar das áreas disponíveis no município, onde se faz necessária a estimativa preliminar da área total do aterro. Em seguida devem-se delimitar os perímetros das regiões rurais e industriais e das unidades de conservação existentes no município. Dentro destes perímetros delimitados, devem-se levantar as áreas com dimensões compatíveis com a estimativa realizada priorizando as áreas que já pertencem ao município e ainda levantar os proprietários e a documentação das áreas levantadas, excluindo aquelas que se encontram com documentação irregular.

Além disso, devem-se estabelecer os critérios de seleção, sendo estes divididos em técnicos, econômico-financeiros e político-sociais, como pode ser visto nas Tabelas 01, 02 e 03, e ainda realizar a definição das prioridades para o atendimento aos critérios estabelecidos.

Tabela 01- Critérios técnicos utilizados na seleção de áreas para instalação de aterro sanitário.

Critérios	Observações
Uso do solo	As áreas têm que se localizar numa região onde o uso do solo seja rural (agrícola) ou industrial e fora de qualquer Unidade de Conservação Ambiental.
Proximidade a cursos d'água relevantes	As áreas não podem se situar a menos de 200 metros de corpos d'água relevantes, 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 municipal ou estadual.
Proximidade a núcleos residenciais urbanos	As áreas não devem se situar a menos de mil metros de núcleos residenciais urbanos que abriguem 200 ou mais habitantes.
Proximidade a aeroportos	As áreas não podem se situar próximas a aeroportos ou aeródromos e devem respeitar a legislação em vigor.
Distância do lençol freático	As distâncias mínimas recomendadas pelas normas federais e estaduais são as seguintes: <ul style="list-style-type: none">• Para aterros com impermeabilização inferior através de manta plástica sintética, a distância do lençol freático à manta não poderá ser inferior a 1,5 metros.• Para aterros com impermeabilização inferior através de camada de argila, a distância do lençol freático à camada impermeabilizante não poderá ser inferior a 2,5 metros e a camada impermeabilizante deverá ter um coeficiente de permeabilidade menor que 10^{-6} cm/s.

Crítérios	Observações
Vida útil mínima	É desejável que as novas áreas de aterro sanitário tenham, no mínimo, cinco anos de vida útil.
Permeabilidade do solo natural	É desejável que o solo do terreno selecionado tenha certa impermeabilidade natural, com vistas a reduzir as possibilidades de contaminação do aquífero. As áreas selecionadas devem ter características argilosas e jamais deverão ser arenosas.
Extensão da bacia de drenagem	A bacia de drenagem das águas pluviais deve ser pequena, de modo a evitar o ingresso de grandes volumes de água de chuva na área do aterro.
Facilidade de acesso a veículos pesados	O acesso ao terreno deve ter pavimentação de boa qualidade, sem rampas íngremes e sem curvas acentuadas, de forma a minimizar o desgaste dos veículos coletores e permitir seu livre acesso ao local de descarga do lixo mesmo na época de chuvas muito intensas.
Disponibilidade de material de cobertura	Preferencialmente, o terreno deve possuir ou se situar próximo a jazidas de material de cobertura, de modo a assegurar a permanente cobertura do lixo a baixo custo.

Fonte: Monteiro *et al.* (2001)

Tabela 02 - Critérios econômico-financeiros utilizados na seleção de áreas para instalação de aterro sanitário.

Crítérios	Observações
Distância ao centro geométrico de coleta	É desejável que o percurso de ida (ou de volta) que os veículos de coleta fazem até o aterro, através das ruas e estradas existentes, seja o menor possível, com vistas a reduzir o seu desgaste e o custo de transporte do lixo.
Custo de aquisição do terreno	Se o terreno não for de propriedade da prefeitura, deverá estar, preferencialmente, em área rural, uma vez que o seu custo de aquisição será menor que o de terrenos situados em áreas industriais.
Custo de investimento em construção e infraestrutura	É importante que a área escolhida disponha de infraestrutura completa, reduzindo os gastos de investimento em abastecimento de água, coleta e tratamento de esgotos, drenagem de águas pluviais, distribuição de energia elétrica e telefonia.
Custos com a manutenção do sistema de drenagem	A área escolhida deve ter um relevo suave, de modo a minimizar a erosão do solo e reduzir os gastos com a limpeza e manutenção dos componentes do sistema de drenagem.

Fonte: Monteiro *et al.* (2001)

Tabela 03 - Critérios político-sociais utilizados na seleção de áreas para instalação de aterro sanitário.

Crítérios	Observações
Distância de núcleos urbanos de baixa renda	Aterros são locais que atraem pessoas desempregadas, de baixa renda ou sem outra qualificação profissional, que buscam a catação de resíduos como forma de sobrevivência e que passam a viver desse tipo

Crêterios	Observa�es
	de trabalho em condi�es insalubres, gerando, para a prefeitura, uma série de responsabilidades sociais e políticas. Por isso, caso a nova área se localize próxima a núcleos urbanos de baixa renda, deverão ser criados mecanismos alternativos de gera�o de emprego e/ou renda que minimizem as pressões sobre a administra�o do aterro em busca da oportunidade de cata�o. Entre tais mecanismos poderão estar iniciativas de incentivo � forma�o de cooperativas de catadores, que podem trabalhar em instala�es de reciclagem próximas ao próprio aterro ou mesmo nas ruas da cidade, de forma organizada, fiscalizada e incentivada pela prefeitura.
Acesso � área através de vias com baixa densidade de ocupa�o	O tráfego de veículos transportando lixo � um transtorno para os moradores das ruas por onde estes veículos passam, sendo desejável que o acesso � área do aterro passe por locais de baixa densidade demográfica.
Inexistência de problemas com a comunidade local	� desejável que, nas proximidades da área selecionada, não tenha havido nenhum tipo de problema da prefeitura com a comunidade local, com organiza�es não governamentais (ONG's) e com a média, pois esta indisposi�o com o poder público irá gerar rea�es negativas � instala�o do aterro.

Fonte: Monteiro *et al.* (2001)

Por fim, ainda segundo a metodologia recomendada por Monteiro *et al.* (2001), deve-se realizar uma análise crítica das áreas levantadas frente aos cr terios estabelecidos e priorizados, da seguinte forma: sele o da área que atende ao maior número de cr terios, dando-se ênfase aos cr terios de maior prioridade; pondera o do atendimento aos cr terios, onde são fixados pesos, tanto para as prioridades, quanto para o atendimento aos cr terios selecionados; e, escolha da melhor área, onde será considerada como melhor área aquela que obtiver o maior número de pontos após a aplica o dos pesos às prioridades e ao atendimento dos cr terios.

A metodologia do ReCESA (2008) segue procedimento semelhante a de Monteiro *et al.* (2001), pois também estima-se a área necessária para instala o do aterro sanitário, onde para isto deve-se determinar o volume total, ano a ano, dos resíduos compactados que serão dispostos no aterro, assim como o volume total do aterro sanitário para receber os resíduos durante a vida útil desejada, utilizando, para este fim, o modelo apresentado na Tabela 04. Após a determina o do volume total do aterro, o qual já considera o volume que será ocupado pelo solo de cobertura intermediária e final, estima-se a área necessária para a instala o do aterro sanitário, em seguida realiza-se a sele o preliminar de áreas disponíveis e a identifica o dos cr terios a serem avaliados, após a identifica o dos cr terios defini-

se as prioridades e os pesos de cada critério e, a nota a ser atribuída a cada área, em relação ao atendimento ao critério. A pontuação é obtida pela multiplicação do peso pela nota.

Tabela 04 - Modelo para estimar o volume total, ano a ano, dos resíduos compactados e o volume total do aterro sanitário.

Ano	População	Geração <i>per capita</i> (kg/d/hab)	Cobertura da coleta (%)	Massa (kg/d)	Volume dos resíduos compactados no aterro		
					(m ³ /d)	(m ³ /ano)	Acumulado (m ³)
(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)
1							
2							
3							
...							
n							
(I) Volume total de resíduos compactados							
(J) volume total do aterro = (I) + 10 a 20 % de material de cobertura							

Fonte: ReCESA (2008).

2.2.3 Licenciamento ambiental de aterro sanitário

De acordo com a Superintendência de Administração do Meio Ambiente (SUDEMA, 2012), o licenciamento ambiental pode ser definido como:

Procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso.

Antes da instalação de um aterro sanitário devem-se cumprir as exigências dos órgãos ambientais seja federal, estadual ou municipal, no que diz respeito às licenças. O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) regula este tipo de empreendimento, através das seguintes resoluções:

- Resolução CONAMA N° 001, de 23 de janeiro de 1986, que define responsabilidades e critérios para a Avaliação de Impacto Ambiental bem como as atividades que necessitam do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e do Relatório de Impacto ao Meio Ambiente (RIMA).

- Resolução CONAMA N° 237, de 19 de dezembro de 1997, que dispõe sobre o sistema de Licenciamento Ambiental e a regulamentação dos seus aspectos como estabelecidos pela Política Nacional do Meio Ambiente (Lei 6.938/1981).

- Resolução CONAMA N° 404, de 11 de novembro de 2008, que estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos.

O aterro sanitário é considerado como uma atividade que possui alto potencial de causar impacto ambiental, deste modo, necessita ser elaborado um EIA/RIMA para o posterior licenciamento ambiental. Portanto, segundo Monteiro *et al.* (2001), devem ser requeridas as seguintes licenças:

- Licença Prévia (LP): é requerida com a apresentação do projeto básico, sendo concedida pelo órgão de controle ambiental que solicita ao empreendedor a realização de estudos de impacto ambiental referentes à implantação do aterro e elaboração do projeto executivo.

- Licença de Instalação (LI): Após o EIA/RIMA ser aprovado ocorre à liberação da LP, com o projeto executivo elaborado, o empreendedor solicita a licença de instalação da obra. Com a concessão da LI pelo órgão ambiental responsável, o empreendedor poderá dar início à obra do aterro sanitário, para a instalação do projeto executivo aprovado.

- Licença de Operação (LO): é a licença concedida pelo órgão de controle ambiental liberando o empreendedor para operar o aterro sanitário, desde que o mesmo tenha sido implantado de acordo com o projeto licenciado na LI. Com esta licença o aterro poderá ser operado.

Estas licenças comprovam a qualidade e a funcionalidade do aterro sanitário, sendo indispensáveis na execução do mesmo.

2.3 Sistemas de informações geográficas

2.3.1 Definições e relevância em estudos urbanos

O geoprocessamento surgiu no final do século XX como uma ferramenta de alta tecnologia e inovação para interpretações relacionadas ao espaço, que permite

realizar análises espaciais, manipular e gerenciar informações espaciais georreferenciadas com uma agilidade e precisão que até antes de seu surgimento eram inimagináveis (CARVALHO e LEITE, 2009). No Brasil, o geoprocessamento foi introduzido no início dos anos 80, a partir do esforço de divulgação e formação de pessoal feito pelo prof. Jorge Xavier da Silva, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ (CÂMARA e DAVIS, 2001).

Segundo Câmara e Monteiro (2001), é costume dizer-se que o geoprocessamento é uma tecnologia interdisciplinar que permite a convergência de diferentes disciplinas científicas para o estudo de fenômenos ambientais e urbanos.

O geoprocessamento é constituído por um conjunto de tecnologias que oferecem apoio à construção de Sistemas de Informações Geográficas. Utiliza sistemas de gerenciamento de bases de dados alfanuméricos de forma integrada, com dados referenciados a uma base gráfica, conferindo: maior agilidade nos processos de gerenciamento e utilização de dados; produtividade, precisão e confiabilidade ao tratamento da informação; eficiência no projeto e ao planejamento (NETO, 2009).

Os Sistemas de Informações Geográficas são definidos como sendo bancos de dados capazes de armazenar, recuperar e manipular informações digitais, georreferenciadas, provenientes de imagens, mapas e modelagem numérica do terreno (MNT). Esses sistemas devem, além disso, fornecer ferramentas computacionais que permitam analisar e integrar essas informações com o objetivo de se obter soluções rápidas e precisas para problemas relacionados ao comportamento espacial dos dados contidos no sistema (MADRUGA, 1992 *apud* FRASSON *et al.*, 2001).

Os SIG's apresentaram um avanço rápido a partir da década de 80 que persiste até a atualidade. Até então limitados pelo elevado custo do *hardware* e pela pouca quantidade de pesquisa específica sobre o tema, os SIG's se favoreceram da massificação provocada pelos avanços da microinformática e do estabelecimento de centros de estudos sobre o assunto. Nos EUA, a criação dos centros de pesquisa que formam o NCGIA - *National Center for Geographical Information and Analysis* marca o estabelecimento do geoprocessamento como disciplina científica independente (CÂMARA e DAVIS, 2001).

Os *softwares* livres basicamente podem ser definidos por quatro características: a liberdade de executar o programa para qualquer finalidade; de estudar como o programa funciona, e adaptar às suas necessidades; de distribuir cópias, logo você pode ajudar seu vizinho; e a liberdade de aperfeiçoar o programa, assim toda a comunidade de usuários se beneficia (FSFEUROPE, 2007 *apud* SPERB *et al.*, 2010). Estes são distribuídos com o código fonte aberto, o que permite a programadores a livre modificação do *software* original e a adaptação do programa às suas necessidades individuais. Um exemplo de um *software* livre é o gvSIG, que tem sua origem remota ao ano de 2004, no âmbito do projeto de migração a *software* livre dos sistemas informatizados do Ministério Regional de Infraestrutura e Transporte do Governo de Valência, na Espanha. Conforme Realon (2008), o gvSIG se destaca por possuir uma interface amigável e pela versatilidade, oferecendo funções de geoprocessamento de camadas de informações geográficas dos tipos vetorial e *raster*. Tais características fizeram do gvSIG, num curto período de existência, um *software* amplamente aceito entre os profissionais da área de geotecnologias.

Num país de dimensão continental como o Brasil, com uma grande carência de informações adequadas para a tomada de decisões sobre os problemas urbanos, rurais e ambientais, o geoprocessamento oferece uma grande potencialidade, principalmente se baseado em tecnologias de custo relativamente baixo, em que o conhecimento seja adquirido localmente (CÂMARA e DAVIS, 2001).

Um exemplo de aplicação do geoprocessamento na gestão urbana pode ser visto no trabalho desenvolvido por Carvalho e Leite (2009) nos municípios de Sabará e Nova Lima, MG, no qual os autores concluíram que o geoprocessamento apresenta-se como uma ferramenta poderosa nas questões que lidam com dados espaciais, onde foi possível verificar que inúmeras são as vantagens que este recurso pode proporcionar para a gestão pública.

Outro exemplo foi o estudo de Figueiredo *et al.* (2004) que desenvolveram um trabalho sobre a utilização do geoprocessamento nos serviços oferecidos pela Superintendência de Administração do Meio Ambiente do Estado da Paraíba-SUDEMA/PB, onde observaram uma mudança bastante significativa nas atividades como fiscalização e licenciamento ambiental, uma vez que as técnicas de geoprocessamento proporcionam uma visão integrada da realidade.

2.3.2 Utilização na definição de áreas propícias à instalação de aterros sanitários

Para Moura (2003 *apud* ARRUDA, 2007), uma das principais características dos SIG's é a possibilidade de aperfeiçoar a atualização de dados, pois a realidade está sujeita a contínuas mudanças que alteram rapidamente a projeção territorial dos fenômenos econômicos e sociais. Desta maneira, o SIG pode ser considerado como o principal instrumento de planejamento urbano, por possibilitar uma representação mais fiel de sua complexidade e permitir a integração de análises por disciplinas diversas.

O SIG é utilizado como ferramenta de apoio à decisão devido a sua capacidade de manipular grandes volumes de dados, integrar imagens orbitais, e possuir potencial para realizar grande diversidade de análises com eficiência. Dentro do planejamento ambiental, podem-se apontar uso do SIG no mapeamento temático, diagnóstico ambiental e avaliação de impacto ambiental. Nesse contexto, a utilização do SIG para avaliação de áreas propícias a instalação de aterros sanitários, por exemplo, se apresenta como alternativa que minimiza custos e racionaliza tempo (NETO, 2009).

Sperb *et al.* (2010) desenvolveram um trabalho de identificação de áreas adequadas à instalação de aterro sanitário através da utilização de *software* livre para análise geoespacial nos municípios de Itajaí, Itapema, Camboriú e Balneário Camboriú, Santa Catarina, no qual objetivava identificar áreas adequadas em cada um dos municípios e ainda áreas para implantação de aterro consorciado para os quatros municípios. O resultado obtido demonstrou que é possível realizar análises geoespaciais de natureza complexa (*i.e.* englobando vários critérios, fatores), com o uso de uma dessas ferramentas SIG livres disponíveis, no caso, o gvSIG.

