

ANDREZA VIEIRA ACIOLY

**SIG APLICADO NA PRÉ-SELEÇÃO DE ÁREAS PARA A
IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE
BREVES (PA)**

BELÉM-PA
MARÇO/2016



**GOVERNO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL**

**SIG APLICADO NA PRÉ-SELEÇÃO DE ÁREAS PARA A
IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE
BREVES (PA)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará. Área de Concentração: Saneamento Ambiental e Infra Estrutura Urbana.

Orientador: Prof. Dr. Rui Guilherme Cavaleiro de Macedo Alves

ANDREZA VIEIRA ACIOLY

BELÉM-PA
MARÇO/2016

Ficha Catalográfica

Acioly, Andreza Vieira.

Sig aplicado à escolha de áreas potenciais para a implantação de aterro sanitário no município de Breves (PA). / Andreza Acioly – Belém, PA, 2016.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará – UFPA, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Belém, PA, 2016.

Orientador: Prof. Dr. Rui Guilherme Cavaleiro de Macedo Alves

1. Localização de área 2. Aterro Sanitário 3. SIG.

Andreza Vieira Acioly

Sig aplicado na pré-seleção de áreas para a implantação de aterro sanitário no município de Breves (Pa).

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC/UFGA) para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil.

Área de concentração: Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.

Data de aprovação _____/_____/2016

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Rui Guilherme Cavaleiro de Macedo Alves (Orientador)

Doutor em Engenharia Ambiental
Universidade Federal do Pará

Prof^a. Dr^a. Elisangela Maria Rodrigues Rocha (membro externo)

Doutora em Saneamento Ambiental
Universidade Federal da Paraíba

Prof. Dr. Christian Nunes da Silva (membro externo)

Doutor em Ecologia
Universidade Federal do Pará

Prof. Dr. Lindemberg Lima Fernandes (membro interno)

Doutor em Ciências Ambientais
Universidade Federal do Pará

DEDICATÓRIA

A

Deus por ter me dado sabedoria e paciência

A minha amada mãe, Suzana.

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos a todos que me apoiaram nesta jornada tão importante de minha vida.

A minha mãe Suzana Vieira Acioly por confiar e sempre me incentivar aos estudos.

Ao meu querido orientador Professor Dr. Rui Guilherme Cavaleiro de Macedo Alves por acreditar em mim e pela interminável paciência.

Ao professor Dr. Christian Nunes da Silva pelas orientações sobre como trabalhar os mapas confeccionados.

Aos professores Dr^a. Rizete Maria Leão Braga e Dr. Lindemberg Lima Fernandes pelas valiosas observações no exame de qualificação.

Ao meu chefe de trabalho Gervásio Bandeira pela compreensão e apoio.

A amiga Suziane Salazar pelo importante auxílio na confecção dos mapas temáticos.

Ao amigo Mário Hélio pela disponibilidade em contribuir com este trabalho.

Ao colega de trabalho Benedito Pessoa pela disponibilidade em auxiliar no que fosse necessário para a boa apresentação deste trabalho.

E por fim, mas não menos importante, ao contrário, ao amado namorado Alexandre Firmiano, pelo zelo, paciência e amor para a finalização deste mestrado.

RESUMO

A localização inadequada da disposição final dos resíduos sólidos é um problema grave que pode comprometer os recursos ambientais. No município de Breves (PA), foi desenvolvida e aplicada uma metodologia de localização de área para a implantação de aterro sanitário, utilizando-se de técnicas de geoprocessamento por meio de Sistemas de Informação Geográfica-SIG. Na confecção dos mapas, foram utilizados shapes de dados do IBGE (2010) na escala básica 1:250.000 juntamente com imagens do Google Earth e processados no software Arcgis 10.1. Dois buffers delimitados respectivamente da sede municipal a partir de uma área com raio de 20 km e dentro deste limite por questões ambientais condicionantes e de segurança de voo, um de raio 13 km em relação ao aeroporto. Com a sobreposição destes, foram excluídas as áreas próximas de comunidades (500m) e de corpos hídricos superficiais (200m); e priorizadas as antropizadas e com vias de acesso já implantadas. Três áreas foram pré-selecionadas. Numa segunda etapa essas áreas pré-selecionadas receberam notas em critérios próprios: (a) a proximidade de comunidades habitacionais; (b) o distanciamento de coleções hídricas superficiais; (c) as características pedológicas dos terrenos disponíveis; e (d) o tamanho das áreas pré-selecionadas. A área com maior soma de notas foi escolhida como a melhor dentre as pré-selecionadas. Conclusivamente, recomenda-se a metodologia aplicada, por questões de comodidade e economia, dado a necessidade de deslocamento de equipes ao local selecionado somente para comprovar os fatos.

Palavras-Chave: Localização de Área. Aterro Sanitário. SIG.

ABSTRACT

The inadequate location of the final solid residual disposal is a big problem that can compromise the environmental resources. In Breves city (PA) was developed and applied an area location methodology to implementation de sanitary landfill, using geoprocessing techniques, through Geographic Information System - GIS. In the maps confection were used data shapes from IBGE (2010) in the basic scale 1: 250.000 together with images from do Google Earth and processed using the software Arcgis 10.1. Two buffers delimited respectively from the municipal headquarters from na are of 20 km ray and inside this limite by conditioning environmental questions and flight security, in a 13 km ray to the airport. With the overlap of these upcoming community areas were excluded (500 m) and surface water bodies (200m); and prioritized anthropized and access roads already in place. Three areas were pre-selected. In a second phase these pre-selected areas received grades in own criteria: (a) the proximity of the housing communities; (b) the distance from the surface water sources; (c) the soil characteristics of the land available; and (d) the size of pre-selected areas. The area with the largest amount of notes was chosen as the best among the pre-selected ones. Concluding, it is recommended the methodology applied, for convenience and economy, seen the necessity of dislocation of the teams to the selected place only to prove the facts.

Keywords: Location Area, Sanitary Landfill, GIS.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA		PAG.
Figura 1.1 –	Lixão do município de breves (PA)	16
Figura 1.2 –	Exemplo de vetorização de arquivos georreferenciados em ARCGIS 10.1	18
Figura 3.1 –	Exemplo de lixão	24
Figura 3.2 –	Impactos ambientais resultantes da disposição inadequada dos resíduos sólidos	32
Figura 3.3 –	Tipos de aterros sanitários segundo o método de execução das células de lixo	35
Figura 3.4 –	Estrutura de dados dispostos em camadas	47
Figura 4.1 –	Mapa de localização do município de Breves	50
Figura 4.2 –	Fluxograma da metodologia para escolha da área do aterro sanitário	50
Figura 5.1 –	Sobreposição dos mapas temáticos em camadas	54
Figura 5.2 –	Mapa com imagem da malha urbana do município de Breves	55
Figura 5.3 –	Mapa de zoneamento do município de Breves- Pará	56
Figura 5.4 –	Mapa com a delimitação dos Buffers ou raios de abrangência em relação a sede e ao aeroporto municipal	57
Figura 5.5 –	Carta imagem com destaque de exclusão de áreas inviáveis e sugestão das possíveis de ser implantado o aterro sanitário	58
Figura 5.6 –	Localização e ampliação das áreas consideradas viáveis a construção do aterro sanitário	59
Figura 5.7 –	Mapa com características de elevação do município de Breves-PA	63
Figura 5.8 –	Mapa com as características geomorfológicas do município de Breves-PA	64
Figura 5.9 –	Mapa com as características pedológicas do município de Breves-P	66
Figura 5.10 –	Mapa com as características de vegetação do município de Breves-PA	67
Figura 6.1 –	Fluxograma que ilustra as ações a serem tomadas após a definição da possível área para a construção do aterro sanitário	68

LISTA DE TABELAS

TABELA		PÁG.
Tabela 1.1 –	Número de unidades de destino final de resíduos sólidos, no Brasil, considerando apenas disposição no solo em lixão, aterro controlado e aterro sanitário.	16
Tabela 3.1 –	Atributos da NBR 13896 (ABNT, 1997) para seleção de áreas para construção de aterros sanitários.	30
Tabela 3.2 –	Exigências técnico-legais para seleção de áreas para disposição final de resíduos sólidos – IBAM (2001)	31
Tabela 3.3 –	Exemplos de aplicações dos SIGS	45
Tabela 4.1 –	Aplicação de notas a parâmetros pré-definidos	53
Tabela 5.1 –	Notas atribuídas a cada parâmetro das áreas pré-selecionadas	61
Tabela 5.2 –	Resumo das notas atribuídas às áreas pré-selecionadas ao mapa final temático	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

		PAG.
PNSB	Plano Nacional de Saneamento Básico	15
RSS	Resíduos dos Serviços de Saúde	15
AS	Aterro Sanitário	15
ABNT	Associação Brasileira de Norma Técnica	15
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística	16
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada	16
MMA	Ministério do Meio Ambiente	17
SIG	Sistema de Informação Geográfica	17
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente	28
IBAM	Instituto Brasileiro de Administração Municipal	29
EIA	Estudo de Impacto Ambiental	36
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental	36
SISNAMA	Sistema Nacional de Meio Ambiente	36
ESRI	Environmental Systems Research Institute	47
SEOB	Secretaria de Obras de Breves	49
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	51

SUMÁRIO

PAG.

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

RESUMO

ABSTRACT

1 INTRODUÇÃO	16
2 OBJETIVOS	20
2.1. Objetivo Geral.....	20
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
3.1. Diagnóstico Natural do município de Breves	21
3.1.1. Clima.....	22
3.1.2. Vegetação.....	22
3.1.3. Geologia.....	23
3.1.4. Pedologia.....	23
3.1.5. Hidrografia.....	24
3.2. Destino Final dos Resíduos Sólidos	24
3.2.1. Lixões.....	25
3.2.2. Aterro Controlado	26
3.2.3. Aterro Sanitário.....	26
3.3. Critérios para localização da área do Aterro Sanitário	27
3.4. Efeitos da disposição inadequada de resíduos sólidos	33
3.4.1. Poluição da Água	33

3.4.2. Poluição do solo	34
3.4.3. Poluição do Ar	34
3.5. Aterro Sanitário.....	35
3.5.1. Considerações Gerais.....	35
3.5.2. Métodos Construtivos	35
3.5.3. Vida útil do Aterro Sanitário.....	36
3.6. Aspectos Legais e Licenciamento de Aterro Sanitário	37
3.7. Estudos relacionados a localização de área para aterro sanitário	39
3.8. Escolha de área para aterro sanitário	40
3.9. Geoprocessamento	41
3.9.1. Cartografia Geotécnica	42
3.9.2. Sensoriamento Remoto	43
3.9.2.1. Sensoriamento Remoto em estudos de uso e ocupação do solo	44
4. Sistemas de Informações Geográficas	44
4.1. Sistemas de Informação Geográfica: Aspecto Histórico e Aplicação	45
4.2. Dados Geográficos em um SIG	48
4.3. Vetorização de arquivos georreferenciados em ArcGIS	49
4.4. Shapes – Definições	49
4 METODOLOGIA	50
4.1. Área de Estudo	50
4.2. Escolha da área para o aterro sanitário	51
4.2.1. Levantamento de dados	51
4.2.2. Delimitação dos raios de abrangência	52
4.2.3. Exclusão de áreas consideradas inviáveis	53
4.2.4. Pré-seleção de áreas para a implantação do AS	53
4.2.5. Criação e aplicação de pesos a parâmetros pré-definidos	53

4.2.6. Definição da área adequada	54
5 RESULTADO E DISCUSSÃO	54
5.1. Levantamento de dados	55
5.2. Malha Urbana e Zoneamento da Cidade	56
5.3. Delimitação dos Raios de Abrangência	57
5.4. Exclusão de áreas consideradas inviáveis a implantação do AS	58
5.5. Pré-Seleção de áreas para a implantação do AS	59
5.6. Criação e aplicação de Pesos a parâmetros pré-definidos	61
5.7. Definição da área adequada a partir do maior valor obtido na equação	64
5.7.1. Características de Elevação	64
5.7.2. Características Geológicas e Geomorfológicas	65
5.7.3. Características Pedológicas	67
5.7.4. Características de Vegetação	68
6 CONCLUSÃO	70
REFERÊNCIAS	73

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, constitucionalmente, é de competência do poder público local o gerenciamento dos resíduos sólidos produzidos em suas cidades. Em pequenos e grandes municípios brasileiros, além dessa geração de grandes volumes dos resíduos sólidos urbanos, da deficiência ou ausência de sua gestão há também os problemas referentes à escolha inadequada de área para a sua destinação final. Os serviços de manejo dos resíduos sólidos municipais compreendem a limpeza pública, bem como, o armazenamento, a coleta, o transporte e a destinação final desses resíduos, e exercem um forte impacto no orçamento das administrações municipais. (MONTEIRO, 2001).

Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB 2008, a Região Norte, onde se localiza o município objeto deste estudo, concentrou municípios com serviços de manejo dos resíduos sólidos gerenciados por entidades da administração direta do poder público.

A gestão dos resíduos sólidos urbanos gerados no município de Breves/PA é feita pela prefeitura municipal por meio da Secretaria de Obras, órgão responsável pelos serviços de varrição das vias públicas, capina, limpeza de bueiros e a coleta dos resíduos gerados no município, exceto dos resíduos dos serviços de saúde (RSS), estes sendo de responsabilidade do gerador.

No município, não existe usina de triagem nem pesagem específica da quantidade dos resíduos gerados que são destinados ao lixão do município. Em um passado recente, era um aterro controlado, cujo método de disposição final concentrava-se apenas no cuidado de recobrir os resíduos com uma camada de material laterítico ao final de cada jornada diária de trabalho, NBR 8.849 (ABNT, 1985). Esta prática tem como finalidade reduzir a proliferação de vetores de doenças. A Figura 1.1 mostra um flagrante do lixão operado no município de Breves.

Figura 1.1 – Lixão do município de Breves (PA)

Fonte: Acioly 2014

A Tabela 1.1. mostra que na região Norte há um decréscimo no número de lixões e um aumento nos de aterros Sanitários. Entretanto, na região, não se pode afirmar que nestes últimos, cuja disposição final é ambientalmente adequada, recebem apenas os rejeitos da triagem, como recomendado, pois, na realidade, esta disposição final recebe quaisquer resíduos gerados.