Santos e Girardi (2007) ao avaliar a localização de áreas para instalação de um aterro sanitário no município de Alegrete-RS utilizando geoprocessamento, concluíram que com a utilização de metodologias de sensoriamento remoto e geoprocessamento, é possível localizar áreas propícias à implantação de aterro sanitário, sendo uma maneira rápida e de baixo custo.

Outro exemplo foi o estudo de Weberl e Hasenack (2002), que realizaram avaliação de áreas para instalação de aterro sanitário através de análises no SIG *IDRISI*, no qual mostra uma aplicação para um zoneamento de aptidão à instalação

de um aterro sanitário no município de Osório-RS. O resultado obtido ratifica o geoprocessamento como uma ferramenta extremamente útil e ágil na integração de informações espaciais para gestão do uso do solo. Os autores concluíram ainda que os SIG's constituem uma ferramenta muito importante no apoio à decisão, devendo estar acessível ao administrador/tomador de decisão, pois facultam uma percepção da realidade muito além da avaliação subjetiva a que todos estão sujeitos.

Calijuri (2000), por sua vez, em um estudo realizado no município de Cachoeira de Itapemirim-ES conseguiu identificar 15 áreas potenciais para instalação de aterros sanitários utilizando o SIG *IDRISI*. A autora concluiu que o método permite a integração de informações espaciais para tomada de decisão no processo de avaliação e seleção de áreas para a implantação de empreendimentos impactantes.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área de estudo

Os municípios que compõem o CODEMP localizam-se no Estado da Paraíba e estão inseridos na Mesorregião do Sertão Paraibano, como pode ser visto na Figura 02. Algumas informações, tais como: população, extensão territorial, densidade demográfica, domicílios urbanos com rede geral de distribuição de água e coleta de lixo, de cada município, estão apresentadas na Tabela 05.

O município de Pombal-PB, escolhido para instalação do aterro sanitário, localiza-se na região oeste do Estado da Paraíba, Mesorregião do Sertão Paraibano e Microrregião de Sousa, distando aproximadamente 371 km da capital João Pessoa. Pombal-PB encontra-se a aproximadamente 175 m de altitude, com coordenadas geográficas de 06° 46' 08" Sul e 37° 47' 45" Oeste, e possui área total de 889 km².

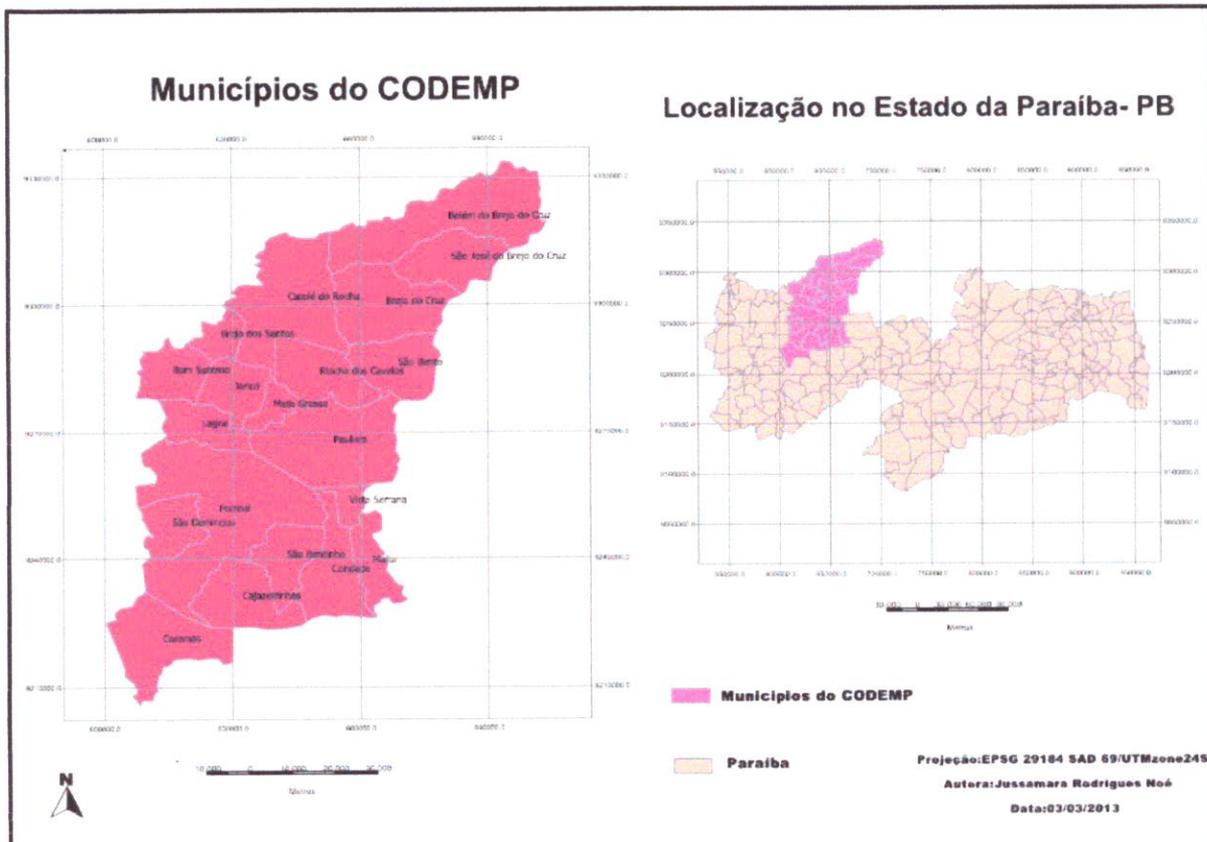
De acordo com o IBGE (2012), no município de Pombal-PB, em 2010, 77,6% dos moradores tinham acesso à rede de água geral com canalização em pelo menos um cômodo e 60,8% possuíam formas de esgotamento sanitário consideradas adequadas. Sua economia é dominada pela agricultura, o comércio interno e algumas fábricas.

Pombal possui um hospital de médio porte, e também uma Unidade de Pronto Atendimento (UPA). A cidade conta com clínicas médicas, cerca de 20 unidades de atendimento básico e uma policlínica central que possui mais de 20 especialidades. No que diz respeito à educação, o município conta com trinta escolas municipais, seis estaduais e cinco particulares, totalizando 41 escolas; e ainda um campus da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) que oferece os cursos de graduação em Engenharia Ambiental, Agronomia e Engenharia de Alimentos, e de pós-graduação em Horticultura e Sistemas Agroindustriais.

Atualmente os resíduos sólidos do município são dispostos no lixão municipal, como é apresentado na Figura 03, que está em funcionamento neste local há aproximadamente 14 anos, pois antes o mesmo localizava-se nas proximidades do campo de aviação, popularmente conhecido como Aeroclube de Pombal. Tal lixão possui uma área de 293.723,51 m² e localiza-se na BR 230 no trecho que liga

Pombal à Sousa, especificamente no km 410. A localização da área encontra-se representada na Figura 04, na qual percebe-se que o lixão está localizado próximo da área urbana, cerca de 3,4 km do centro da cidade.

Figura 02 - Localização dos municípios do Consórcio de Desenvolvimento Sustentável do Médio Piranhas (CODEMP) em relação ao estado da Paraíba.



Fonte: Arquivos *shapefile* de AESA (2012).

Tabela 05 - Características dos municípios do Consórcio de Desenvolvimento Sustentável do Médio Piranhas-CODEMP.

Municípios	População (hab.)	Extensão territorial (km ²)	Densidade demográfica (hab./km ²)	Domicílios particulares permanentes em áreas urbanas com rede geral de distribuição de água.	Domicílios particulares permanentes em áreas urbanas com lixo coletado.
Belém do Brejo do Cruz	7.143	603,044	11,84	1.390	1.416
Bom Sucesso	5.035	184,102	27,35	605	590
Brejo do Cruz	13.123	398,921	32,90	2.629	2.707
Brejo dos Santos	6.198	93,846	66,05	1.388	1.362
Cajazeirinhas	3.033	287,894	10,54	269	277
Catolé do Rocha	28.759	552,112	52,09	5.924	5.954
Condado	6.584	280,916	23,44	1.330	1.273
Coremas	15.149	379,493	39,92	3.311	3.229

Municípios	População (hab.)	Extensão territorial (km ²)	Densidade demográfica (hab./km ²)	Domicílios particulares permanentes em áreas urbanas com rede geral de distribuição de água.	Domicílios particulares permanentes em áreas urbanas com lixo coletado.
Lagoa	4.681	177,902	26,31	662	632
Jericó	7.538	179,311	42,04	1.316	1.213
Malta	5.613	156,242	35,93	1.394	1.402
Mato Grosso	2.702	83,522	32,35	286	324
Paulista	11.788	576,900	20,43	1.444	1.213
Pombal	32.117	889,000	36,13	7.296	7.285
Riacho dos Cavalos	8.314	264,025	31,49	1.021	992
São Bento	30.879	248,200	124,41	6.791	6.679
São Bentinho	4.138	195,965	21,12	806	803
São Domingos	2.855	169,105	16,88	293	284
São José do Brejo do Cruz	1.684	253,019	6,66	1	240
Vista Serrana	3.512	61,361	57,24	418	415

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE (2012); Serviço Geológico do Brasil-CPRM (2005).

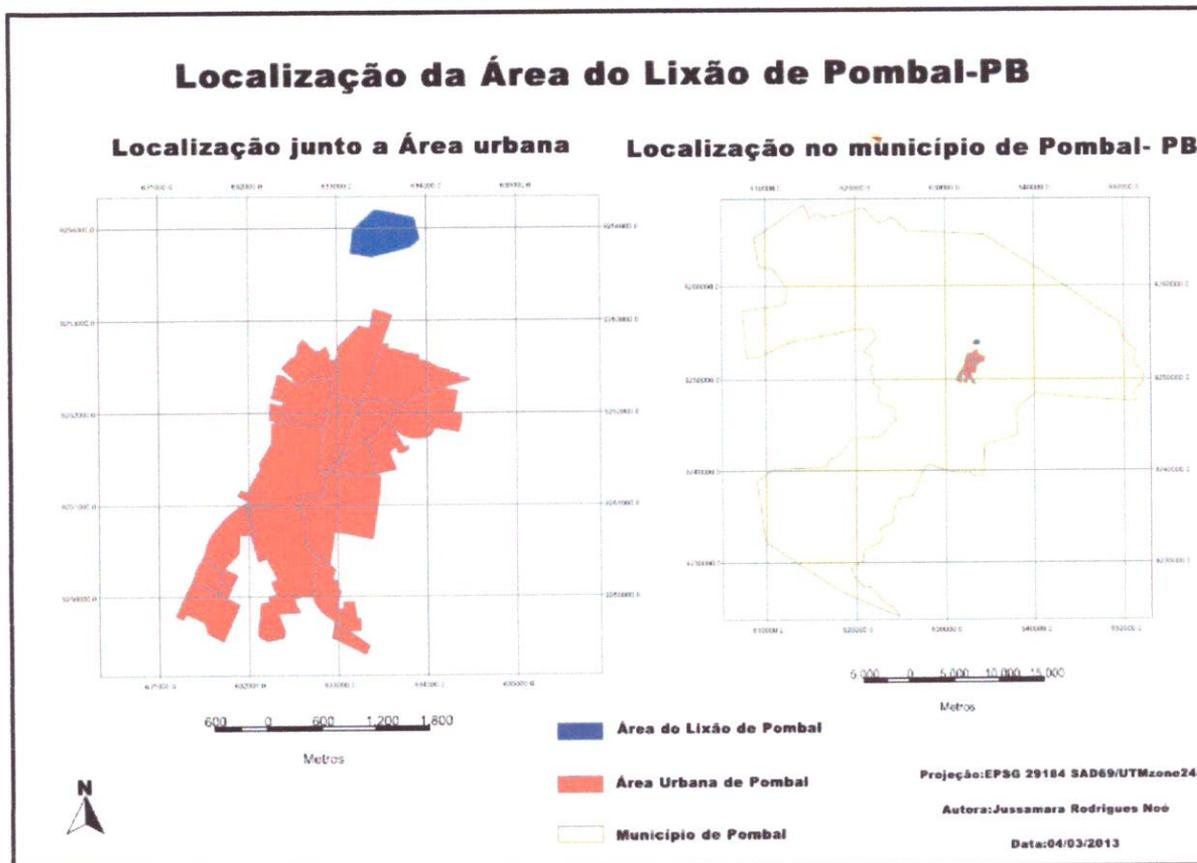
Nota: ¹ Dados não disponíveis.

Figura 03 - Lixão do município de Pombal-PB.



Fonte: Arquivo pessoal (2013).

Figura 04 - Localização da área do lixão em relação ao município de Pombal-PB.



Fontes: Arquivos *shapefile* de AESA (2012); Lucena (2013).

3.2 Levantamento de dados georreferenciados

Os dados georreferenciados necessários à geração de mapas temáticos utilizando o *software* livre gvSIG foram obtidos junto à Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba-AESA, e ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE, por meio de arquivos no formato *shapefile* referentes a: vegetação, delimitação dos municípios, hidrografia, altimetria, solo e rodovias. Além disso, foi realizada uma visita de campo ao lixão municipal, com a finalidade de se verificar as coordenadas geográficas de localização do lixão e de um açude situado próximo a este.

Como tais dados são oriundos de fontes distintas, foi necessário padronizar tais informações vetoriais em uma mesma projeção geográfica, sendo definida para este trabalho a projeção EPSG 29184 SAD69/UTMzone 24S¹.

¹ EPSG: European Petroleum Survey Group; SAD: South American Datum; UTM: Universal Transverse Mercator.

3.3 Previsão da população e da geração *per capita*

A partir da estimativa da população da Paraíba, do ano de 2011 até 2030, realizada pelo IBGE (2013), obteve-se a taxa de crescimento geométrico da população da Paraíba que foi utilizada para prever o crescimento da população para vinte anos. Uma vez definida esta taxa, e sendo conhecida a população do ano de 2011 de cada município que compõem o CODEMP, realizou-se a previsão da população para vinte anos, que corresponde ao tempo previsto de vida útil do aterro (2013 a 2032), sendo repetida nos anos de 2031 e 2032 a mesma taxa de crescimento do ano de 2030. Para calcular a taxa de crescimento geométrico e a previsão da população foram utilizadas as Equações (1) e (2).

$$g = \frac{\Delta t \sqrt{P_n}}{\sqrt{P_{n-1}}} \quad (1)$$

$$P_n = P_{n-1}(1 + g)^{\Delta t} \quad (2)$$

Em que:

g = Taxa de crescimento geométrico;

Δt = Variação do tempo;

P_n = População no ano "n";

P_{n-1} = População atual.

Como não se tem disponível informações sobre a geração *per capita* dos resíduos sólidos urbanos dos municípios, utilizou-se as faixas de geração *per capita* de Monteiro *et al.* (2001) apresentadas na Tabela 06. Logo, para os municípios com população até 30 mil habitantes adotou-se a geração *per capita* de 0,5 kg/hab./dia, e para aqueles com população de 30 a 500 mil habitantes realizou-se interpolação dos valores 0,50 e 0,80 kg/hab./dia para obter a geração *per capita* em função da população prevista para cada ano da vida útil.

Tabela 06 - Faixas mais utilizadas da geração *per capita*.

Tamanho da Cidade	População Urbana (habitantes)	Geração Per Capita (Kg/hab./dia)
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).

3.4 Cálculo da área necessária para o aterro sanitário

Para estimar a área necessária para instalação do aterro sanitário, determinou-se o volume total dos resíduos compactados no aterro de acordo com o modelo de ReCESA (2008), considerando: a previsão da população e da geração *per capita* para os vinte anos; a taxa da cobertura da coleta dos resíduos do município de Pombal-PB de 80,2 % para os dez primeiros anos e de 100% para os anos subsequentes. O valor de 80,2% refere-se a atual taxa de coleta realizada no município de Pombal-PB, no qual a coleta é realizada apenas na zona urbana, e foi mantida para os demais municípios. A massa do resíduo foi obtida pela multiplicação da população, geração *per capita* e cobertura de coleta; e o peso específico do resíduo compactado estimado em 700 kg/m³, valor médio da faixa sugerida por Carmo Junior (2010).

Com estes dados, calculou-se o volume anual dos resíduos compactados no aterro, e também o volume acumulado previsto para o período de vinte anos. Por fim, calculou-se o volume total do aterro já considerando o volume que será ocupado pelo solo de cobertura intermediária e final, onde adotou-se uma taxa 15% de material de cobertura. Para encontrar a área necessária para o aterro somou-se o volume acumulado previsto para os vinte anos de cada município, e dividiu-se este volume pela altura média padrão das células de aterro sanitário, adotada como três metros, para isto utilizou-se a Equação (3).

$$\text{Área} = \frac{\text{Volume total acumulado}}{\text{Altura média das células}} \quad (3)$$

3.5 Análise da viabilidade da atual área do lixão para instalação do aterro sanitário

Após a estimativa da área preliminar necessária para instalação do aterro, selecionaram-se alguns dos critérios técnicos, econômico-financeiros e político-sociais estabelecidos por Monteiro *et al.* (2001), ReCESA (2008) e NBR n° 13.896/1997 para avaliar a viabilidade da área atualmente destinada ao lixão no município de Pombal-PB para instalação do aterro consorciado.

Os critérios técnicos adotados e a forma de análise de cada um deles estão sintetizados na Tabela 07.

Tabela 07 - Critérios técnicos utilizados e forma de análise.

Critérios	Forma de análise	Observações
Proximidade a cursos de água	Geração de um mapa temático a partir das camadas de hidrografia e de localização da área do lixão; utilização da função <i>buffer</i> ¹ , no gvSIG, determinando uma faixa de 200 m no entorno da área do lixão; análise visual da presença de cursos d'água na área delimitada pelo <i>buffer</i> .	Critério adotado a partir da NBR n° 13.896/1997 da ABNT, que estabelece uma distância mínima de 200 m dos aterros sanitários a qualquer coleção hídrica ou curso d'água.
Distância de vias	Geração de um mapa temático a partir das camadas de rodovias e de localização da área do lixão; utilização da função <i>buffer</i> , no gvSIG, determinando uma faixa de 100 m no entorno da área do lixão; análise visual da presença de vias na área delimitada pelo <i>buffer</i> .	Critério adotado a partir do ReCESA (2008), que recomenda uma distância mínima de 100 m dos aterros sanitários às vias.
Proximidade a núcleos residenciais urbanos	Geração de um mapa temático a partir das camadas de municípios, de localização da área do lixão, e da área urbana do município; utilização da função <i>buffer</i> , no gvSIG, determinando uma faixa de 500 m no entorno da área do lixão; análise visual da presença de núcleos urbanos na área delimitada pelo <i>buffer</i> .	Critério adotado a partir da NBR n° 13.896/1997 da ABNT estabelece que os aterros sanitários devem se localizarem a uma distância superior a 500 m dos núcleos residenciais.
Vida útil mínima e tamanho disponível da área	Geração de um mapa temático a partir da camada de localização da área do lixão; utilização da função "medir área", no gvSIG; comparação da área disponível no lixão com a área requerida pelo aterro e com a vida útil mínima de 10 anos.	Critério adotado a partir da NBR n° 13.896/1997 da ABNT, que recomenda uma vida útil mínima de 10 anos para os aterros sanitários.
Permeabilidade natural do solo	Geração de um mapa temático a partir da camada de solos do município e de localização da área do lixão; pesquisa sobre as características dos solos para identificar qual solo mais indicado para instalação do aterro	Critério adotado a partir de Monteiro <i>et al.</i> (2001), que recomenda que o solo das áreas selecionadas para instalação de aterro sanitário deve ter

Critérios	Forma de análise	Observações
	sanitário.	características argilosas.
Uso do solo	Geração de um mapa temático a partir da camada de uso do solo, de vegetação e de localização da área do lixão; análise da presença de unidades de conservação ambiental e do uso do solo na área onde está localizado o lixão.	Critério adotado a partir de Monteiro <i>et al.</i> (2001), que sugere que as áreas para instalação de aterro sanitário devem ter uso rural ou industrial e está fora de Unidades de Conservação Ambiental.
Declividade	Geração de um mapa temático a partir da camada de curvas de nível e de localização da área do lixão; análise da variação de nível da área onde está localizado o lixão.	Critério adotado a partir da NBR n° 13.896/1997 da ABNT, que recomenda locais com declividade superior a 1% e inferior a 30% para instalação de aterro sanitário.
Fauna e flora local	Análise do diagnóstico ambiental simplificado realizada na área do lixão por Lucena (2013), verificação da existência de espécies raras e ameaçadas de extinção.	Critério adotado a partir do ReCESA (2008), que recomenda que as áreas sejam avaliadas sob o enfoque do meio biológico, destacando-se a existência de espécies raras e ameaçadas de extinção.

Nota: ¹ Zona disposta em torno de uma feição geográfica, em formato de ponto, linha ou polígono, cuja a extensão fora calculada em unidades de distância ou de tempo (Reolon, 2008).

Quanto aos critérios econômico-financeiros, foram analisados: o **custo de aquisição do terreno**, no qual levantou-se o proprietário da área em questão; o **custo de investimento em construção e infraestrutura**, analisado por meio de visita de campo ao lixão; o **custo com manutenção do sistema de drenagem**, analisado a partir do mapa de curvas de nível, observando se o terreno da área do lixão apresenta muita variação de nível e, se é susceptível ou não à erosão; e, a **distância ao centro geométrico de coleta**, analisada a partir da estimativa de distâncias de transporte dos resíduos de cada cidade participante do consórcio até o município de Pombal-PB, disponibilizada em CODEMP (2012).

Já com relação aos critérios político-sociais, foi utilizado apenas o critério de distância de núcleos urbanos de baixa renda, levantado por meio de observações em visita de campo na área do lixão.

Adicionalmente, definiram-se as prioridades para o atendimento dos critérios estabelecidos, de acordo a Tabela 08.

Tabela 08 - Priorização dos critérios de seleção.

Critérios	Prioridade
Atendimento ao Sistema Licenciamento de Atividades Poluidoras e à legislação ambiental em vigor	1
Atendimento aos condicionantes político-sociais	2
Atendimento aos principais condicionantes econômicos	3
Atendimento aos principais condicionantes técnicos	4
Atendimento aos demais condicionantes econômicos	5
Atendimento aos demais condicionantes técnicos	6

Fonte: Monteiro *et al.* (2001)

3.6 Identificação de outras possíveis áreas para instalação do aterro sanitário

Para determinar preliminarmente outras áreas que poderiam ser avaliadas para se instalar o aterro sanitário no município de Pombal, realizou-se análise de proximidade, com utilização da ferramenta *buffer* nas camadas de hidrografia (*buffer* de 200 metros), de rodovias (*buffer* de 100 metros) e da área urbana de Pombal-PB (*buffer* de 500 metros), em seguida relacionou-se o resultado desta análise com as camadas de curvas de nível e vegetação e solo, para identificar as áreas que não apresentam grande variação de nível e que possuem solo e vegetação adequada. Posteriormente, gerou-se um mapa temático que indica às possíveis áreas que podem ser avaliadas para se instalar o aterro sanitário consorciado no município, considerando os critérios citados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Área necessária para a construção do aterro

O resultado da estimativa da população dos vinte municípios que compõem o CODEMP para um período de 20 anos (2013 a 2032) encontra-se apresentado no apêndice na Tabela I, já o volume total dos resíduos compactados estimado, ano a ano, e o volume do aterro sanitário para cada município encontra-se no apêndice nas Tabelas de II a XXII. Observa-se que apenas os municípios de Pombal, São Bento e Catolé do Rocha (a partir do ano de 2017) possuem população acima de 30 mil habitantes, sendo assim, a taxa de geração *per capita* utilizada nestes municípios foi contida na faixa de 0,50 a 0,60 kg/hab./dia; enquanto nos demais municípios, que apresentam população menor que 30 mil habitantes, a taxa de geração *per capita* foi assumida como sendo de 0,5 kg/hab./dia.

Na Tabela 09 são mostrados os volumes acumulados para os vinte anos de cada município do CODEMP, que é de 1.017.577,30 m³. Adicionando a este valor 15% do material de cobertura dos resíduos, obtém-se um volume de 1.170.213,89 m³. A área necessária para o aterro sanitário é de 390.071,30 m².

Tabela 09 - Volume de resíduos gerados durante vinte anos (2013 - 2032).

Municípios	Volume acumulado (m ³)
Belém do Brejo do Cruz	36.120,337
Bom Sucesso	25.329,143
Brejo do Cruz	66.751,608
Brejo dos Santos	31394,046
Cajazeirinhas	15.386,581
Católé do Rocha	146.208,213
Condado	33.282,728
Coremas	76.502,607
Jericó	38.110,057
Lagoa	23.571,681
Malta	28.313,656
Mato Grosso	13.749,256
Paulista	59.727,042
Pombal	163.076,244
Riacho dos Cavalos	42.078,925
São Bento	158.387,470
São Bentinho	18.583,024
São Domingos	14.553,718
São José do Brejo do Cruz	8.564,787
Vista Serrana	17.886,173
Total	1.017.577,30

4.2 Análise do atendimento aos critérios estabelecidos

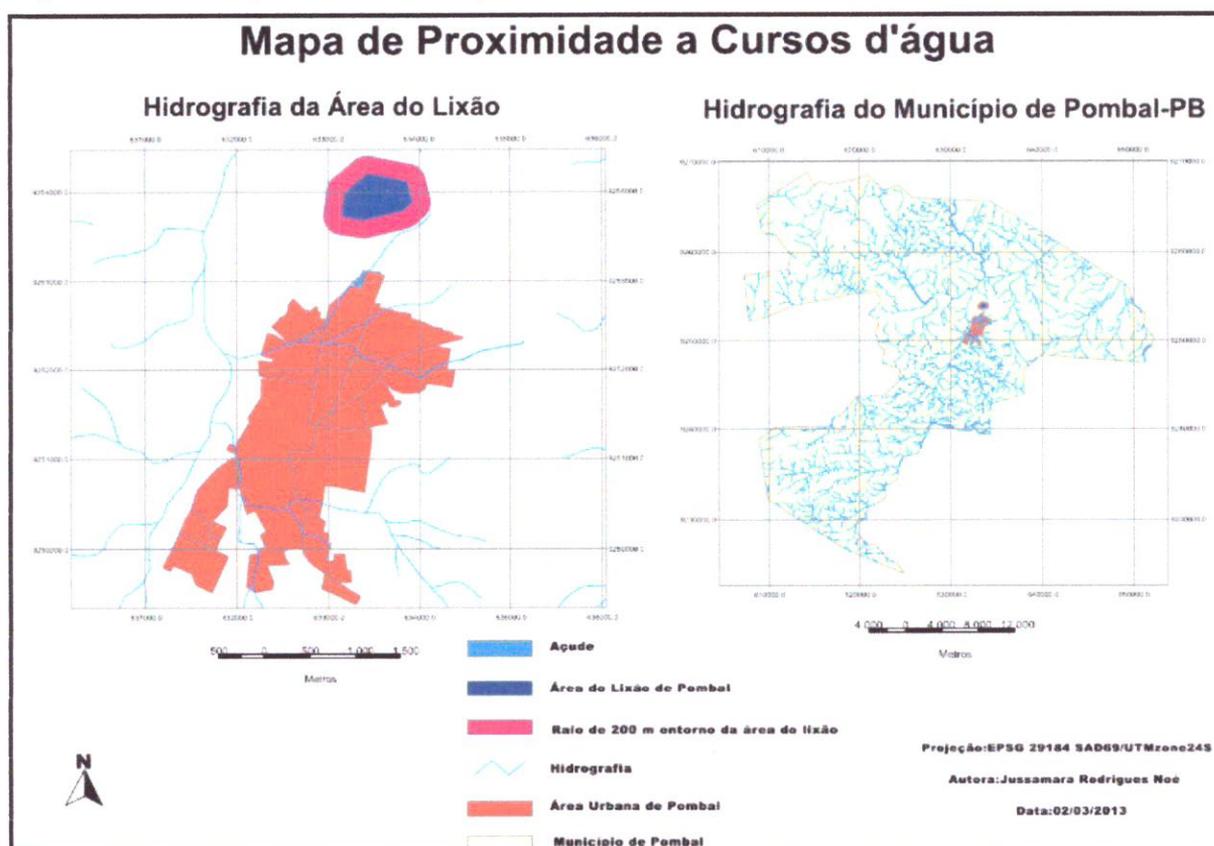
4.2.1 Critérios técnicos

Proximidade a cursos d'água

Os aterros sanitários são empreendimentos potencialmente poluidores, logo se faz necessário avaliar a possível influência dos mesmos na qualidade e no uso das águas superficiais e subterrâneas próximas a área avaliada para instalação do aterro sanitário. Por isso, a NBR n° 13.896/1997 da ABNT estabelece uma distância mínima de 200 m dos aterros a qualquer coleção hídrica ou curso d'água.

Deste modo, a área do lixão atende a distância mínima estabelecida pela norma, conforme pode ser visto na Figura 05, pois a mesma encontra-se a 235,4 m do curso d'água mais próximo.

Figura 05 - Hidrografia do município de Pombal-PB.

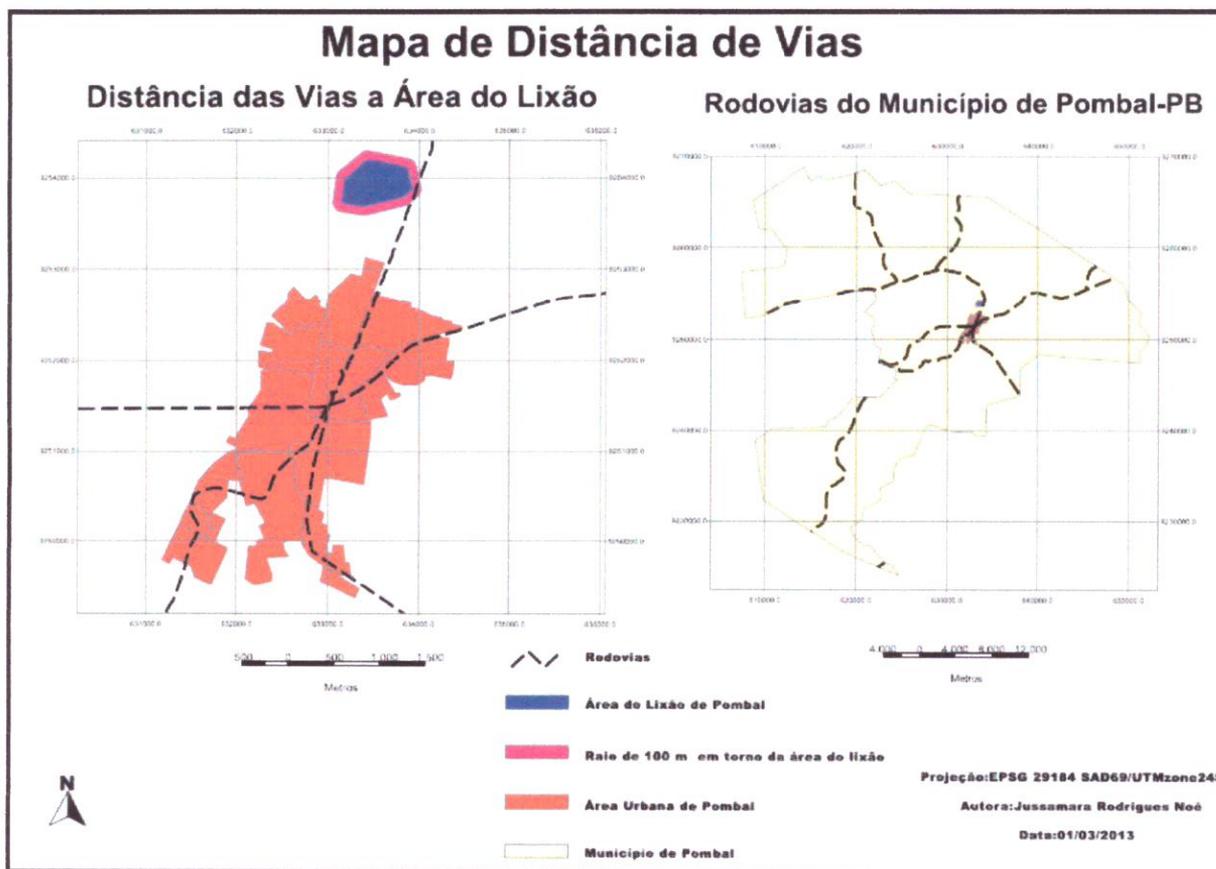


Fontes: Arquivos *shapefile* de AESA (2012); Lucena (2013).

Distância de vias

Segundo o ReCESA (2008), é necessário que o aterro sanitário seja instalado a uma distância mínima de 100 m de vias. Na Figura 06 observa-se que a área do lixão não atende a distância mínima adotada, localizando-se muito próxima a BR 230, a 39,40 m.

Figura 06 - Sistema viário do município de Pombal-PB.