Tabela 1.1 – Número de unidades de destino final de resíduos sólidos, no Brasil, considerando apenas disposição no solo em lixão, aterro controlado e aterro sanitário.

Unidade de análise	Lixão		Aterro controlado		Aterro sanitário	
	2000	2008	2000	2008	2000	2008
Brasil	4.642	2.863	1.231	1310	931	1723
Norte	430	388	44	45	19	45
Nordeste	2.273	1.655	142	116	77	157
Sul	584	197	466	256	280	805
Sudeste	315	349	104	86	92	71

Fonte: IBGE (2000, tabela 109; 2008, tabela 92) apud IPEA 2012.

Obs.: um mesmo município pode apresentar mais de um tipo de destinação de resíduos

A disposição final dos resíduos sólidos em aterros sanitários pode significar um avanço no enfrentamento do problema acarretado pelas formas inadequadas de disposição final (aterro controlado e lixão), pois compreende a recuperação gradual da área degradada pelo lixo.

Em 2010, foi criado o marco legal para a gestão dos resíduos sólidos, através da Lei Federal nº 12.305 (BRASIL, 2010a) e do Decreto Federal nº 7.404 (BRASIL, 2010b), instituindo a Política Nacional de Resíduos Sólidos, que proíbe, a partir do ano de 2014, disposição final ambientalmente inadequada dos resíduos sólidos, ou seja, em vazadouros ou aterros controlados.

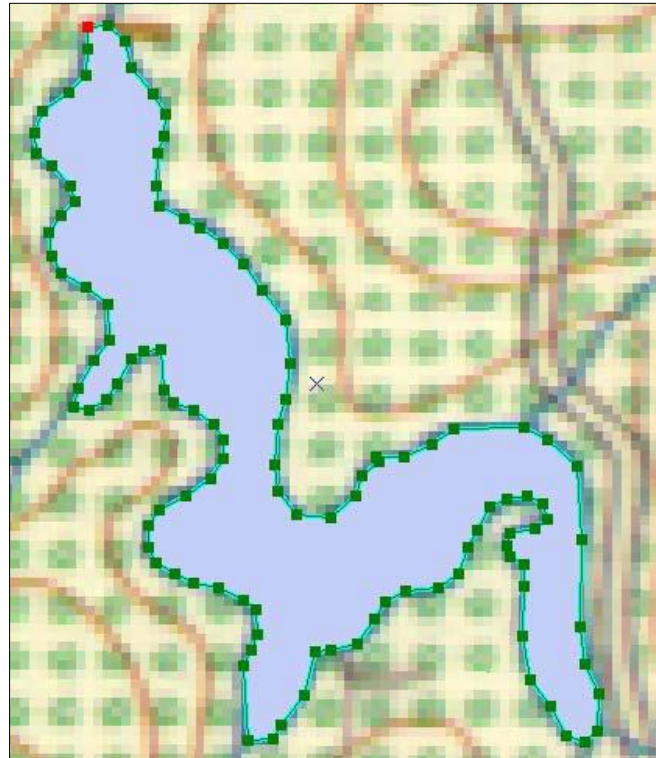
Mesmo depois de expirado o prazo determinado pela Política Nacional de Resíduos Sólidos, os lixões não foram de todo extintos e segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA) a maioria dos municípios brasileiros ainda dispõe os seus resíduos em lixões e aterros controlados com cobertura precária e sem as práticas de engenharia que garantam a proteção à saúde da população e ao meio ambiente.

A localização inadequada da disposição final dos resíduos sólidos é outro problema grave que pode comprometer os recursos ambientais. É necessária a realização de um estudo preliminar juntamente com informações físicas e de legislação que permitem efetuar uma análise integrada da escolha final das áreas prioritárias para a disposição final dos resíduos (GOMES, 2001).

O geoprocessamento representa um tipo de processamento de dados georreferenciados que envolve técnicas e conceitos de cartografia, sensoriamento remoto, e Sistema de Informações Geográficas (SIG) que podem ser um facilitador no trabalho de localização de áreas para disposição final dos resíduos (SILVA, 2003).

O Sistema de Informação Geográfica (SIG) é uma ferramenta de geoprocessamento importante no controle e monitoramento ambiental e pode ser bem utilizado no trabalho de localização destas áreas, proporcionando, além do armazenamento de imagens e informações, o cruzamento destes. Assim permite uma visão mais ampla e precisa do local em estudo (a Figura 1.2 mostra um exemplo de vetorização de arquivos georreferenciados em ArcGIS 10.1 como parte deste trabalho). Além disso, permite realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e criar bancos de dados georreferenciados (CAMARA *et al.*, 2001).

Figura 1.2 – Exemplo de vetorização de arquivos georreferenciados em ARCGIS 10.1



Fonte: Adaptado de Carvalho *et al.* (2007)

Este trabalho foi vislumbrado a partir de observações referentes à deficiente gestão dos resíduos sólidos no município de Breves, principalmente no que se refere a localização atual da destinação final, bem como, da seleção de áreas para um futuro aterro sanitário, pois este município pertencente ao arquipélago do Marajó que tem como característica marcante a forte presença de recursos hídricos e a utilização de áreas inadequadas para este propósito pode comprometê-los.

Nesse sentido, desenvolver e aplicar uma metodologia de localização de áreas para a implantação de aterro sanitário, utilizando-se de técnicas de geoprocessamento e considerando as particularidades geográficas, geomorfológicas e hidrográficas de Breves (PA), pode ser considerado tecnicamente favorável garantido, pois permite selecionar áreas economicamente viáveis, não havendo necessidade de, num primeiro momento, deslocar-se com equipes para área, sem comprometer os recursos naturais; além de poder auxiliar como ferramenta no planejamento de ocupação do solo e utilizado pela autoridade municipal.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Aplicar o uso de sistema de informação geográfica (SIG), como ferramenta de geoprocessamento na pré-seleção de áreas para aterro sanitário.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar mapa a partir da delimitação dos raios de abrangência em relação à sede do município e ao aeroporto com base em viabilidade econômica, normas técnicas e resoluções ambientais.
- Pré-selecionar áreas possíveis de implantação do aterro sanitário com prevalência às já antropizadas e com vias de acesso já estabelecidas.
- Aplicar notas a parâmetros pré-definidos para escolher “a melhor” dentre as áreas pré-selecionadas.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Diagnóstico Natural do Município de Breves

As informações apresentadas nos itens a seguir foram retiradas, em sua maioria, do Plano de Desenvolvimento Sustentável do Território do Marajó (2007) e do Relatório Analítico do Território do Marajó (2012), e têm como objetivo apresentar características importantes de clima, hidrografia, solo e vegetação do município de Breves como fatores de tomada de decisão para a escolha de áreas para possível implantação de aterro Sanitário.

O Arquipélago do Marajó, situado no Estado do Pará, constitui-se numa das mais ricas regiões do país em termos de recursos hídricos e biológicos. É formado por um conjunto de ilhas, que, em seu todo, constitui a maior ilha flúvio marítima do mundo, com 49.606 km². O município de Breves, objeto deste estudo, representa uma dessas ilhas que compõe o arquipélago e isso contribui com que apresente características naturais em comum com os demais municípios do arquipélago.