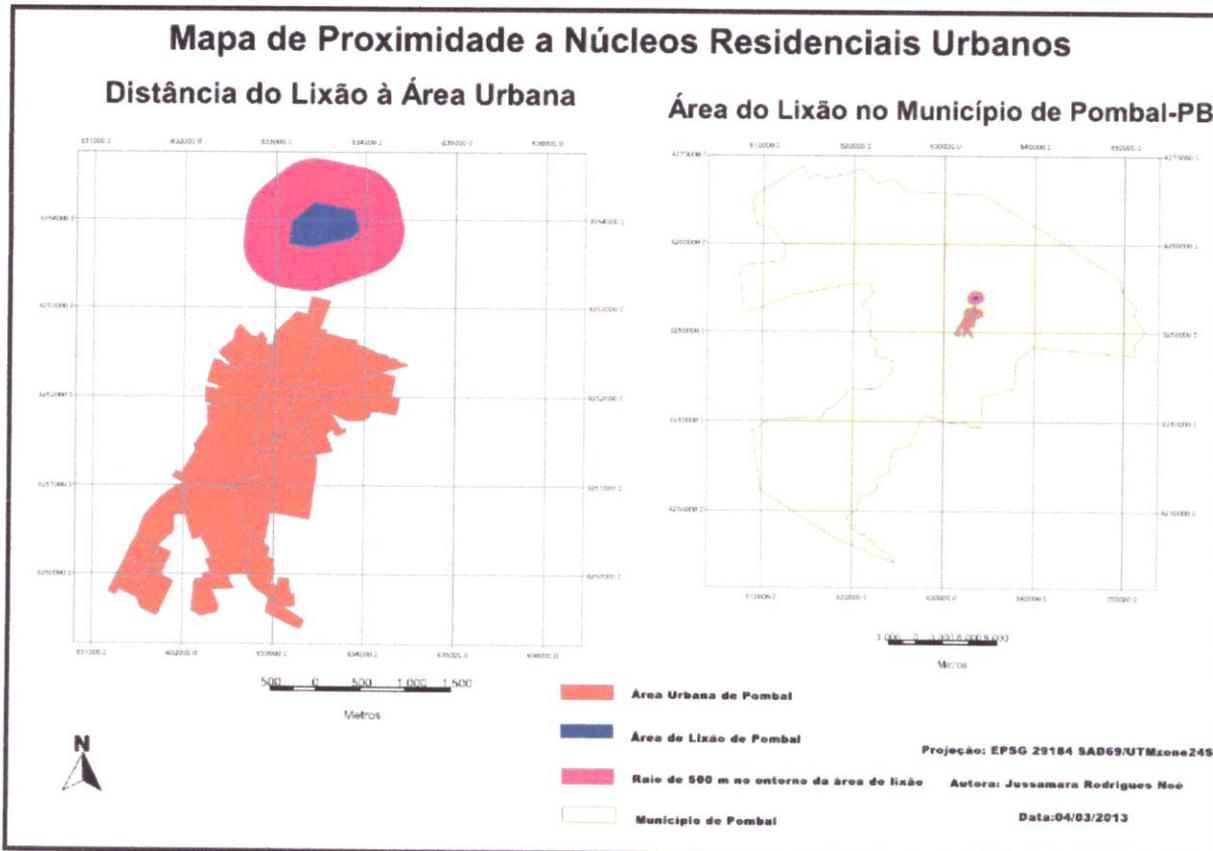
Fontes: Arquivos *shapefile* de AESA (2012); Lucena (2013).

Proximidade a núcleos residenciais urbanos

Conforme a NBR nº 13.896/1997, os aterros sanitários devem se localizar a mais de 500 metros dos núcleos populacionais, pois a população não simpatiza em possuir um aterro próximo às residências, em razão de possíveis odores, ruídos, poeira, etc. Já Monteiro *et al.* (2001) recomenda que os aterros sanitários se localizem a 100 m de núcleos urbanos que abriguem 200 ou mais habitantes. Na análise deste critério não foi feita nenhuma relação aos possíveis núcleos

habitacionais com mais de 200 habitantes existentes no município, considerou-se apenas os bairros da área urbana. Na Figura 07 observa-se que a área do lixão encontra-se a 905,36 m do bairro mais próximo. Sendo assim a área em questão atende a distância mínima estabelecida pela norma.

Figura 07 - Núcleo urbano do município de Pombal-PB.



Fontes: Arquivos *shapefile* de AESA (2012); Lucena (2013).

Vida útil e tamanho disponível da área

A NBR n° 13.896/1997 da ABNT estabelece que a vida útil para um aterro sanitário deve ser de no mínimo 10 anos devido à dificuldade de encontrar novos locais próximos às áreas de coleta. No presente trabalho adotou-se uma vida útil de 20 (vinte) anos para o aterro que atenderá aos vinte municípios do CODEMP, onde se estimou um volume total do aterro (volume total dos resíduos compactados mais o material de cobertura), de 1.170.213,89 m³, e uma área necessária de 390.071,30 m². O lixão de Pombal-PB possui disponível uma área de 293.723,51 m². Portanto,

atende a vida útil mínima, pois para 10 anos é necessária uma área de 171.640,54 m².

Uma solução para atender a vida útil de 20 anos seria a implantação de programas de reciclagem e compostagem, os quais devem ser implantados em cada um dos municípios do consórcio. Para isto é necessário ter ajuda massiva dos poderes públicos municipais, pois, de acordo com o CODEMP (2012), 14,89% dos resíduos sólidos urbanos são recicláveis e 66,79% é matéria orgânica, somando um total de 81,68%.

A fim de analisar a influência da implantação destes programas no atendimento da área necessária para atender a vida útil de 20 anos, adotaram-se três cenários de análise: no primeiro, excluíram-se os materiais recicláveis da massa total do resíduo; no segundo, excluíram-se 66,79% que corresponde à matéria orgânica para ser destinada à compostagem; e, no terceiro, excluíram-se tanto os materiais da reciclagem quanto os da compostagem, conforme pode ser visto na Tabela 10.

Tabela 10 - Cenários de análise da vida útil da área do lixão.

Cenários	Volume acumulado (m³)	Área necessária (m²)
Sem Programas	1.170.213,89	390.071,30
Cenário 1 (Programas de reciclagem)	998.440,51	332.813,50
Cenário 2 (Programas de compostagem)	395.347,02	131.782,34
Cenário 3 (Programas de reciclagem e compostagem)	214.915,20	71.638,38

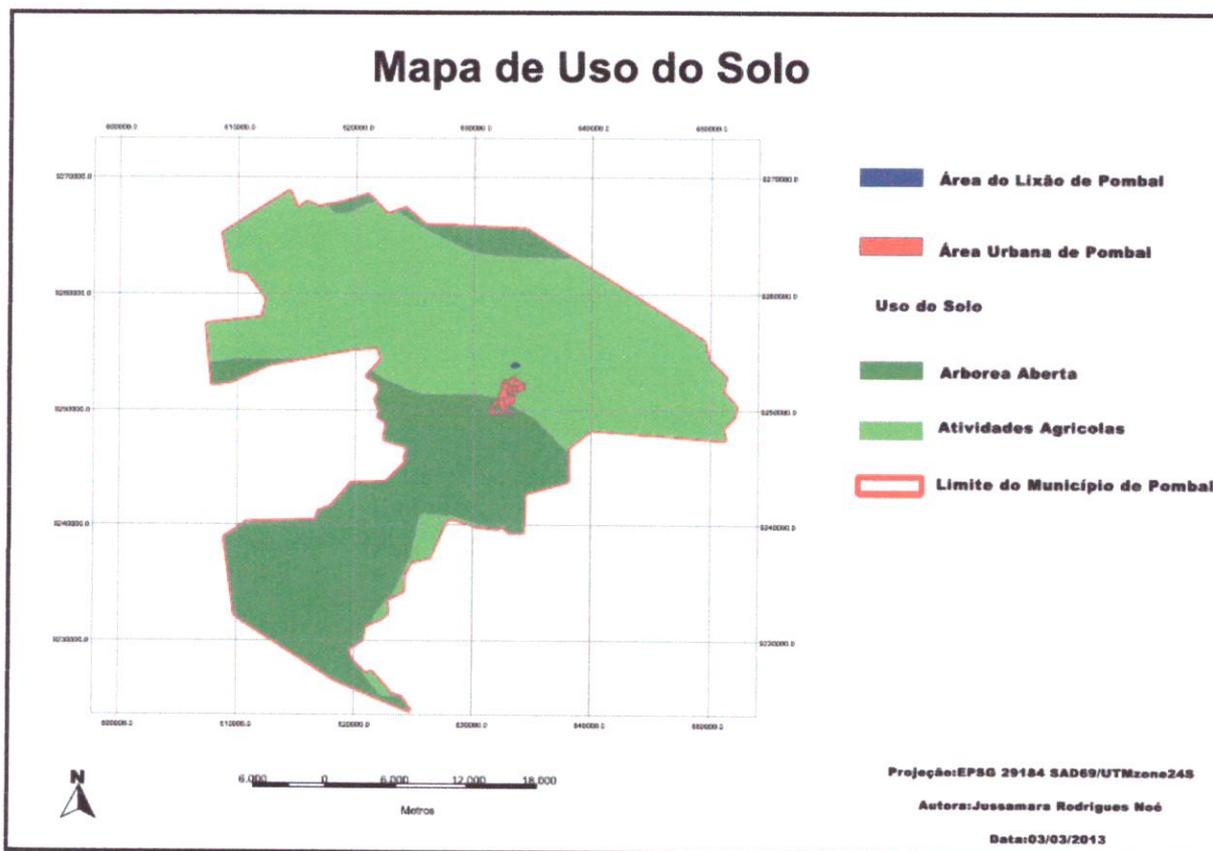
Observa-se, na Tabela 10, que no cenário 1 o volume acumulado é reduzido a um total de 998.440,51 m³, sendo necessária uma área de 332.813,50 m². Logo, neste cenário, a área do lixão ainda não seria suficiente para atender 20 anos; no segundo cenário, ao destinar 66,79% dos resíduos para a compostagem, obtém-se um volume total de 395.347,02 m³, necessitando assim de uma área de 131.782,34

m². Portanto, neste caso, a área do lixão atende a esta demanda; já no terceiro cenário, ao implantar-se tanto programas de reciclagem quanto de compostagem, observa-se que a área do lixão teria tamanho suficiente para atender a vida útil de 20 anos, podendo até ser prolongada.

Uso do Solo

Segundo Monteiro *et al.* (2001), as áreas para instalação de um aterro sanitário têm que se localizar numa região onde o uso do solo seja rural (agrícola) ou industrial e fora de qualquer Unidade de Conservação Ambiental. Portanto, a área do lixão encontra-se adequada para se instalar um aterro sanitário, pois de acordo com a Figura 08 observa-se que a mesma localiza-se em uma região rural e encontra-se fora de Unidade de Conservação Ambiental.

Figura 08 - Uso do solo do município de Pombal-PB.



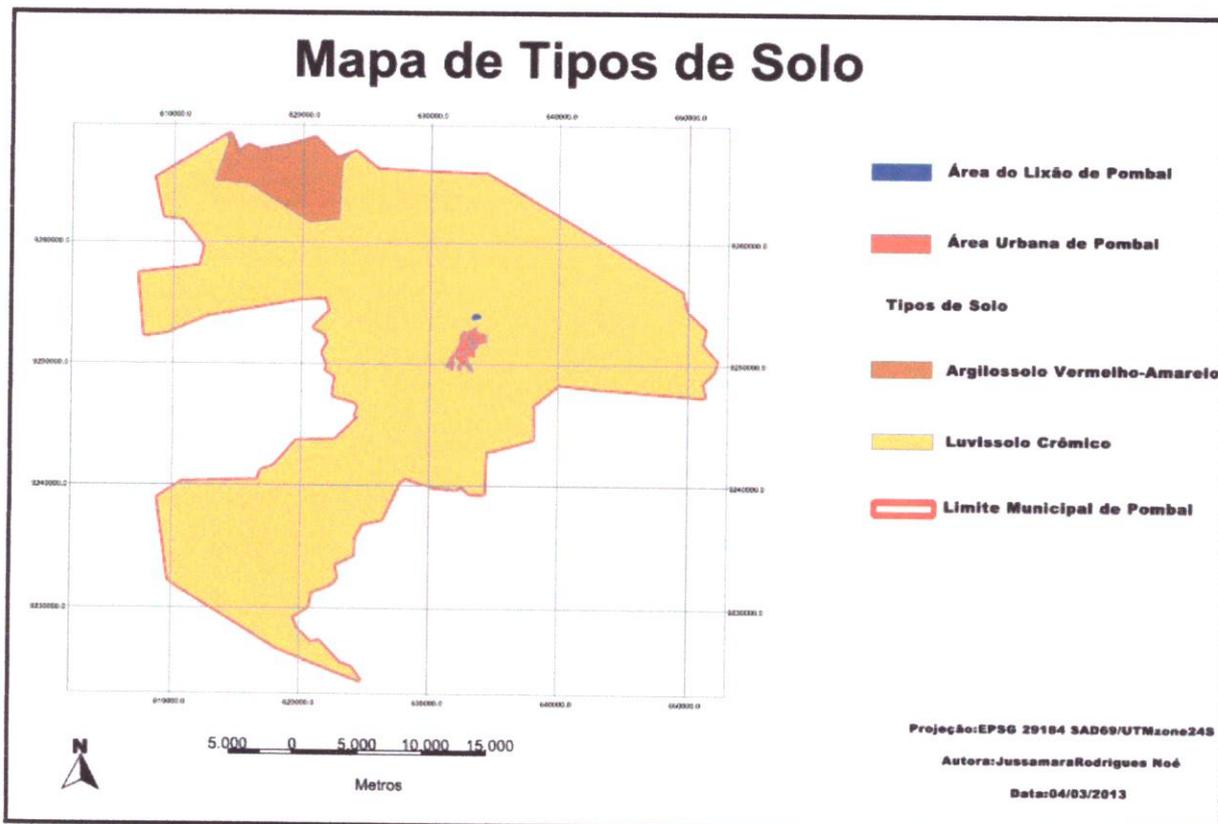
Fontes: Arquivos *shapefile* de AESA (2012); IBGE (2012); Lucena (2013).

Permeabilidade natural do solo

Para Monteiro *et al.* (2001), o solo da área escolhida para instalação de aterro sanitário deve apresentar uma impermeabilidade natural a fim de reduzir a possibilidade de contaminação do lençol freático. Portanto, a área selecionada deve, de preferência, possuir características argilosas.

Por meio da Figura 09, observa-se que o município de Pombal-PB possui dois tipos de solo: o argilossolo vermelho-amarelo que são profundos a pouco profundos, moderadamente a bem drenados, com textura muito variável, mas com predomínio de textura média na superfície, e argilosa, em subsuperfície, com presença ou não de cascalhos; e, o luvisolo crômico que caracteriza-se como sendo solo com argila de alta atividade, pouco profundo (60 - 120 cm), e ainda pode apresentar pedregosidade na parte superficial e caráter sódico na parte subsuperficial. Os dois tipos de solo apresentam característica argilosa, estando assim adequado à instalação de um aterro sanitário. Portanto, a área do lixão que está inserida no solo luvisolo crômico atende o critério em questão.

Figura 09 - Tipos de solo do município de Pombal-PB.



Fontes: Arquivos *shapefile* de AESA (2012), IBGE (2012), Lucena (2013).

Fauna e Flora

Segundo Lucena (2013), as espécies da flora que podem ser encontradas no entorno da área do lixão são as seguintes: Velame branco (*Macrosiphonia martii*), Alfazema brava (*Lavandula officinalis*), Mufumbo (*Combretum leprosum*), Jurema (*Mimosa tenuiflora*), Anjico (*Anadenanthera colubrina*), Pau-de-serrote (*Hoffmanseggia Falcaria*), Catingueira (*Caesalpinia pyramidalis Tui*), Juazeiro (*Ziziphus joazeiro Mart*), Mandacaru (*Cereu Jamacaru*) e Favela (*Cnidocolus phyllacanthus*).