No município de Breves, os acidentes geográficos são vários, destacando-se para efeito de conservação da natureza: o furo dos Macacos, o canal Tajapurú, o estreito de Breves (impressionante, por suas belezas cênicas), os rios Parauahu e Mapuá (de águas escuras), as lagoas dos Leões e Macajubi (por sua extensão e profundidade). Ocorrem, ainda, as ilhas Nazaré, dos Macacos, Aturiá, Pracatí, Mututi etc.

A reserva extrativista Mapuá é uma Unidade de Conservação Federal criada por Decreto Presidencial em 20 de maio de 2005, numa área de 94.463 hectares nas margens dos rios Mapuá e Aramã, na porção leste do município de Breves. Ela foi criada com o objetivo de garantir meios de vida e a cultura de populações extrativistas tradicionais, assegurando a sustentabilidade dos recursos naturais. Tal reserva vem impactando de forma significativa na preservação da natureza, bem como, na manutenção do primitivo modo de vida dos ribeirinhos às margens das ribeiras breveses.

O município possui flora característica da Amazônia, com predominância de flora tropical. A fauna é marcada pela presença de inúmeras espécies ameaçadas de extinção, como por exemplo: onça-pintada, jaguatirica, preguiça, ariranha; e muitos outros animais de importância na alimentação das populações locais, como: jacarés, paca, cutia, tatu, capivara, anta, macaco etc.

3.1.1 Clima

O clima segue regime pluviométrico anual definido por estação seca, embora com índices pluviométricos capazes de garantir níveis hídricos necessários a constituição de uma biodiversidade local específicas. A temperatura média anual é de 26° C. A precipitação anual é maior que 2.000 mm. As estações são inexistentes, a umidade relativa do ar é alta (> 80%), com ausência total de período seco. Nesta região predomina o centro de massa de ar equatorial e surgem, também, bolsões de ar na foz do rio Amazonas (VIEIRA & SANTOS, 1987; RADAM BRASIL, 1974).

3.1.2 Vegetação

O município é marcado pela exploração de madeira principalmente de espécies como Virola ou Ucuúba, a Andiroba e o Açaí (*Euterpeoleracea*), do qual se extrai o palmito. Devido à intensidade e à seletividade da exploração florestal, as matas encontram-se bastante esgotadas dessas espécies. A produção agrícola nas várzeas, também, marcou a economia do Município em certa época, principalmente no cultivo do arroz e os locais dos antigos cultivos foram ocupados pelas capoeiras ou florestas secundárias.

A vegetação tem influência direta na hidrografia, um de seus principais ecossistemas. A população da área convive essencialmente com quatro tipos de ecossistemas: várzea, igapó, terra firme e campos naturais. A formação vegetal da terra firme é caracterizada como Floresta Ombrófila Densa (Floresta Pluvial Tropical).

A Floresta Ombrófila Densa Aluvial trata-se de uma formação ribeirinha ou “floresta ciliar” que ocorre ao longo dos cursos de água, ocupando os terraços antigos das planícies quaternárias. Devido à exploração madeireira a sua fisionomia tornou-se bastante aberta.

As características ombrotérmicas da Floresta Ombrófila Densa está presa aos fatores climáticos tropicais de elevadas temperaturas (médias de 25°C) e de alta precipitação bem distribuída durante o ano. Dominam nos ambientes desta floresta os latossolos e os podzólicos, ambos de baixa fertilidade natural (IBGE, 1991).

3.1.3 Geologia

A estrutura geológica do município é constituída por sedimentos quaternários sub atuais, que proporcionam a formação de um relevo simples constituído por várzeas e terraço. Insere-

se na unidade morfoestrutural, conhecida como Planalto Rebaixado da Amazônia (Baixo Amazonas). As altitudes são bem modestas, considerando a homogeneidade geológica na sede, onde se encontra um dos mais altos pontos do Município, a cota é de 16 metros, enquanto áreas com níveis inferiores são encontradas nas várzeas.

3.1.4 Pedologia

Considerando-se uma distribuição geográfica, podem-se identificar cinco associações de solos no município: Latossolo Amarelo distrófico de textura média e areia quartzosa distrófica; Podzólico vermelho-amarelo de textura argilosa e Podzólico vermelho-amarelo equivalente à eutrófico de textura indiscriminada.

O Plano de Saneamento do município destaca a pedologia do local constituída principalmente, por solos Hidromórficos indiscriminados eutróficos e distróficos, textura indiscriminada, Latossolo Amarelo distrófico textura média e Areia Quartzosa distrófica; hidromórficos Gleizados como e Gley e Aluvial eutrófico e distrófico textura indiscriminada.

Nas áreas de várzea, são encontrados os solos hidromórficos de tipo Gley (húmicos e pouco húmicos), desenvolvidos sobre sedimentos recentes do quaternário, em geral ácidos e com textura argilosa. Os solos argilosos apresentam uma elevada porosidade com valores típicos na faixa de 50% a 60% e boa drenagem interna (OLIVEIRA, 1999).

Em terra firme, uma grande extensão da área é coberta por latossolo amarelo, encontrando-se também os podzóis e as lateritas hidromórficas. Estes solos originários do terciário são profundos, bem drenados, arenosos e com acidez elevada. A fertilidade destes solos é baixa, concentrando-se na sua camada superficial, apresentando uma variação de 10 a 15 cm.

3.1.5 Hidrografia

A hidrografia do Município é bastante complexa, representada pelo emaranhado de furos, paranás e igarapés. O mais importante é o rio Jacaré Grande, na porção centro-norte do município. Este rio se intercomunica com vários furos e igarapés em todas as direções, sendo o maior deles o Furo dos Macacos, que vai até o sul do município, interligando-se com outros furos, inclusive o rio Breves, onde está a sede do município. O Rio Jacaré Grande deságua no

central do Vieira Grande, no norte do município e esse, por sua vez, comunica-se com o Amazonas. O rio Araumã, limite natural entre Breves, Afuá e Anajás.

O movimento diário das águas é um elemento definidor da paisagem da região, onde se destacam as várzeas e os igapós. Nestas áreas, a variação diária do nível da maré pode ultrapassar os três metros.

A hidrografia regional tem importância vital para a economia da região, devido aos aspectos como: (a) único meio de transporte e comunicação entre a grande maioria das cidades e vilas, com exceção de Soure, Salvaterra e Cachoeira do Arari; (b) potencial pesqueiro; e (c) enriquecedor sedimentar das várzeas.

3.2 Destino Final dos Resíduos Sólidos

O alto grau de urbanização das cidades, associado a uma ocupação intensiva do solo, restringe a disponibilidade de áreas próximas aos locais de geração de lixo e com as dimensões requeridas para se implantar um aterro sanitário que atenda às necessidades dos municípios, (MONTEIRO *et al* 2001).

O processo recomendado para a disposição adequada do lixo domiciliar é o aterro sanitário. Existem três formas de destinação final no solo:

3.2.1 Lixões

Lixão é a forma inadequada de disposição final dos resíduos sólidos, caracterizada pela simples descarga sobre o solo, sem medidas de proteção ao meio ambiente ou à saúde pública (Ver Figura 3.1).