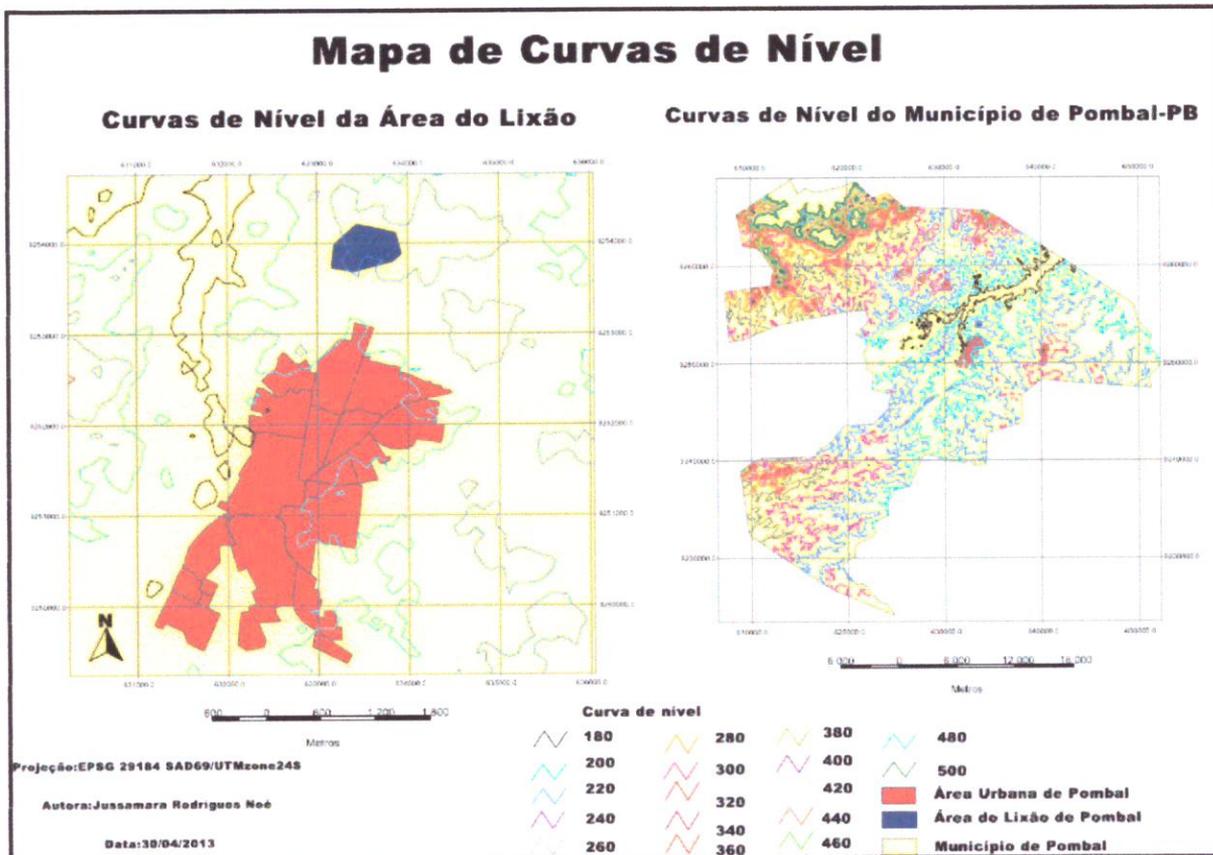
De acordo com a mesma autora, algumas espécies da fauna vistas na área do lixão são: Urubu (*Sarcoramphus papa*), Garça branca pequena (*Egretta Thula*), e Carcará (*Polyborus plancus*).

Portanto, as espécies tanto da fauna como da flora não são ameaçadas de extinção, tornando-o adequado para a instalação do aterro.

Declividade

A declividade é um fator importante que deve ser levado em consideração, pois as áreas com grandes declives contribuem com o aumento do escoamento superficial durante uma precipitação, facilitando a percolação do chorume, além de serem propícias ao surgimento de focos erosivos. A declividade também serve para definir o método construtivo do aterro sanitário, sendo que as áreas com pequenos declives são mais adequadas para implantação de um aterro sanitário. Por meio da Figura 10, observa-se que o lixão encontra-se em uma área onde não há grande variação de nível, portanto o declive da área é pequeno, estando assim adequado à instalação de um aterro, tendo como método construtivo mais indicado o da área ou superfície, que é empregado em locais cuja topografia é apropriada ao recebimento do lixo sobre a superfície do terreno, sem alteração de sua configuração original. Este método consiste na formação de camadas de lixo compactadas, que são sobrepostas acima do nível original do terreno. O lixo deve ser descarregado, espalhado, compactado e coberto ao final do dia (ReCESA, 2008).

Figura 10 - Curvas de nível do município de Pombal-PB.



Fontes: Arquivos *shapefile* de AESA (2012), IBGE (2012), Lucena (2013).

4.2.2 Critérios econômico-financeiros

Distância ao centro geométrico de coleta

É desejável que o percurso de ida (ou de volta) que os veículos de coleta fazem até o aterro, seja o menor possível, com vistas a reduzir o seu desgaste e o custo de transporte do lixo, pois quanto mais distante da zona urbana, mais caro é o serviço de transporte. Por isso, tem-se adotado uma distância máxima de 15 km (Monteiro *et al.*, 2001).

A distância do transporte dos resíduos dos demais municípios à área do lixão de Pombal-PB encontra-se especificada na Tabela 11, onde se observa que a maioria dos municípios encontra-se a mais de 15 km de distância do município de Pombal-PB, logo os gastos com transporte serão elevados. Portanto, não atende ao critério em questão como era previsível por se tratar de um consórcio que abrange uma área extensa formada por vinte municípios.

Uma alternativa para reduzir os gastos com transporte dos resíduos seria a implantação de estações de transferência de resíduos sólidos. Nelas, os caminhões de coleta domiciliar transferem os resíduos coletados para veículos de maior porte e de menor custo unitário de transporte.

Tabela 11- Distância do transporte dos resíduos a Pombal- PB.

Municípios	km
Belém do Brejo do Cruz	92,5
Bom Sucesso	64,3
Brejo do Cruz	74,8
Brejo dos Santos	67,3
Cajazeirinhas	31,1
Catolé do Rocha	58,0
Condado	29,5
Coremas	47,8
Jericó	33,4
Lagoa	48,5
Malta	38,7
Mato Grosso	36,2
Paulista	33,0
Riacho dos Cavalos	53,2
São Bento	56,2
São Bentinho	19,4
São Domingos	14,4
São José do Brejo do Cruz	112,0
Vista Serrana	41,30

Fonte: Consórcio de Desenvolvimento Sustentável do Médio Piranhas (CODEMP, 2012).

Custo de aquisição do terreno

A atual área onde encontra-se localizado o lixão pertence ao município de Pombal-PB. Logo, a prefeitura não terá custo de aquisição do terreno para instalação do aterro sanitário consorciado.

Custo de investimento em construção e infraestrutura

É importante que a área, para se instalar um aterro sanitário, possua infraestrutura completa para reduzir os gastos de investimento em abastecimento de água, coleta e tratamento de esgotos, drenagem de águas pluviais, distribuição de

energia elétrica e telefonia (Monteiro *et al.*, 2001). A área do lixão não possui infraestrutura completa, mas encontra-se próxima à zona urbana o que facilitará a implantação dos serviços de infraestrutura, pois em uma visita de campo pôde-se observar a existência de rede de transmissão elétrica nas proximidades da área, como se mostra na Figura 11. Outro fator relevante é que existe uma estação de tratamento de esgotos sendo construída próxima a área em questão.

Figura 11 - Presença de rede de transmissão de energia elétrica nas proximidades do lixão de Pombal-PB.



Fonte: Arquivo pessoal (2013).

Custo com manutenção do sistema de drenagem

A área do lixão está localizada em um terreno que apresenta pequena variação de nível, como pôde ser visto na Figura 10. Deste modo será pouco susceptível a problemas relacionados com a erosão, reduzindo-se os gastos com limpeza e manutenção dos componentes do sistema de drenagem.

4.2.3 Critérios político-sociais

Distância de núcleos urbanos de baixa renda

Por meio de observações visuais, pôde-se perceber que o bairro mais próximo à área do lixão não se caracteriza como um núcleo de baixa renda. Entretanto, ressalta-se a presença de catadores no lixão. Portanto, deverão ser criados mecanismos alternativos de geração de emprego e/ou renda que minimizem as pressões sobre a administração do aterro em busca da oportunidade de catação, tais como: incentivo à formação de cooperativa de catadores.

4.3 Avaliação da área do lixão frente aos critérios estabelecidos

Após analisar os critérios aplicados na avaliação da área do lixão, definiu-se as prioridades para os mesmos, conforme pode ser visto na Tabela 12.

Tabela 12 - Prioridades dos critérios selecionados para análise da área do lixão.

Critérios	Prioridade	Atendimento
Proximidade a cursos d'água	1	T
Proximidade a núcleos residenciais urbanos	1	T
Fauna e flora local	1	T
Distância de núcleos de baixa renda	2	T
Custo de Aquisição do terreno	3	T
Custo de investimento em construção e infraestrutura	3	P
Vida útil mínima	4	T
Uso do solo	4	T
Distância de vias	4	N
Declividade	4	T
Permeabilidade natural do solo	4	T
Reaproveitamento da área do lixão	4	T
Custo com manutenção do sistema de drenagem	5	T
Distância ao centro geométrico de coleta	5	N

Nota: T – atende integralmente; P – atende parcialmente; N – não atende.

Fonte: Monteiro *et al.* (2001): adaptado.

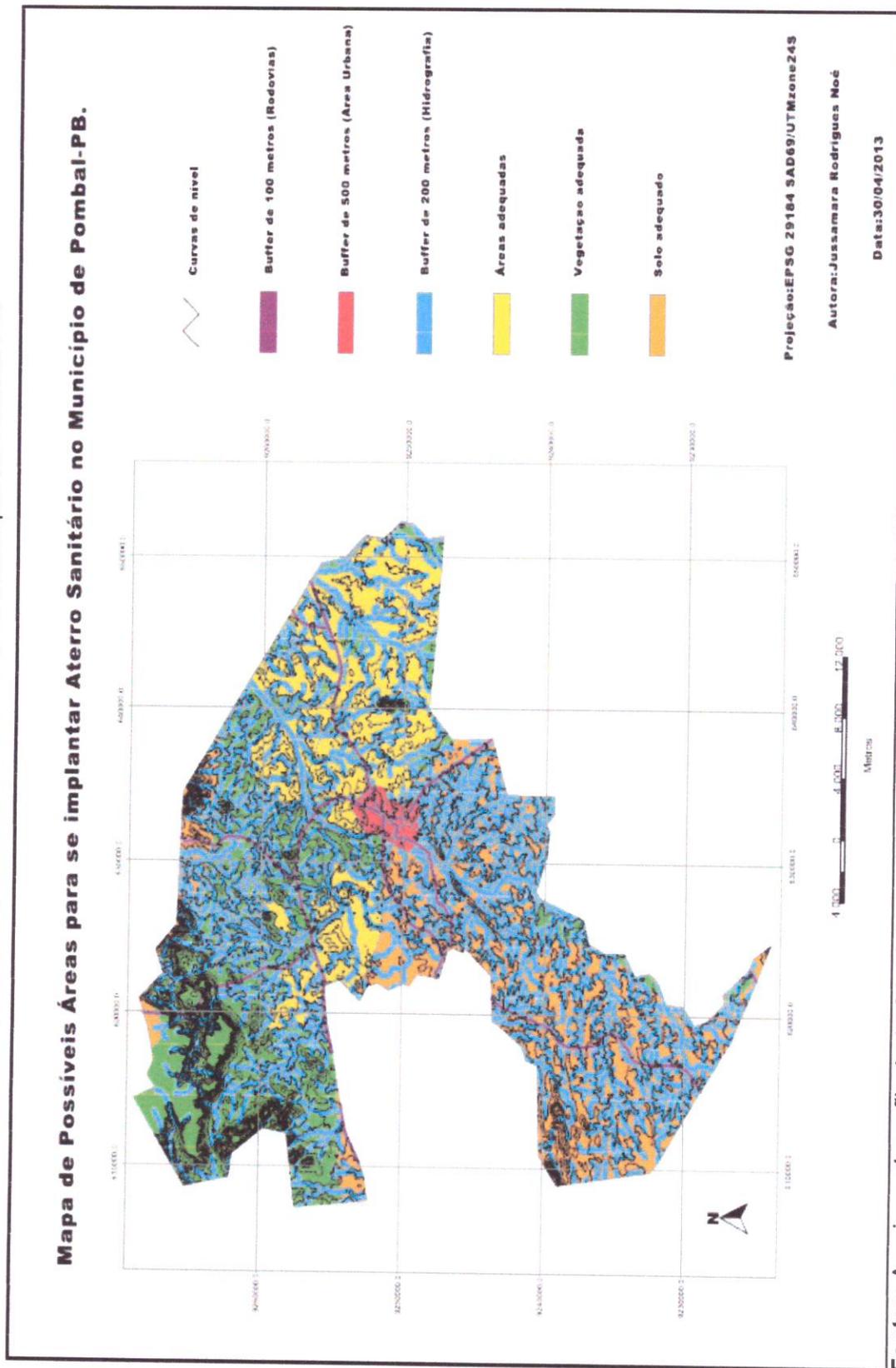
Observa-se que a área do lixão atende aos critérios de maior prioridade, tais como: proximidade a cursos d'água, fauna e flora local, distância de núcleos populacionais urbanos, distância de núcleos de baixa renda, custo de aquisição do terreno, mas não atende aos critérios: distância de vias e distância ao centro geométrico de coleta. Ressalta-se que, independentemente de ser ou não utilizada para se instalar o aterro, a mesma deve ser biorremediada, onde se faz necessário a realização de estudos e levantamentos de parâmetros para a elaboração da estratégia de biorremediação: levantamentos topográficos, prospecção hidrogeológica e geotécnica, avaliação de impactos, ensaios de tratabilidade e formulação de modelos e projeto técnico; bem como a realização de tratamento primário (aplicação de processos físicos), tratamento secundário (aplicação de processos biológicos), e tratamento terciário (aplicação de processos químicos e físico-químicos).

Para uma conclusão mais precisa no que diz respeito à viabilidade desta área para o aterro, seria necessário uma investigação mais profunda, na qual deve-se investigar dados geológicos e geotécnicos; dados sobre as águas superficiais e subterrâneas, como profundidade do lençol freático; dados sobre o clima, entre outros.

4.4 Possíveis áreas para instalação do aterro sanitário

A Figura 12 mostra outras possíveis áreas que podem ser avaliadas para se instalar aterro sanitário no município de Pombal-PB. As áreas representadas pela cor amarela são as mais indicadas para se instalar um aterro sanitário por possuir solo com característica argilosa; vegetação adequada do tipo atividade agrícola, pois o outro tipo de vegetação presente no município é a arbórea aberta, que é área de preservação permanente; e também estão localizadas em locais que apresentam pequena variação de nível, além de atenderem as distâncias mínimas estabelecidas para cursos d'água, vias e núcleos residenciais urbanos.

Figura 12 - Possíveis áreas para se implantar aterro sanitário no município de Pombal-PB.



Fontes: Arquivos shapefile de AESA (2012), Lucena (2013).

5 CONCLUSÕES

Na avaliação de áreas para instalação de aterro sanitário são necessários muitos dados e informações, mas a maioria dos municípios brasileiros não dispõe destas informações. Este fato agregado à carência de recursos humanos qualificados e de recursos financeiros dificulta a obtenção de uma solução para o problema da destinação final dos resíduos. Dessa forma, um aterro consorciado torna-se uma solução mais viável, principalmente para os municípios de pequeno porte.

A fim de auxiliar os municípios do CODEMP na escolha de uma área adequada para se instalar o aterro consorciado, desenvolveu-se no presente trabalho uma avaliação da área do lixão do município de Pombal-PB, onde pôde-se concluir que, de acordo com avaliação geral do conjunto de critérios adotados, seria possível a instalação do aterro sanitário na área do lixão, apesar da mesma não atender à distância mínima para rodovias e a distância ao centro geométrico de coleta. Um dos problemas relacionados à distância do aterro as vias é conjunto de impactos visuais decorrentes da implantação e operação do mesmo, pois, quando o aterro está localizado próximo a locais de grande fluxo de pessoas, estas tem acesso visual à área e também tem-se a questão da segurança, pois o espalhamento dos materiais pode causar acidentes.

Ressalta-se ainda a necessidade de adoção de estratégias de biorremediação da atual área do lixão, independente da mesma vir a ser ou não utilizada para fins de instalação do aterro consorciado; e a importância da implantação de programas de reciclagem e compostagem de modo a aumentar a vida útil do possível aterro sanitário.

Por fim, observou-se que apesar de o SIG livre gvSIG ter sido desenvolvido recentemente, sua utilização tem se mostrado como uma alternativa viável e prática em muitas situações relacionadas à análises ambientais, proporcionando um alto grau de liberdade ao usuário quando comparado com os SIG comerciais. A utilização do gvSIG neste trabalho foi de grande importância, principalmente na identificação de outras possíveis áreas para instalação do aterro sanitário. Sugere-se, em estudos futuros, a avaliação da viabilidade destas áreas e comparação com a área do atual lixão do município de Pombal-PB.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas: **NBR 8.419** (1992) - Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos - Procedimento. Rio de Janeiro, 7 p.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas: **NBR 10.004** (2004) - Resíduos Sólidos - Classificação. São Paulo/SP, 71 p.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas: **NBR 13.896** (1997) - Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projetos, implantação e operação. Rio de Janeiro, 12 p.

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportal/shapes.html>>. Acesso em 27 de novembro de 2012.

ARRUDA, P. L. **SIG como ambiente de análise e avaliação da implementação do centro de tratamento de resíduos sólidos urbanos do município do Rio de Janeiro - CTR-RIO**. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) - Centro de Ciências Sociais, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2007.

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.

BRITO, A. S. **Diagnóstico e avaliação de áreas de destino final para resíduos sólidos urbanos no estado do Rio Grande do Norte**. 97 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia de Produção) - Programa de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.

CALIJURI, M. L., OLIVEIRA MELO, A. L.; LORENTZ, J. F. **Identificação de áreas para implantação de Aterros sanitários com uso de análise estratégica de decisão**. Informática Pública, Viçosa - MG, v.04, p.231-250, set, 2002.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. INPE: São José dos Campos, 2001. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>>. Acesso em: 22 de setembro de 2012.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. **Conceitos básicos em ciência da geoinformação**. In: Introdução À Ciência de Geoinformação. Instituto Nacional de Pesquisas Científicas- INPE, São José dos Campos – SP, 2001.

CARMO JUNIOR, G. N. R. **Resíduos sólidos: origem, formação, classificação, caracterização e impactos**. Disponível em: <[http://www.engenhariaambiental.unir.br/admin/prof/arg/Res%20Solidos%20 Aula%2001_2010.pdf](http://www.engenhariaambiental.unir.br/admin/prof/arg/Res%20Solidos%20Aula%2001_2010.pdf)>. Acesso em: 15 de novembro de 2012.

CARVALHO, G. A.; LEITE, D. V. B. **Geoprocessamento na gestão urbana municipal – a experiência dos municípios mineiros Sabará e Nova Lima**. XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal-RN, 2009.

CEMPRE- Compromisso Empresarial para Reciclagem. **Política Nacional de Resíduos Sólidos - Agora é lei**. Disponível em: <<http://www.cempre.org.br>>. Acesso em: 25 de Abril de 2013.

CODEMP- Consórcio de Desenvolvimento Sustentável do Médio Piranhas. ASMEPI- Associação dos Municípios do Médio Piranhas . **Unidade de Destinação de Resíduos Sólidos Urbanos e Disposição Final de Rejeitos**. Acervo Permanente da Prefeitura Municipal de Pombal - PB. Pombal, 2012. 68p.

Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução nº404/2008**. De 11 nov. 2008 - Publicada no D.O.U nº 220 de 12 nov. 2008, Seção 1, pág. 93.

Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução nº 001/1986**. De 23 jan. 1986 - Publicada no D.O.U de 17 fev. 1986, Seção 1, pág. 2548 - 2549.

Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução nº 237/1997**. De 19 dez. 1997 - Publicada no D.O.U nº 247 de 22 de dez. 1997, págs. 30.841-30.843.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea**. Organizado [por] João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior, Franklin de Moraes, Vanildo Almeida Mendes, Jorge Luiz Fortunato de Miranda. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

FIGUEIREDO, A. L. F.; FIGUEIREDO, L. M.; VASCONCELOS, T. L. F.C.; BORGES, U. N.; PEDROSA, E. C. T. **Geoprocessamento no apoio à gestão ambiental no estado da Paraíba: o caso da SUDEMA-PB**. II Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, Aracaju- SE, 2004.

FRASSON, A. R.; WATZLAWICK, L. F.; MADRUGA, P. R. A.; SCHOENINGER, E. R. **Avaliação de áreas propícias à instalação de aterros sanitários utilizando técnicas de geoprocessamento em sistemas eletroquímicos.** In: Revista Ciências Exatas e Naturais, Vol. 3, n°. 1, jan./jun., 2001.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008.** Rio de Janeiro: IBGE, 2010. 219 p. ISBN 978-85-240-4135-8.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20/12/2012.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <<ftp://ftp.ibge.gov.br>>. Acesso em: 08/02/2013.

LUCENA, K. P. **Diagnóstico ambiental simplificado da área do lixão no município de Pombal – PB.** Pombal- PB, 2013. 22 p.

MMA- Ministério do Meio Ambiente. **Política Nacional de Resíduos Sólidos.** Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/pol%C3%ADtica-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos>>. Acesso em: 25 de Abril de 2013.

MONTEIRO, J. H. P. [et al.]. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos / José Henrique Penido Monteiro...[et al.]; coordenação técnica Victor Zular Zveibil; elaborado pelo IBAM- Instituto Brasileiro de Administração Municipal.** Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

NETO, J. V. R. **Banco de dados georreferenciado para aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos (AS-RSU) no estado da Bahia.** Salvador- BA, 2009. Disponível em: <<http://www.meau.ufba.br/site/publicacoes/banco-de-dados-georeferenciados-para-aterros-sanitarios-de-residuos-solidos-urbanos-rsu->>. Acesso em: 19 de Dezembro de 2012.

ORNRLAS, A. R. **Aplicação de métodos de análise espacial na gestão dos resíduos sólidos urbanos.** 101 f. Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) - Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

PRO AMBIENTE. **Aterro sanitário**. Disponível em:
<<http://ajudaecologica.blogspot.com.br/2011/02/aterro-sanitario.html>>. Acesso em:
27 de Abril de 2013.

PROSAB - Programa de Pesquisas em Saneamento Básico. **Resíduos sólidos urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte**. Armando Borges de Castilhos Junior (coordenador). Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003. 294 p. ISBN 85-86552-70-4.

REALON, C. A. **Geotecnologias a cartografia temática: gvSIG**. Marechal Candido Rondon: AGB, 2008. 54 p. ISBN 978-85-7644-128-1.

ReCESA- Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental. 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**. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2011.

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

SILVA, N. L. da S. **Aterro Sanitário para Resíduos Sólidos Urbanos - RSU– Matriz para Seleção da Área de Implantação**. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Colegiado de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2011.

SPERB, R. C.; SPERB, R.M.; BUGHI, C. H.; SOUZA, L. V. M. P. **Utilização de software livre para análise geoespacial –estudo de caso: seleção de área para instalação de aterro sanitário**. Geosul, Florianópolis, v. 25, n. 49, p 159-177, jan./jul. 2010

SUDEMA- Superintendência de Administração do Meio Ambiente do Estado da Paraíba. Disponível em:<www.sudema.pb.gov.br>. Acesso em: 22 de setembro de 2012.

WEBER, E; HASENACK, H. **Avaliação de áreas para instalação para aterro sanitária através de análises em SIG com classificação contínua de dados.**

Canoas- RS, 2002. Disponível em:<

http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo/index.php?option=com_content&view=article&id=22&Itemid=23 >. Acesso em: 15 de novembro de 2012.

APÊNDICE

Tabela I - Previsão da população dos municípios do Consórcio de Desenvolvimento Sustentável do Médio Piranhas (2013-2022).

Município	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
População										
Belém do Brejo do Cruz	7252	7298	7342	7384	7424	7463	7500	7535	7569	7601
Bom Sucesso	5085	5118	5148	5178	5206	5233	5259	5284	5308	5330
Brejo do Cruz	13401	13487	13568	13646	13720	13791	13859	13925	13987	14047
Brejo dos Santos	6303	6342	6381	6418	6453	6486	6518	6550	6578	6607
Cajazeirinhas	3089	3109	3127	3145	3162	3180	3195	3209	3224	3238
Catolé do Rocha	29321	29507	29685	29856	30018	30174	30323	30466	30603	30734
Condado	6682	6724	6765	6804	68401	6876	6910	6943	6974	7004
Coremas	15359	15456	15550	15639	15724	15806	15884	15959	16030	16099
Jericó	7651	7699	7746	7791	7833	7874	7913	7950	7986	8020
Lagoa	4732	4762	4791	4819	4845	4870	4894	4917	4939	4961
Malta	5684	5721	5755	5788	5820	5850	5879	5906	5933	5958
Mato Grosso	2761	2778	2795	2811	2826	2841	2855	2868	2881	2894
Paulista	11991	12067	12140	12209	12276	12340	12401	12459	12515	12569
Pombal	32565	32772	32970	33159	33340	33513	33678	33837	33989	34135
Riacho dos Cavalos	8448	8502	8553	8602	8649	8694	8737	8778	8817	8855
São Bento	31667	31868	32060	32244	32420	32588	32749	32904	33051	33193

Município	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
População										
São Bentinho	4238	4265	4290	4315	4339	4361	4383	4403	4423	4442
São Domingos	2922	2940	2958	2975	2991	3007	3022	3036	3050	3063
São José do Brejo do Cruz	1719	1730	1741	1751	1760	1769	1778	1787	1795	1802
Vista Serrana	3591	3614	3636	3656	3676	3695	3714	3731	3748	3764
Total	204.460	205.760	207.002	208.189	209.325	210.411	211.450	212.445	213.399	214.314

Tabela II - Previsão da População dos municípios do Consórcio de Desenvolvimento Sustentável do Médio Piranhas (2023-2032).

Município	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
População										
Belém do Brejo do Cruz	7632	7662	7691	7719	7746	7772	7798	7823	7847	7872
Bom Sucesso	5352	5373	5393	5413	5432	5450	5468	5486	5503	5521
Brejo do Cruz	14105	14160	14214	14265	14315	14363	14410	14456	14502	14548
Brejo dos Santos	6634	6660	6685	6709	6732	6755	6777	6799	6821	6842
Cajazeirinhas	3251	3264	3276	3288	3299	3311	3322	3332	3343	3353
Catolé do Rocha	30860	30981	31098	31211	31320	31426	31529	31629	31730	31831
Condado	7033	7060	7087	7113	7138	7162	7185	7208	7231	7254
Coremas	16165	16229	16290	16349	16406	16462	16514	16568	16621	16674
Jericó	8053	8084	8115	8144	8173	8200	8227	8253	8280	8306

Município	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
População										
Lagoa	4981	5000	5019	5037	5055	5072	5089	5105	5121	5138
Malta	5983	6006	6029	6051	6072	6092	6112	6132	6151	6171
Mato Grosso	2906	2917	2928	2939	2949	2959	2968	2978	2987	2997
Paulista	12621	12670	12718	12764	12809	12852	12894	12935	12976	13018
Pombal	34274	34409	34539	34664	34785	34903	35017	35129	35240	35353
Riacho dos Cavalos	8891	8926	8960	8993	9024	9054	9084	9113	9142	9171
São Bento	33329	33460	33586	33708	33826	33940	34051	34160	34268	34377
São Benzinho	4460	4478	4495	4511	4527	4542	4557	4571	4586	4600
São Domingos	3075	3087	3099	3110	3121	3132	3142	3152	3162	3172
São José do Brejo do Cruz	1809	1817	1824	1830	1837	1843	1850	1855	1861	1867
Vista Serrana	3779	3794	3809	3822	3836	3849	3861	3874	3886	3898
Total	215.193	216.039	216.853	217.639	218.400	219.138	219.855	220.555	221.257	221.962

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – (IBGE, 2013).

Tabela III - Volume total estimado, ano a ano, e volume útil total do aterro sanitário para o município de Belém do Brejo do Cruz.

Ano	População	Geração per capita (kg/d/hab)	Cobertura da coleta (%)	Massa (kg/d)	Volume dos resíduos compactados no aterro	
					(m³/d)	(m³/ano)
2013	7252	0,5	0,82	2973,32	4,2476	1550,374
2014	7298	0,5	0,82	2992,18	4,274543	1560,208
2015	7342	0,5	0,82	3010,22	4,300314	1569,615
2016	7384	0,5	0,82	3027,44	4,324914	1578,594
2017	7424	0,5	0,82	3043,84	4,348343	1587,145
2018	7463	0,5	0,82	3059,83	4,371186	1595,483
2019	7500	0,5	0,82	3075	4,392857	1603,393
2020	7535	0,5	0,82	3089,35	4,413357	1610,875
2021	7569	0,5	0,82	3103,29	4,433271	1618,144
2022	7601	0,5	0,82	3116,41	4,452014	1624,985
2023	7632	0,5	1	3816	5,451429	1989,771
2024	7662	0,5	1	3831	5,472857	1997,593
2025	7691	0,5	1	3845,5	5,493571	2005,154
2026	7719	0,5	1	3859,5	5,513571	2012,454
2027	7746	0,5	1	3873	5,532857	2019,493
2028	7772	0,5	1	3886	5,551429	2026,271
2029	7798	0,5	1	3899	5,57	2033,05
2030	7823	0,5	1	3911,5	5,587857	2039,568
2031	7847	0,5	1	3923,5	5,605	2045,825
2032	7872	0,5	1	3936	5,622857	2052,343
(I) Volume total do aterro (resíduos compactados)						
(J) volume total do aterro = (I) + 15% de material de cobertura						41538,38804

Fonte: ReCESA (2008): adaptado

Tabela IV - Volume total estimado, ano a ano, e volume útil total do aterro sanitário para o município de Bom Sucesso.

Ano	População	Geração per capita (kg/d/hab)	Cobertura da coleta (%)	Massa (kg/d)	Volume dos resíduos compactados no aterro		
					(m³/d)	(m³/ano)	Acumulado (m³)
2013	5085	0,5	0,82	2084,85	2,978474	1087,143	1087,143
2014	5118	0,5	0,82	2098,38	2,997393	1094,048	2181,191393
2015	5148	0,5	0,82	2110,68	3,015491	1100,654	3281,845764
2016	5178	0,5	0,82	2122,98	3,03277	1106,961	4388,806814
2017	5206	0,5	0,82	2134,46	3,049346	1113,011	5501,818
2018	5233	0,5	0,82	2145,53	3,06516	1118,783	6620,6014
2019	5259	0,5	0,82	2156,19	3,080271	1124,299	7744,900471
2020	5284	0,5	0,82	2166,44	3,094797	1129,601	8874,501429
2021	5308	0,5	0,82	2176,28	3,108679	1134,668	10009,16911
2022	5330	0,5	0,82	2185,30	3,122033	1139,542	11148,7111
2023	5352	0,5	1	2676	3,822929	1395,369	12544,08003
2024	5373	0,5	1	2686,50	3,837929	1400,844	13944,92396
2025	5393	0,5	1	2696,50	3,852429	1406,136	15351,06039
2026	5413	0,5	1	2706,50	3,866429	1411,246	16762,30681
2027	5432	0,5	1	2716	3,879929	1416,174	18178,48074
2028	5450	0,5	1	2725	3,893	1420,945	19599,42574
2029	5468	0,5	1	2734	3,905786	1425,612	21025,03753
2030	5486	0,5	1	2743	3,918214	1430,148	22455,18574
2031	5503	0,5	1	2751,50	3,930643	1434,685	23889,87039
2032	5521	0,5	1	2760,50	3,943214	1439,273	25329,1436
(II) Volume total do aterro (resíduos compactados)							
(J) volume total do aterro = (I) + 15% de material de cobertura							29128,51514

Fonte: ReCESA (2008): adaptado

Tabela V - Volume total estimado, ano a ano, e volume útil total do aterro sanitário para o município de Brejo do Cruz.

Ano	População	Geração per capita (kg/d/hab)	Cobertura da coleta (%)	Massa (kg/d)	Volume dos resíduos compactados no aterro	
					(m³/d)	(m³/ano)
2013	13401	0,5	0,82	5494,41	7,849333	2865,006
2014	13487	0,5	0,82	5529,67	7,899236	2883,221
2015	13568	0,5	0,82	5562,82	7,899236	2900,623
2016	13646	0,5	0,82	5594,86	7,946913	2917,256
2017	13720	0,5	0,82	5625,20	7,992481	2933,161
2018	13791	0,5	0,82	5654,31	8,036059	2948,383
2019	13859	0,5	0,82	5682,19	8,077761	2962,942
2020	13925	0,5	0,82	5709,25	8,117649	2976,902
2021	13987	0,5	0,82	5734,67	8,155896	2990,264
2022	14047	0,5	0,82	5759,27	8,192503	3003,091
2023	14105	0,5	1	7052,50	10,07486	3677,323
2024	14160	0,5	1	7080	10,11443	3691,766
2025	14214	0,5	1	7107	10,15257	3705,689
2026	14265	0,5	1	7132,50	10,18936	3719,115
2027	14315	0,5	1	7157,50	10,225	3732,125
2028	14363	0,5	1	7181,50	10,2595	3744,718
2029	14410	0,5	1	7205	10,29314	3756,997
2030	14456	0,5	1	7228	10,32586	3768,938
2031	14503	0,5	1	7251,50	10,35921	3781,113
2032	14548	0,5	1	7274	10,39171	3792,976
(I) Volume total do aterro (resíduos compactados)						
					76764,34895	
(J) volume total do aterro = (I) + 15% de material de cobertura						
					76764,34895	

Fonte: ReCESA (2008): adaptado

Tabela VI - Volume total estimado, ano a ano, e volume útil total do aterro sanitário para o município de Brejo dos Santos.