Os impactos ambientais negativos causados pela disposição dos resíduos domiciliares em lixões são diversos: comprometimento das águas subterrâneas e superficiais situadas na área de influência dos depósitos de lixo a céu aberto, atração de vetores e poluição do ar. A complexidade dos impactos depende da quantidade de resíduos, das características do solo, da topografia e geologia do local onde os resíduos são depositados, além de seu entorno, (ABNT, in JARDIM & WELLS 1995).

Disposição final em lixão significa que os resíduos são depositados diretamente sobre o solo, podendo ocasionar contaminação do solo, das águas subterrâneas e superficiais através do líquido percolado e do contato com os próprios resíduos. Não há critérios técnicos para a

escolha e operação dessas áreas. A ausência de controle e a falta de fechamento permitem o livre acesso de pessoas e de animais, além de favorecer o lançamento de resíduos de serviço de saúde e industriais nestas áreas (BARTOLOMEU *et al* 2011).

Figura 3.1 – Exemplo de lixão



Fonte: Acioly, 2014.

3.2.2 Aterro Controlado

A NBR 8.849 (ABNT, 1985) define aterro controlado de resíduos como uma técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos, cobrindo-os com uma camada de material inerte na conclusão de cada jornada de trabalho.

Nascimento (2001) considera os aterros controlados como lixões disfarçados, por apresentarem os mesmos problemas ambientais que os lixões, como a poluição das águas, do solo e do ar.

Brollo (2004) afirma que a prática da disposição inadequada advém de um passado sem planejamento ambiental, responsável por inúmeras áreas degradadas. Seja por desconhecimento dos efeitos nocivos das substâncias químicas no ambiente e na saúde, seja por negligência das

áreas degradadas, que na maior parte das vezes são abandonadas e tornaram-se passivas ambientalmente para as gerações presentes e futuras.

Bartoloneu *et al.* (2011) afirmam que os aterros controlados equivalem a um lixão melhorado, pois apesar da cobertura periódica dos resíduos não possuem barreiras que evitem a contaminação do solo e das águas superficiais e subterrâneas. Complementando a colocação dos autores, Lima (2005) afirma que a cobertura é feita de forma aleatória e sem auxílio de técnica adequada e não evita as poluições do solo, do ar e das águas, além da formação de gases e líquidos que penetram no solo.

3.2.3. Aterro Sanitário

Aterro sanitário é o processo utilizado para a disposição de resíduos sólidos no solo, fundamentado em critérios de engenharia e normas operacionais específicas, permitindo a confinação segura em termos de proteção ao meio ambiente e à saúde pública (ABNT 1979, in JARDIM & WELL 1995).

A Norma Técnica Brasileira – NBR 8419/1992 define aterro sanitário como uma técnica de disposição de resíduos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública, minimizando os impactos ambientais e utilizando princípios de engenharia para confinar resíduos industriais perigosos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-o com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho.

No aterro sanitário, o lixo é depositado em local impermeabilizado por uma base de argila e lona plástica, o que impede o vazamento de chorume para o subsolo. Existem tubulações que captam o metano, gás liberado pela decomposição de matéria orgânica e que pode também ser usado para gerar energia.

Santos (2000) relata que o aterro sanitário significa certo avanço no enfrentamento do problema acarretado pelas formas anteriores de disposição final de resíduos, pois corresponde a recuperação gradual da área degradada pelo lixo.

Valle (1995) afirma que os aterros para resíduos urbanos não devem receber indistintamente matérias contaminadas procedentes de serviços de saúde, devendo ser também evitada à disposição de lâmpadas, pilhas, produtos eletrônicos e outros objetos ricos em materiais pesados. O autor lembra que a vida útil de um aterro é em função do volume de material que recebe na unidade de tempo e da densidade aparente.

O aterro sanitário é uma solução que apresenta simplicidade executiva e não exige equipamentos especiais, permite o controle de vetores e a estabilização do material degradável que ocorre naturalmente e biologicamente (BIDONE; POVINELLI, 1999).

3.3 Critérios para localização da área do aterro sanitário

Rohde (1989) foi um dos pioneiros a apresentar, através de estudo, critérios para localização de área para construção de aterro sanitário, propôs um método que permite uma visão geral da área de estudo, bem como suas possibilidades e restrições. Segundo o autor, os estudos para seleção de áreas para implantação de aterros sanitários devem seguir as seguintes etapas:

- Levantamento de dados gerais e estudos em aerofotos: início da análise ambiental e espacial do problema (levantamento de dados geológico-pedológicos e geotécnicos, hidrológicos, de infraestrutura e compatibilidade).
- Integração com o sistema de transporte: distâncias superiores a 20 km entre o último ponto de coleta e o aterro são consideradas antieconômicas.
- Estudos topográficos: topografia regional que permite avaliar aos aspectos hidrológicos, de drenagens e de possíveis contaminações. Levantamento topográfico planialtimétrico detalhado: mostram aclives e declives em curvas de nível e perfis, cobrindo a bacia contribuinte, vias de acesso e pontos de referência.
- Estudos geológico-geotécnicos: devem indicar a constituição do solo; a permeabilidade; a capacidade de carga; a profundidade do lençol freático; a localização de jazidas de material para cobertura.
- Estudos hidrológicos e hidrogeológicos: devem caracterizar na região e na área do aterro, as bacias e sub- bacias, os cursos d'água, cristas e talvegues, poços, fontes surgências, linhas de marés e alagados.

- Estudos climáticos: devem abranger a pluviometria, o regime de chuvas e a direção intensidade dos ventos na área do aterro.
- Estudos de compatibilidade com a rede viária e de serviços públicos: devem indicar a largura de pistas, o estado e tipo de pavimentação; os vãos livres; os viadutos; a existência de redes de água, de energia elétrica, de esgotos e telefone.
- Estudos da legislação: possibilidades de contratos para as áreas escolhidas; visão global da legislação federal, estadual e municipal que possam afetar a área escolhida.

Como resultado, o autor estabeleceu algumas classes para atributos:

- Distância mínima de 70 metros de córregos e riachos, para não contaminá-los.
- O solo deve possuir características antidrenantes e encontrar-se distante de cursos d'água ou mananciais de abastecimento (TRINDADE e FIGUEIREDO, 1982 apud ROHDE, 1989).
- Nível de água: profundo significa ausência de problema de contaminação, podendo inclusive ser escavado para a primeira deposição (mantendo-se distância mínima de 2 metros entre o nível freático e a primeira camada de lixo); raso implica necessidade de impermeabilização do fundo do aterro com argila compactada (espessura de 15 a 20centímetros com permeabilidade de 10-8 cm/s).

Vieira (1999) destaca que na escolha de áreas para tratamento dos resíduos deverão ser observados os seguintes itens: a) estar o mais próxima possível da área a ser coletada; b) posição estratégica em relação às vias de transporte; c) construção em local que possibilite o mínimo de objeção da comunidade; d) viabilidade econômica de operacionalização; e) proximidades dos mercados consumidores dos materiais reciclados e do composto orgânico gerado.

Kontos *et al* (2005), em seu estudo para a seleção de áreas para implantação de aterros sanitários na ilha de Lemnos, norte da Grécia, a partir do uso de análise multicriterial e sistemas de informação geográfica (SIG), destaca que apesar da Diretriz 99/31/EC requerer a construção de aterros sanitário em todos os países membros da União Europeia, a Grécia conta com mais de 4.000 lixões e apenas 50 aterros sanitários em construção e operação.

Autores com estudos relacionados à localização de áreas para a construção de aterros sanitários destacam também outros aspectos considerados relevantes:

- 1) Distância de rodovias – as áreas localizadas a distâncias inferiores a 100 metros do eixo de rodovias são consideradas não recomendadas na etapa de triagem preliminar. Este valor adotado é utilizado como referência em Gomes *et al.* (2000), Waquil *et al.* (2000), Souza (1999).

Segundo Lupatini (2002), o estabelecimento de uma distância mínima entre o aterro sanitário e as rodovias justifica a intensidade de certos impactos ambientais como ruídos, odores, impacto visual que dependem diretamente da distância da fonte poluidora em relação o receptor. Outro aspecto a ser evitado é a incompatibilidade de zoneamento com a faixa de domínio das rodovias.

- 2) Distância de aeroportos – a Resolução N.º 04/1995- CONAMA considera como não adequadas às áreas localizadas num raio inferior a 20 km e 13 km de aeroportos dependendo da intensidade de tráfego aéreo.
- 3) Acessibilidade – O limite de distância do centro gerador de resíduos deve justificar-se com o tempo necessário para operações de descarga de resíduos e com os custos decorrentes nestes locais (GANDELINI, 2002).
- 4) Energia elétrica – Refere-se a infraestrutura da área, pois representa a diminuição de gastos de investimentos, portanto é interessante que a implantação do aterro seja em locais atendidos por eletricidade (MASSUNARI, 2000).
- 5) Vegetação – Segundo a NBR 13896/1997, a vegetação pode atuar favoravelmente na escolha de uma área quanto aos aspectos de redução do fenômeno de erosão, da formação de poeira e transporte de odores.
- 6) Valorização econômica – para a implantação do aterro sanitário deve-se evitar locais muito valorizados comercialmente, devendo-se dar preferência para local de pastos já degradados e de posse da prefeitura local (GANDELINI, 2002).
- 7) Impacto visual – minimizar os possíveis impactos visuais negativos decorrentes da modificação da paisagem local e em virtude de sua distância em relação aos núcleos populacionais ou áreas urbanas mais próximas e de sua visibilidade (LUPATINI, 2002).
- 8) Poluição atmosférica – Deve-se minimizar os efeitos das emissões atmosféricas do aterro sanitário considerando a localização da área em relação aos ventos predominantes, à distância em relação aos núcleos populacionais e áreas urbanas

mais próximas a e existência de barreiras à propagação de poluente (LUPATINI, 2002).

- 9) Permeabilidade natural do solo – É desejável que o solo do terreno selecionado tenha impermeabilidade natural, com vistas a reduzir as possibilidades de contaminação do aquífero. As áreas selecionadas devem ter características argilosas e jamais deverão ser arenosas (IBAM, 2001).

A NBR 13896/1997 da ABNT destaca que um local para ser utilizado para aterros de resíduos não perigosos deve ser tal que: o impacto ambiental a ser causado pela instalação do aterro seja minimizado; a aceitação da instalação pela população seja maximizada; esteja de acordo com o zoneamento da região; possa ser utilizado por um longo espaço de tempo, necessitando apenas de um mínimo de obras para início da operação.

Essa Norma técnica relata ainda que o aterro sanitário deve estar a uma distância mínima de 200m de qualquer coleção hídrica ou curso de água, a uma distância superior a 500m de núcleos habitacionais e em locais com declividades superiores a 1% e inferior a 30%. Na Tabela 3.1, são apresentados os aspectos técnicos referentes à escolha de áreas para implantação de aterros sanitários.

Tabela 3.1 – Atributos da NBR 13896 (ABNT, 1997) para seleção de áreas para construção de aterros sanitários.

Atributos	Considerações técnicas
Topografia	Declividade superior a 1% e inferior a 30%
Geologia e tipos de solos existentes	É desejável a existência de um depósito natural extenso e homogêneo de materiais com coeficiente de permeabilidade inferior a 10^{-6} cm/s; é desejável uma zona não saturada com espessura superior a 3,0 m.
Recursos hídricos	Deve ser localizado a distância mínima de 200 m de qualquer coleção hídrica ou curso de água (essa distância pode ser alterada a critério do Órgão de Controle Ambiental).
Vegetação	Estudo macroscópico da vegetação (pode atuar na redução da erosão, na formação de poeira e transporte de odores).
Acessos	Devem permitir sua utilização sob quaisquer condições climáticas.
Tamanho disponível e vida útil	Fatores inter-relacionados. Recomenda-se a vida útil mínima de 10 anos.
Custos	Determinam a viabilidade econômica do empreendimento.
Distância mínima de núcleos Populacionais	Recomenda-se que seja superior a 500 m (essa distância pode ser alterada pelo Órgão de Controle Ambiental).
Áreas sujeitas à inundação	O aterro não deve se localizar em áreas sujeitas à inundação, em períodos de recorrência de 100 anos.

Fonte: baseado em NBR 13896 (ABNT, 1997).

O Instituto Brasileiro de Administração Municipal - IBAM (2001), baseado em legislações e na NBR 10.157 (ABNT, 1987), apresenta as exigências técnico-legais para seleção de áreas para disposição final de resíduos sólidos urbanos conforme apresenta a Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Exigências técnico-legais para seleção de áreas para disposição final de resíduos sólidos – IBAM (2001)

Atributos	Observações
Uso do solo	As áreas têm que se localizar 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.
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 boa pavimentação, sem rampas íngremes e sem curvas acentuadas, de forma a minimizar o desgaste dos veículos coletores e permitir seu livre acesso ao local de vazamento mesmo na época de chuvas 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.

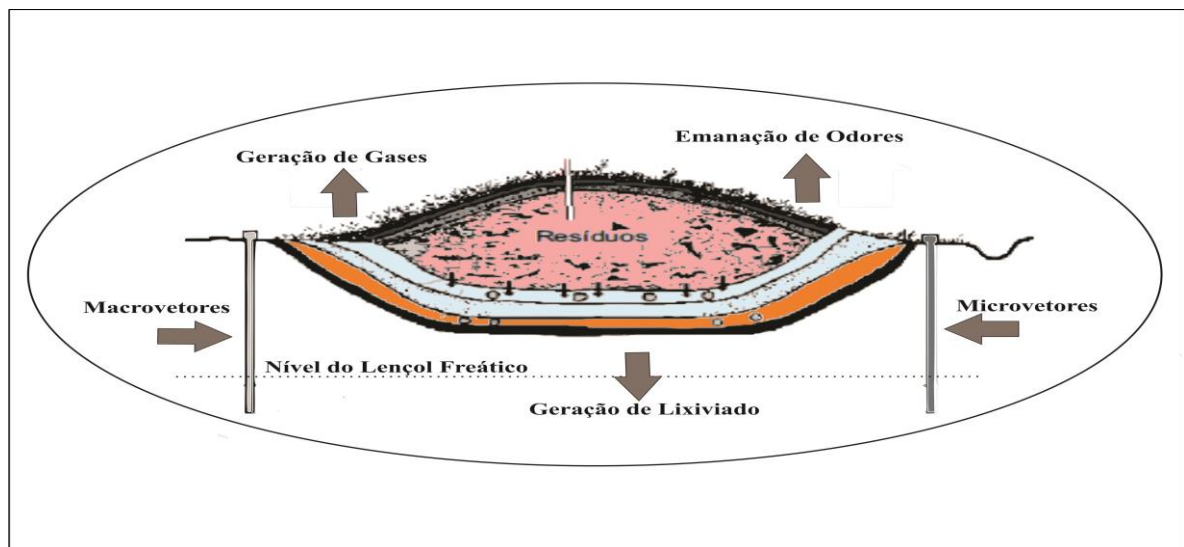
Fonte: IBAM (2001; p. 154).