Ano	População	Geração per capita (kg/d/hab)	Cobertura da coleta (%)	Massa (kg/d)	Volume dos resíduos compactados no aterro		
					(m³/d)	(m³/ano)	Acumulado (m³)
2013	6303	0,5	0,82	2584,23	3,691581	1347,491	1347,491
2014	6343	0,5	0,82	2600,63	3,715069	1356,043	2703,533786
2015	6381	0,5	0,82	2616,21	3,737501	1364,167	4067,700429
2016	6418	0,5	0,82	2631,38	3,758939	1372,077	5439,777143
2017	6453	0,5	0,82	2645,73	3,779439	1379,559	6819,336357
2018	6486	0,5	0,82	2659,26	3,79906	1386,614	8205,9505
2019	6518	0,5	0,82	2672,38	3,817803	1393,455	9599,405786
2020	6549	0,5	0,82	2685,09	3,835784	1400,083	10999,48843
2021	6578	0,5	0,82	2696,98	3,853004	1406,282	12405,77086
2022	6607	0,5	0,82	2708,87	3,869521	1412,482	13818,25307
2023	6634	0,5	1	3317	4,738286	1729,579	15547,83164
2024	6660	0,5	1	3330	4,756857	1736,357	17284,18879
2025	6685	0,5	1	3342,50	4,774857	1742,875	19027,06379
2026	6709	0,5	1	3354,50	4,792143	1749,132	20776,19593
2027	6732	0,5	1	3366	4,808857	1755,129	22531,3245
2028	6755	0,5	1	3377,50	4,825143	1761,125	24292,4495
2029	6777	0,5	1	3388,50	4,840929	1766,861	26059,31021
2030	6799	0,5	1	3399,50	4,856357	1772,596	27831,90664
2031	6821	0,5	1	3410,50	4,871786	1778,332	29610,23879
2032	6842	0,5	1	3421	4,887286	1783,807	31394,04593
					(I) Volume total do aterro (resíduos compactados)		
					(J) volume total do aterro = (I) + 15% de material de cobertura		
					36103,15282		

Fonte: ReCESA (2008): adaptado

Tabela VII - Volume total estimado, ano a ano, e volume útil total do aterro sanitário para o município de Cajazeirinhas.

Ano	População	Geração per capita (kg/d/hab)	Cobertura da coleta (%)	Massa (kg/d)	Volume dos resíduos compactados no aterro	
					(m³/d)	(m³/ano)
2013	3089	0,5	0,82	1266,49	1,809271	660,3841
2014	3109	0,5	0,82	1274,567	1,82081	664,5957
2015	3127	0,5	0,82	1282,234	1,831763	668,5934
2016	3145	0,5	0,82	1289,614	1,842306	672,4416
2017	3163	0,5	0,82	1296,625	1,852321	676,0973
2018	3179	0,5	0,82	1303,349	1,861927	679,6034
2019	3195	0,5	0,82	1309,786	1,871123	682,9598
2020	3209	0,5	0,82	1315,977	1,879967	686,188
2021	3224	0,5	0,82	1321,881	1,888401	689,2665
2022	3238	0,5	0,82	1327,539	1,896484	692,2168
2023	3251	0,5	1	1625,6	2,322286	847,6343
2024	3264	0,5	1	1631,95	2,331357	850,9454
2025	3276	0,5	1	1638,15	2,340214	854,1782
2026	3288	0,5	1	1644,05	2,348643	857,2546
2027	3299	0,5	1	1649,8	2,356857	860,2529
2028	3311	0,5	1	1655,4	2,364857	863,1729
2029	3322	0,5	1	1660,8	2,372571	865,9886
2030	3332	0,5	1	1666,1	2,380143	868,7521
2031	33423	0,5	1	1671,4	2,387714	871,5157
2032	3354	0,5	1	1677,2	2,396	874,54
(I) Volume total do aterro (resíduos compactados)						
					17694,56848	
(J) volume total do aterro = (I) + 15% de material de cobertura						
					17694,56848	

Fonte: ReCESA (2008): adaptado

Tabela VIII - Volume total estimado, ano a ano, e volume útil total do aterro sanitário para o município de Catolé do Rocha.

Ano	População	Geração per capita (kg/d/hab)	Cobertura da coleta (%)	Massa (kg/d)	Volume dos resíduos compactados no aterro		
					(m³/d)	(m³/ano)	
2013	29321	0,5	0,82	12021,6	17,17373	6268,411	
2014	29507	0,5	0,82	12097,87	17,28267	6308,175	
2015	29685	0,5	0,82	12170,85	17,38693	6346,229	
2016	29856	0,5	0,82	12240,96	17,48709	6382,786	
2017	30018	0,5000117	0,82	12307,67	17,58238	6417,57	
2018	30174	0,5001112	0,82	12374,09	17,67727	6452,205	
2019	30323	0,5002063	0,82	12437,56	17,76794	6485,299	
2020	30466	0,5002974	0,82	12498,49	17,85499	6517,07	
2021	30603	0,5003848	0,82	12556,88	17,93841	6547,519	
2022	30734	0,5004685	0,82	12612,74	18,01821	6576,647	
2023	30860	0,5005489	1	15446,94	22,06706	8054,475	
2024	30981	0,5006263	1	15509,90	22,157	8087,307	
2025	31098	0,5007009	1	15570,80	22,244	8119,058	
2026	31211	0,5007729	1	15629,62	22,32803	8119,058	
2027	31320	0,5008425	1	15686,38	22,40912	8179,33	
2028	31426	0,50091	1	15741,60	22,488	8208,119	
2029	31529	0,5009757	1	15795,26	22,56466	8236,101	
2030	31629	0,5010398	1	15847,39	22,63913	8263,281	
2031	31730	0,501104	1	15900,03	22,71433	8290,73	
2032	31831	0,5011685	1	15952,70	22,78956	8318,191	
(I) Volume total do aterro (resíduos compactados)							146208,2137
(J) volume total do aterro = (I) + 15% de material de cobertura							168139,4457

Fonte: ReCESA (2008): adaptado

Tabela IX - Volume total estimado, ano a ano, e volume útil total do aterro sanitário para o município de Condado.

Ano	População	Geração per capita (kg/d/hab)	Cobertura da coleta (%)	Massa (kg/d)	Volume dos resíduos compactados no aterro	
					(m³/d)	(m³/ano)
2013	6974	0,5	0,82	2739,62	3,913743	1428,516
2014	6724	0,5	0,82	2756,84	3,938343	1437,495
2015	6765	0,5	0,82	2773,65	3,962357	1446,26
2016	6804	0,5	0,82	2789,64	3,9852	1454,598
2017	6841	0,5	0,82	2804,81	4,006871	1462,508
2018	6876	0,5	0,82	2819,16	4,027371	1469,991
2019	6910	0,5	0,82	2833,1	4,047286	1477,259
2020	6943	0,5	0,82	2846,63	4,066614	1484,314
2021	6974	0,5	0,82	2859,34	4,084771	1490,942
2022	7004	0,5	0,82	2871,64	4,102343	1497,355
2023	7033	0,5	1	3516,5	5,023571	1833,604
2024	7060	0,5	1	3530	5,042857	1840,643
2025	7087	0,5	1	3543,5	5,062143	1847,682
2026	7113	0,5	1	3556,5	5,080714	1854,461
2027	7138	0,5	1	3569	5,098571	1860,979
2028	7162	0,5	1	3581	5,115714	1867,236
2029	7185	0,5	1	3592,5	5,132143	1873,232
2030	7208	0,5	1	3604	5,148571	1879,229
2031	7231	0,5	1	3615,5	5,165	1885,225
2032	7254	0,5	1	3627	5,181429	1891,221
(I) Volume total do aterro (resíduos compactados)						
					33282,72807	
(J) volume total do aterro = (I) + 15% de material de cobertura						
					38275,13728	

Fonte: ReCESA (2008): adaptado

Tabela X - Modelo para estimar o volume total, ano a ano, e a volume útil total do aterro sanitário para o município de Coremas.

Ano	População	Geração per capita (kg/d/hab)	Cobertura da coleta (%)	Massa (kg/d)	Volume dos resíduos compactados no aterro	
					(m³/d)	(m³/ano) Acumulado (m³)
2013	15359	0,5	0,82	6297,19	8,995986	3283,535
2014	15457	0,5	0,82	6337,37	9,053386	3304,486
2015	15550	0,5	0,82	6375,5	9,107857	3324,368
2016	15639	0,5	0,82	6411,99	9,159986	3343,395
2017	15724	0,5	0,82	6446,84	9,209771	3361,567
2018	15806	0,5	0,82	6480,46	9,2578	3379,097
2019	15884	0,5	0,82	6512,44	9,303486	3395,772
2020	15959	0,5	0,82	6543,19	9,347414	3411,806
2021	16030	0,5	0,82	6572,3	9,389	3426,985
2022	16099	0,5	0,82	6600,59	9,429414	3441,736
2023	16165	0,5	1	8082,5	11,54643	4214,446
2024	16229	0,5	1	8114,5	11,59214	4231,132
2025	16290	0,5	1	8145	11,63571	4247,036
2026	16349	0,5	1	8174,5	11,67786	4262,418
2027	16406	0,5	1	8203	11,71857	4277,279
2028	16462	0,5	1	8231	11,75857	4291,879
2029	16515	0,5	1	8257,5	11,79643	4305,696
2030	16568	0,5	1	8284	11,83429	4319,514
2031	16621	0,5	1	8310,5	11,87214	4333,332
2032	16674	0,5	1	8337	11,91	4347,15
(I) Volume total do aterro (resíduos compactados)						
					76502,60686	76502,60686
(J) volume total do aterro = (I) + 15% de material de cobertura						
					87977,99789	87977,99789

Fonte: ReCESA (2008): adaptado

Tabela XI - Volume total estimado, ano a ano, e volume útil total do aterro sanitário para o município de Jericó.

Ano	População	Geração per capita (kg/d/hab)	Cobertura da coleta (%)	Massa (kg/d)	Volume dos resíduos compactados no aterro	
					(m³/d)	(m³/ano)
2013	7651	0,5	0,82	3136,9	4,4813	1635,675
2014	7700	0,5	0,82	3157	4,51	1646,15
2015	7746	0,5	0,82	3175,86	4,536943	1655,984
2016	7791	0,5	0,82	3194,31	4,5633	1665,605
2017	7833	0,5	0,82	3211,53	4,5879	1674,584
2018	7874	0,5	0,82	3228,34	4,611914	1683,349
2019	7913	0,5	0,82	3244,33	4,634757	1691,686
2020	7950	0,5	0,82	3259,5	4,656429	1699,596
2021	7986	0,5	0,82	3274,26	4,677514	1707,293
2022	8020	0,5	0,82	3288,2	4,697429	1714,561
2023	8053	0,5	1	4026,5	5,752143	2099,532
2024	8084	0,5	1	4042	5,774286	2107,614
2025	8115	0,5	1	4057,5	5,796429	2115,696
2026	8144	0,5	1	4072	5,817143	2123,257
2027	8173	0,5	1	4086,5	5,837857	2130,818
2028	8200	0,5	1	4100	5,857143	2137,857
2029	8227	0,5	1	4113,5	5,876429	2144,896
2030	8253	0,5	1	4126,5	5,895	2151,675
2031	8280	0,5	1	4140	5,914286	2158,714
2032	8306	0,5	1	4153	5,932857	2165,493
(I) Volume total do aterro (resíduos compactados)						
						38110,05736
(J) volume total do aterro = (I) + 15% de material de cobertura						
						43826,56596

Fonte: ReCESA (2008): adaptado

Tabela XII - Volume total estimado, ano a ano, e volume útil total do aterro sanitário para o município de Lagoa.

Ano	População	Geração per capita (kg/d/hab)	Cobertura da coleta (%)	Massa (kg/d)	Volume dos resíduos compactados no aterro		
					(m³/d)	(m³/ano)	Acumulado (m³)
2013	4732	0,5	0,82	1940,12	2,7716	1011,634	1011,634
2014	4762	0,5	0,82	1952,42	2,789171	1018,048	2029,767571
2015	4791	0,5	0,82	1964,31	2,806157	1024,247	3054,014929
2016	4819	0,5	0,82	1975,79	2,822557	1030,233	4084,248286
2017	4845	0,5	0,82	1986,45	2,837786	1035,792	5120,040071
2018	4870	0,5	0,82	1996,7	2,852429	1041,136	6161,1765
2019	4894	0,5	0,82	2006,54	2,866486	1046,267	7207,443786
2020	4917	0,5	0,82	2015,97	2,879957	1051,184	8258,628143
2021	4939	0,5	0,82	2024,99	2,892843	1055,888	9314,515786
2022	4961	0,5	0,82	2034,01	2,905729	1060,591	10375,10671
2023	4981	0,5	1	2490,5	3,557857	1298,618	11673,72457
2024	5000	0,5	1	2500	3,571429	1303,571	12977,296
2025	5019	0,5	1	2509,5	3,585	1308,525	14285,821
2026	5037	0,5	1	2518,5	3,597857	1313,218	15599,03886
2027	5055	0,5	1	2527,5	3,610714	1317,911	16916,94957
2028	5072	0,5	1	2536	3,622857	1322,343	18239,29243
2029	5089	0,5	1	2544,5	3,635	1326,775	19566,06743
2030	5105	0,5	1	2552,5	3,646429	1330,946	20897,01386
2031	5121	0,5	1	2560,5	3,657857	1335,118	22232,13171
2032	5138	0,5	1	2569	3,67	1339,55	23571,68171
(I) Volume total do aterro (resíduos compactados)							
(J) volume total do aterro = (I) + 15% de material de cobertura							
					27107,43397		

Fonte: ReCESA (2008): adaptado

Tabela XIII - Volume total estimado, ano a ano, e volume útil total do aterro sanitário para o município de Malta.

Ano	População	Geração per capita (kg/d/hab)	Cobertura da coleta (%)	Massa (kg/d)	Volume dos resíduos compactados no aterro	
					(m³/d)	(m³/ano)
2013	5684	0,5	0,82	2330,44	3,3292	1215,158
2014	5721	0,5	0,82	2345,61	3,350871	1223,068
2015	5755	0,5	0,82	2359,55	3,370786	1230,337
2016	5788	0,5	0,82	2373,08	3,390114	1237,392
2017	5820	0,5	0,82	2386,2	3,408857	1244,233
2018	5850	0,5	0,82	2398,5	3,426429	1250,646
2019	5879	0,5	0,82	2410,39	3,443414	1256,846
2020	5906	0,5	0,82	2421,46	3,459229	1262,618
2021	5933	0,5	0,82	2432,53	3,475043	1268,391
2022	5958	0,5	0,82	2442,78	3,489686	1273,735
2023	5983	0,5	1	2991,5	4,273571	1559,854
2024	6006	0,5	1	3003	4,29	1565,85
2025	6029	0,5	1	3014,5	4,306429	1571,846
2026	6051	0,5	1	3025,5	4,322143	1577,582
2027	6072	0,5	1	3036	4,337143	1583,057
2028	6092	0,5	1	3046	4,351429	1588,271
2029	6112	0,5	1	3056	4,365714	1593,486
2030	6132	0,5	1	3066	4,38	1598,7
2031	6151	0,5	1	3075,5	4,393571	1603,654
2032	6171	0,5	1	3085,5	4,407857	1608,868
(I) Volume total do aterro (resíduos compactados)						
					28313,65629	
(J) volume total do aterro = (I) + 15% de material de cobertura						
					32560,70473	

Fonte: ReCESA (2008): adaptado

Tabela XIV - Modelo para estimar o volume total, ano a ano, e a volume útil total do aterro sanitário para o município de Mato Grosso.

Ano	População	Geração per capita (kg/d/hab)	Cobertura da coleta (%)	Massa (kg/d)	Volume dos resíduos compactados no aterro	
					(m³/d)	(m³/ano)
2013	2761	0,5	0,82	1132,01	1,617157	590,2624
2014	2778	0,5	0,82	1138,98	1,627114	593,8967
2015	2795	0,5	0,82	1145,95	1,637071	597,5311
2016	2811	0,5	0,82	1152,51	1,646443	600,9516
2017	2826	0,5	0,82	1158,66	1,655229	604,1584
2018	2841	0,5	0,82	1164,81	1,664014	607,3652
2019	2855	0,5	0,82	1170,55	1,672214	610,3582
2020	2868	0,5	0,82	1175,88	1,679829	613,1374
2021	2881	0,5	0,82	1181,21	1,687443	615,9166
2022	2894	0,5	0,82	1186,54	1,695057	618,6959
2023	2906	0,5	1	1453	2,075714	757,6357
2024	2917	0,5	1	1458,5	2,083571	760,5036
2025	2923	0,5	1	1461,5	2,087857	762,0679
2026	2939	0,5	1	1469,5	2,099286	766,2393
2027	2949	0,5	1	1474,5	2,106429	768,8464
2028	2959	0,5	1	1479,5	2,113571	771,4536
2029	2968	0,5	1	1484	2,12	773,8
2030	2978	0,5	1	1489	2,127143	776,4071
2031	2987	0,5	1	1493,5	2,133571	778,7536
2032	2997	0,5	1	1498,5	2,140714	781,3607
(I) Volume total do aterro (resíduos compactados)						
					13749,25587	13749,25587
(J) volume total do aterro = (I) + 15% de material de cobertura						
					15811,64425	15811,64425

Fonte: ReCESA (2008): adaptado

Tabela XV - Volume total estimado, ano a ano, e volume útil total do aterro sanitário para o município de Paulista.