3.4. Efeitos da disposição inadequada de resíduos sólidos

A descarga de lixo nos cursos de água causa desequilíbrio ecológico devido principalmente ao excesso de nutrientes e carga orgânica na água (JARAMILLO, 1997).

O lixo provoca graves problemas de saúde pública, pois a proliferação de insetos e de roedores propicia a transmissão de doenças, além da deterioração estética das cidades e da paisagem natural. A figura 3.3 mostra os principais impactos ambientais resultantes da disposição final ambientalmente inadequada.

Figura 3.2 – Impactos ambientais resultantes da disposição inadequada dos resíduos sólidos.



Fonte: Adaptado de Castilhos Jr. (2003)

3.4.1 Poluição da Água

A descarga de resíduos sólidos nos corpos hídricos aumenta a carga orgânica e diminui o oxigênio dissolvido presente neste ambiente e aumenta os nutrientes que estimula o crescimento de algas, provocando a eutrofização, mortandade de peixes, odores e a deterioração da beleza natural deste recurso hídrico. (CASTILHOS, 2003).

Reichert (2000) define lixiviados como líquidos provenientes das principais fontes: umidade natural dos resíduos sólidos; água de constituição dos diferentes materiais que sobram durante o processo de decomposição e líquido proveniente de materiais orgânicos a partir de enzimas expelidas por bactérias.

Desta forma, o contato tanto dos lixiviados como de resíduos sólidos com os corpos hídricos são uma das principais causas de poluição das águas subterrâneas e superficiais.

3.4.2 Poluição do solo

O transporte e a retenção de metais em solos de áreas de disposição de resíduos sólidos urbanos tem sido motivo de estudo de vários autores. O comportamento observado é de significativo potencial de retenção de metais nos solos, em especial nos argilosos. (CASTILHOS, 2003).

Rouse e Pyrih (1993) afirmam que solos com constituição argilosa podem agir como barreira geoquímica e prevenir o movimento de vários constituintes químicos. Young *et al.* (1992) apontam que os diversos estudos para retenção de metais em solos argilosos indicam alta capacidade de retenção de metais, inclusive com o incremento do pH. Afirmam ainda que os metais são atenuados no solo dependendo das condições do ambiente e dos tipos dos constituintes do sistema solo água, ocorrendo formação de óxidos, hidróxidos, carbonatos, cátions trocáveis e migração para a matéria orgânica do solo.

Os estudos de Oliveira *et al.* (2002) observaram a retenção de metais de lixiviados em solos argilosos de aterros sanitários e Lange *et al.* (2002) confirmaram a retenção de metais, em especial para o cromo.

3.4.3 Poluição do Ar

Os resíduos sólidos despejados nos lixões deterioram a qualidade do ar tanto localmente quanto em áreas circundante, por causa dos incêndios e fumaça, reduzem a visibilidade, além de dar os odores desagradáveis.

Castilhos (2003) relata que para avaliar o potencial de risco da produção de gás a partir dos resíduos sólidos urbanos, é necessário conhecer a composição, as características e as propriedades desses gases. Geralmente, os gases que compõem o gás de aterros sanitários compreendem metano, dióxido de carbono, gás sulfídrico, oxigênio, hidrogênio, mercaptanas, propano, butano e outros compostos.

3.5 Aterro sanitário

3.5.1 Considerações Gerais

Silva e Zaidan, (2004) definem aterro sanitário como a forma de dispor o lixo sobre o solo, compactando-o com trator, reduzindo-o ao menor volume permissível e recobrindo-o com

camada de terra compactada, na frequência necessária (ao menos, diariamente), de modo a ocupar a menor área possível.

A NBR 8419 (ABNT, 1992) define como uma técnica de disposição de resíduos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e a sua segurança, minimizando os impactos ambientais, este método utiliza princípios de engenharia para confinar resíduos industriais perigosos a menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-o com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho.

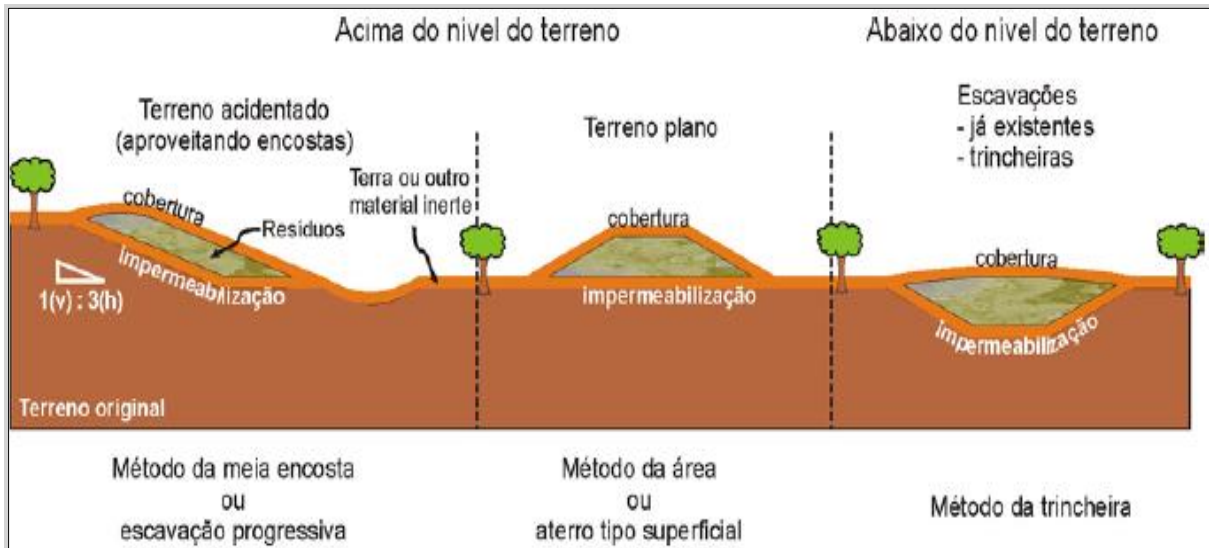
Na opinião de Lanza (2009), embora os aterros sanitários consistam de uma técnica simples, exigem cuidados especiais e procedimentos específicos. A avaliação do impacto ambiental local e sobre a área de influência nas fases de implantação, operação e monitoramento devem ser sempre considerados na elaboração dos estudos técnicos.