Ano	População	Geração per capita (kg/d/hab)	Cobertura da coleta (%)	Massa (kg/d)	Volume dos resíduos compactados no aterro		
					(m³/d)	(m³/ano)	Acumulado (m³)
2013	11991	0,5	0,82	4916,31	7,0233	2563,505	2563,505
2014	12067	0,5	0,82	4947,47	7,067814	2579,752	5143,278214
2015	12140	0,5	0,82	4977,4	7,110571	2595,359	7738,636786
2016	12209	0,5	0,82	5005,69	7,150986	2610,11	10348,74657
2017	12276	0,5	0,82	5033,16	7,190229	2624,433	12973,18
2018	12340	0,5	0,82	5059,4	7,227714	2638,116	15611,29571
2019	12401	0,5	0,82	5084,41	7,263443	2651,157	18262,45236
2020	12459	0,5	0,82	5108,19	7,297414	2663,556	20926,00857
2021	12515	0,5	0,82	5131,15	7,330214	2675,528	23601,53679
2022	12569	0,5	0,82	5153,29	7,361843	2687,073	26288,60943
2023	12621	0,5	1	6310,5	9,015	3290,475	29579,08443
2024	12670	0,5	1	6335	9,05	3303,25	32882,33443
2025	12718	0,5	1	6359	9,084286	3315,764	36198,09871
2026	12764	0,5	1	6382	9,117143	3327,757	39525,85586
2027	12809	0,5	1	6404,5	9,149286	3339,489	42865,34514
2028	12852	0,5	1	6426	9,18	3350,7	46216,04514
2029	12894	0,5	1	6447	9,21	3361,65	49577,69514
2030	12935	0,5	1	6467,5	9,239286	3372,339	52950,03443
2031	12976	0,5	1	6488	9,268571	3383,029	56333,063
2032	13018	0,5	1	6509	9,298571	3393,979	59727,04157
(I) Volume total do aterro (resíduos compactados)							
(J) volume total do aterro = (I) + 15% de material de cobertura							
68686,09781							

Fonte: ReCESA (2008): adaptado

Tabela XVI - Volume total estimado, ano a ano, e volume útil total do aterro sanitário para o município de Pombal.

Ano	População	Geração per capita (kg/d/hab)	Cobertura da coleta (%)	Massa (kg/d)	Volume dos resíduos compactados no aterro		
					(m³/d)	(m³/ano)	Acumulado (m³)
2013	32565	0,502132	0,82	13395,3633	19,13623	6984,725	6984,725
2014	32772	0,501769	0,82	13484,05841	19,26294	7030,973	14015,69831
2015	32970	0,501896	0,82	13568,95912	19,38423	7075,243	21090,94128
2016	33159	0,502016	0,82	13650,00581	19,50001	7117,503	28208,44431
2017	33340	0,502132	0,82	13727,68632	19,61098	7158,008	35366,45218
2018	33513	0,502242	0,82	13801,94164	19,71706	7196,727	42563,17889
2019	33678	0,502348	0,82	13872,82227	19,81832	7233,686	49796,86479
2020	33837	0,502449	0,82	13941,12079	19,91589	7269,299	57066,16348
2021	33989	0,502546	0,82	14006,44952	20,00921	7303,363	64369,52645
2022	34135	0,502639	0,82	14069,21746	20,09888	7336,092	71705,61841
2023	34274	0,502728	1	17230,49947	24,615	8984,475	80690,09313
2024	34409	0,502814	1	17301,32693	24,71618	9021,406	89711,49931
2025	34539	0,502897	1	17369,55948	24,81366	9056,985	98768,4839
2026	34664	0,5029771	1	17435,19819	24,90743	9091,21	107859,6944
2027	34785	0,5030544	1	17498,7473	24,99821	9124,347	116984,0412
2028	34903	0,5031294	1	17560,72545	25,08675	9156,664	126140,7052
2029	35017	0,5032023	1	17620,63494	25,17234	9187,903	135328,6077
2030	35129	0,5032735	1	17679,49478	25,25642	9218,594	144547,2014
2031	35240	0,5033448	1	17737,87075	25,33982	9249,033	153796,234
2032	35353	0,5034164	1	17797,27999	25,42469	9280,01	163076,2443
(I) Volume total do aterro (resíduos compactados)							
					(J) volume total do aterro = (I) + 15% de material de cobertura		
					187537,6809		

Fonte: ReCESA (2008): adaptado

Tabela XVII - Modelo para estimar o volume total, ano a ano, e a volume útil total do aterro sanitário para o município de Riacho dos Cavalos.

Ano	População	Geração per capita (kg/d/hab)	Cobertura da coleta (%)	Massa (kg/d)	Volume dos resíduos compactados no aterro		
					(m³/d)	(m³/ano)	Acumulado (m³)
2013	8448	0,5	0,82	3463,68	4,948114	1806,062	1806,062
2014	8502	0,5	0,82	3485,82	4,979743	1817,606	3623,646143
2015	8553	0,5	0,82	3506,73	5,009614	1828,509	5452,155357
2016	8602	0,5	0,82	3526,82	5,038314	1838,985	7291,140071
2017	8649	0,5	0,82	3546,09	5,065843	1849,033	9140,172714
2018	8694	0,5	0,82	3564,54	5,0922	1858,653	10998,82571
2019	8737	0,5	0,82	3582,17	5,117386	1867,846	12866,6715
2020	8778	0,5	0,82	3598,98	5,1414	1876,611	14743,2825
2021	8817	0,5	0,82	3614,97	5,164243	1884,949	16628,23114
2022	8855	0,5	0,82	3630,55	5,1865	1893,073	18521,30364
2023	8891	0,5	1	4445,5	6,350714	2318,011	20839,31436
2024	8926	0,5	1	4463	6,375714	2327,136	23166,45007
2025	8960	0,5	1	4480	6,4	2336	25502,45007
2026	8993	0,5	1	4496,5	6,423571	2344,604	27847,05364
2027	9024	0,5	1	4512	6,445714	2352,686	30199,73936
2028	9054	0,5	1	4527	6,467143	2360,507	32560,2465
2029	9084	0,5	1	4542	6,488571	2368,329	34928,57507
2030	9113	0,5	1	4556,5	6,509286	2375,889	37304,46436
2031	9142	0,5	1	4571	6,53	2383,45	39687,91436
2032	9171	0,5	1	4585,5	6,550714	2391,011	42078,92507
(I) Volume total do aterro (resíduos compactados)							
(J) volume total do aterro = (I) + 15% de material de cobertura							
							48390,76383

Fonte: ReCESA (2008): adaptado

Tabela XVIII - Volume total estimado, ano a ano, e volume útil total do aterro sanitário para o município de São Bento.

Ano	População	Geração per capita (kg/d/hab)	Cobertura da coleta (%)	Massa (kg/d)	Volume dos resíduos compactados no aterro	
					(m³/d)	(m³/ano)
2013	31667	0,5010639	0,82	13011,09623	18,58728	6784,357
2014	31868	0,5011923	0,82	13097,0369	18,71005	13613,48324
2015	32060	0,5013151	0,82	13179,17293	18,82739	20485,48055
2016	32244	0,5014325	0,82	13257,91541	18,93988	27398,53645
2017	32420	0,5015448	0,82	13333,26758	19,04753	34350,88311
2018	32588	0,5016522	0,82	13405,23035	19,15033	41340,75323
2019	32749	0,5017549	0,82	13474,2164	19,24888	48366,59463
2020	32904	0,5018533	0,82	13540,64441	19,34378	55427,0735
2021	33051	0,5019476	0,82	13603,6935	19,43385	62520,42797
2022	33193	0,502038	0,82	13664,60081	19,52086	69645,54126
2023	33329	0,502125	1	16735,32413	23,90761	78371,81741
2024	33460	0,5022085	1	16803,89641	24,00557	87133,84911
2025	33586	0,5022891	1	16869,88171	24,09983	95930,28743
2026	33708	0,5023667	1	16933,77672	24,19111	104760,0424
2027	33826	0,502442	1	16995,60309	24,27943	113622,0355
2028	33940	0,5025149	1	17055,35571	24,36479	122515,1852
2029	34051	0,5025859	1	17113,55248	24,44793	131438,6805
2030	34160	0,5026551	1	17170,69822	24,52957	140391,9731
2031	34268	0,5027244	1	17227,35974	24,61051	149374,8107
2032	34377	0,50279408	1	17284,55209	24,69222	158387,47
(I) Volume total do aterro (resíduos compactados)						
					(J) volume total do aterro = (I) + 15% de material de cobertura	
					182145,5905	

Fonte: ReCESA (2008): adaptado

Tabela XIX - Modelo para estimar o volume total, ano a ano, e a volume útil total do aterro sanitário para o município de São Bentinho.

Ano	População	Geração per capita (kg/d/hab)	Cobertura da coleta (%)	Massa (kg/d)	Volume dos resíduos compactados no aterro		
					(m³/d)	(m³/ano)	Acumulado (m³)
2013	4238	0,5	0,82	1737,58	2,482257	906,0239	906,0239
2014	4265	0,5	0,82	1748,65	2,185813	797,8216	1703,845463
2015	4290	0,5	0,82	1758,9	2,198625	802,4981	2506,343588
2016	4315	0,5	0,82	1769,15	2,211438	807,1747	3313,518275
2017	4339	0,5	0,82	1778,99	2,223738	811,6642	4125,182463
2018	4361	0,5	0,82	1788,01	2,235013	815,7796	4940,962025
2019	4383	0,5	0,82	1797,03	2,246288	819,8949	5760,856963
2020	4403	0,5	0,82	1805,23	2,256538	823,6362	6584,49315
2021	4423	0,5	0,82	1813,43	2,266788	827,3774	7411,870588
2022	4442	0,5	0,82	1821,22	2,276525	830,9316	8242,802213
2023	4460	0,5	1	2230	2,7875	1017,438	9260,239713
2024	4478	0,5	1	2239	2,79875	1021,544	10281,78346
2025	4495	0,5	1	2247,5	2,809375	1025,422	11307,20534
2026	4511	0,5	1	2255,5	2,819375	1029,072	12336,27721
2027	4527	0,5	1	2263,5	2,829375	1032,722	13368,99909
2028	4542	0,5	1	2271	2,83875	1036,144	14405,14284
2029	4557	0,5	1	2278,5	2,848125	1039,566	15444,70846
2030	4571	0,5	1	2285,5	2,856875	1042,759	16487,46784
2031	4586	0,5	1	2293	2,86625	1046,181	17533,64909
2032	4600	0,5	1	2300	2,875	1049,375	18583,02409
(I) Volume total do aterro (resíduos compactados)							
(J) volume total do aterro = (I) + 15% de material de cobertura							
					21370,4777		

Fonte: ReCESA (2008): adaptado

Tabela XX - Modelo para estimar o volume total, ano a ano, e a volume útil total do aterro sanitário para o município de São Domingos.

Ano	População	Geração per capita (kg/d/hab)	Cobertura da coleta (%)	Massa (kg/d)	Volume dos resíduos compactados no aterro		
					(m³/d)	(m³/ano)	Acumulado (m³)
2013	2922	0,5	0,82	1198,02	1,711457	624,6819	624,6819
2014	2940	0,5	0,82	1205,4	1,722	628,53	1253,2119
2015	2958	0,5	0,82	1212,78	1,732543	632,3781	1885,59043
2016	2975	0,5	0,82	1219,75	1,7425	636,0125	2521,602543
2017	2991	0,5	0,82	1226,31	1,751871	639,4331	3161,035614
2018	3007	0,5	0,82	1232,87	1,761243	642,8536	3803,889257
2019	3022	0,5	0,82	1239,02	1,770029	646,0604	4449,949686
2020	3036	0,5	0,82	1244,76	1,778229	649,0534	5099,003114
2021	3050	0,5	0,82	1250,5	1,786429	652,0464	5751,049543
2022	3063	0,5	0,82	1255,83	1,794043	654,8256	6405,875186
2023	3075	0,5	1	1537,5	2,196429	801,6964	7207,571614
2024	3087	0,5	1	1543,5	2,205	804,825	8012,396614
2025	3099	0,5	1	1549,5	2,213571	807,9536	8820,350186
2026	3110	0,5	1	1555	2,221429	810,8214	9631,171614
2027	3121	0,5	1	1560,5	2,229286	813,6893	10444,8609
2028	3132	0,5	1	1566	2,237143	816,5571	11261,41804
2029	3142	0,5	1	1571	2,244286	819,1643	12030,58233
2030	3152	0,5	1	1576	2,251429	821,7714	12902,35376
2031	3162	0,5	1	1581	2,258571	824,3786	13726,73233
2032	3172	0,5	1	1586	2,265714	826,9857	14553,71804
(I) Volume total do aterro (resíduos compactados)							
					16736,77575		
(J) volume total do aterro = (I) + 15% de material de cobertura							

Fonte: ReCESA (2008): adaptado

Tabela XXI - Volume total estimado, ano a ano, e volume útil total do aterro sanitário para o município de São José do Brejo do Cruz.

Ano	População	Geração per capita (kg/d/hab)	Cobertura da coleta (%)	Massa (kg/d)	Volume dos resíduos compactados no aterro	
					(m³/d)	(m³/ano)
2013	1719	0,5	0,82	704,79	1,006843	367,4976
2014	1730	0,5	0,82	709,3	1,013286	369,8493
2015	1741	0,5	0,82	713,81	1,019729	372,2009
2016	1751	0,5	0,82	717,91	1,025586	374,3388
2017	1760	0,5	0,82	721,6	1,030857	376,2629
2018	1769	0,5	0,82	725,29	1,036129	378,1869
2019	1778	0,5	0,82	728,98	1,0414	380,111
2020	1787	0,5	0,82	732,67	1,046671	382,0351
2021	1795	0,5	0,82	735,95	1,051357	383,7454
2022	1802	0,5	0,82	738,82	1,055457	385,2419
2023	1809	0,5	1	904,5	1,292143	471,6321
2024	1817	0,5	1	908,5	1,297857	473,7179
2025	1824	0,5	1	912	1,30285	475,5429
2026	1830	0,5	1	915	1,307143	477,1071
2027	1837	0,5	1	918,5	1,312143	478,9321
2028	1843	0,5	1	921,5	1,316429	480,4964
2029	1850	0,5	1	925	1,321429	482,3214
2030	1855	0,5	1	927,5	1,325	483,625
2031	1861	0,5	1	930,5	1,329286	485,1893
2032	1867	0,5	1	933,5	1,333571	486,7536
(I) Volume total do aterro (resíduos compactados)						
					9849,505658	
(J) volume total do aterro = (I) + 15% de material de cobertura						

Fonte: ReCESA (2008): adaptado

Tabela XXII - Modelo para estimar o volume total, ano a ano, e a volume útil total do aterro sanitário para o município de Vista Serrana.

Ano	População	Geração per capita (kg/d/hab)	Cobertura da coleta (%)	Massa (kg/d)	Volume dos resíduos compactados no aterro	
					(m³/d)	(m³/ano)
2013	3591	0,5	0,82	1472,31	2,1033	767,7045
2014	3614	0,5	0,82	1481,74	2,116771	1540,326071
2015	3636	0,5	0,82	1490,76	2,129657	2317,650929
2016	3656	0,5	0,82	1498,96	2,141371	3099,2515
2017	3676	0,5	0,82	1507,16	2,153086	3885,127786
2018	3695	0,5	0,82	1514,95	2,164214	4675,066
2019	3714	0,5	0,82	1522,74	2,175343	5469,066143
2020	3731	0,5	0,82	1529,71	2,1853	6266,700643
2021	3748	0,5	0,82	1536,68	2,195257	7067,9695
2022	3764	0,5	0,82	1543,24	2,204629	7872,658929
2023	3779	0,5	1	1889,5	2,699286	8857,898214
2024	3794	0,5	1	1897	2,71	9847,048214
2025	3809	0,5	1	1904,5	2,720714	10840,10893
2026	3822	0,5	1	1911	2,73	11836,55893
2027	3836	0,5	1	1918	2,74	12836,65893
2028	3849	0,5	1	1924,5	2,749286	13840,14821
2029	3861	0,5	1	1930,5	2,757857	14846,76607
2030	3874	0,5	1	1937	2,767143	15856,77321
2031	3886	0,5	1	1943	2,775714	16869,90893
2032	3898	0,5	1	1949	2,784286	17886,17321
(I) Volume total do aterro (resíduos compactados)						
						20569,0992
(J) volume total do aterro = (I) + 15% de material de cobertura						
						20569,0992

Fonte: ReCESA (2008): adaptado