3.5.2 Métodos Construtivos

A NBR 13896/1997ABNT recomenda a construção de aterros com vida útil mínima de 10 anos com o monitoramento prolongando-se, no mínimo, por mais 10 anos após o encerramento. Na escolha do método construtivo do aterro, há três fatores a considerar: a) topografia; b) tipo de solo; e profundidade do lençol freático. Existem três métodos construtivos usuais, quais sejam:

- Método da Trincheira – Fundamenta-se na abertura da trincheira no solo, onde o lixo é disposto no fundo, compactado e posteriormente recoberto com terra. É a técnica mais apropriada para terrenos que sejam planos ou pouco inclinados, e onde o lençol freático esteja situado a uma profundidade maior em relação à superfície.
- Método da Rampa – também conhecido como método da escavação progressiva, é empregado em áreas planas onde o solo natural oferece boas condições para ser escavado e utilizado como material de cobertura. A permeabilidade do solo e a profundidade do lençol freático confirmarão ou não o uso desta técnica.
- Método da Área – comumente empregado em locais onde a topografia se apresenta de forma irregular e o lençol freático está no limite máximo. A formação da célula do aterro por este método exige o transporte e a aquisição de terra para cobertura. Em alguns casos se faz necessária a construção de diques de contenção ou valas de retenção de águas pluviais. A Figura 3.4 ilustra os tipos de aterros sanitários baseada no método de execução das células de lixo.

Figura 3.3 – Tipos de aterros sanitários segundo o método de execução das células de lixo



Fonte: Adaptado de BIDONE & POVINELLI (1999) e CETESB (SÃO PAULO, 1997a)

O aterro sanitário deve contar com os seguintes sistemas de proteção ambiental: a) impermeabilização de base e laterais; b) recobrimento diário dos resíduos; c) cobertura final das plataformas de resíduos; d) coleta, drenagem e tratamento de lixiviados; e) coleta e tratamento dos gases; f) drenagem superficial e tratamento e monitoramento.

3.5.3 Vida útil do aterro sanitário

Lange (2002) afirma que o cálculo da vida útil deve ser feito por meio da previsão do crescimento demográfico, a partir de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e da geração de resíduos, em conjunto com um pré-projeto, no qual se analisa o método de operação e a ocupação da área. A escolha do método de operação do aterro, que pode ser trincheira, rampa ou área, depende de uma série de fatores relativos às características do meio físico da área e da quantidade de resíduos a dispor.

A vida útil está associada à máxima capacidade de recebimento de resíduos, o tratamento adequado destes faz com que o prazo de saturação do aterro sanitário seja prolongado. “O reaproveitamento e o tratamento dos resíduos são ações corretivas, cujos benefícios podem ser a valorização de resíduos, ganhos ambientais com a redução do uso de recursos naturais e da poluição, geração de emprego e renda e aumento da vida útil dos sistemas de disposição final” (ZANTA, 2003).

3.6 Aspectos Legais e Licenciamento de aterro sanitário

A Política Nacional de Resíduos Sólidos dispõe sobre os princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, inclusive os resíduos perigosos, as responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis.

Em nível federal, destacam-se algumas Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA):

- Resolução CONAMA 01/1986: determina que o licenciamento de aterros sanitários, enquanto atividades modificadoras do meio ambiente dependem da elaboração de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e respectivo Relatório de Impacto no Meio Ambiente (RIMA).
- Resoluções CONAMA 05/1988 e 237/1997: dispõem sobre a necessidade de licenciamento ambiental para as unidades de transferência, tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos.
- Resolução CONAMA 308/2002: para municípios de pequeno porte (até trinta milhões de habitantes e geração diária de resíduos sólidos urbanos de até trinta toneladas) o órgão ambiental competente poderá dispensar o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto no Meio Ambiente (RIMA) na hipótese de ficar constatada por estudos técnicos que o empreendimento não causará significativa degradação ao meio ambiente.

Tendo-se em vista a necessidade de se instalar um novo aterro sanitário no município de Breves, deve-se ao fato de o atual lixão do município estar em operação há mais de 20 anos e atualmente encontra sua capacidade em receber resíduos sólidos praticamente esgotados, havendo, portanto, necessidade de se encerrar suas atividades. Soma-se a isso, o fato de não haver possibilidade técnica da instalação e ampliação de um aterro sanitário, por encontrar-se muito próximo ao centro urbano.

O art. 9º, inciso IV, da Lei nº 6.938/81, estabelece como um dos instrumentos da Política Nacional de Meio Ambiente o licenciamento e a revisão de atividades "efetiva" ou "potencialmente poluidoras", e o art. 10 prevê que a construção, a instalação, a ampliação e o funcionamento de estabelecimentos e as atividades utilizadoras de recursos ambientais – considerados “efetiva e potencialmente poluidores, bem como os capazes, sob qualquer forma, de causar “degradação ambiental” –, dependerão de prévio licenciamento do órgão estadual competente, integrante do Sistema Nacional de Meio Ambiente – SISNAMA”.

No Brasil, conforme a Resolução 001/86, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, toda atividade modificadora ou potencialmente modificadora do meio ambiente, deve ser precedida da elaboração do EIA – Estudo de Impacto Ambiental e do respectivo RIMA – Relatório de Impacto Ambiental.

O Estudo de Impacto Ambiental (EIA) é um dos instrumentos utilizados para avaliar a viabilidade ambiental de empreendimentos na fase de solicitação da Licença Prévia. Nele são apresentadas as atividades relacionadas à concepção do projeto, às alternativas tecnológicas e locacionais, a metodologia para avaliar eventuais impactos ambientais que poderão ocorrer nas fases de instalação, operação e pós-encerramento da instalação do aterro sanitário, medidas a serem tomadas para minimizar os impactos, bem como os programas de monitoramento de todas as atividades relacionadas ao novo empreendimento (RESOLUÇÃO CONAMA 237).

O licenciamento ambiental é o instrumento de gestão ambiental que orienta a avaliação da viabilidade ambiental, localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais potencialmente ou efetivamente poluidores ou daqueles que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental.

As licenças ambientais no Estado do Pará seguem as diretrizes da Resolução Nº 237/97 do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA. O tipo de licença emitida (licença prévia, licença de instalação e licença de operação) depende do perfil e porte da atividade a ser licenciada, assim como da fase de implantação do empreendimento.

A Licença Prévia é concedida na fase preliminar do planejamento em função do porte e do potencial poluidor do empreendimento, aprovando a sua concepção e localização, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implantação, não autoriza o início das obras.

A Licença de Instalação autoriza a instalação do empreendimento (terraplanagem, construção cível) de acordo com as especificações constantes nos planos, nos programas e nos projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes. Todavia, a Licença de Operação autoriza o funcionamento da atividade, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta na Licença de Instalação, com as medidas de controle e condicionantes determinados para a operação.

3.7 Estudos Relacionados à localização de área para aterro sanitário

Monteiro (2001) afirma que as áreas que não estiverem de acordo com a legislação de planejamento do município ou com a legislação ambiental são classificadas como não recomendadas. Segundo o autor, as áreas devem localizar-se numa região onde o uso do solo seja rural (agrícola) ou industrial e fora de qualquer Unidade de Conservação Ambiental.

Pinheiro *et al.* (2011) fez o uso de Geotecnologias para mapear os passivos ambientais decorrentes do desflorestamento ao longo da rodovia BR-174 entre Manaus/AM e Boa Vista/RR. Além disso, analisaram as principais formações vegetais, tipos de solos e relevo que sofreram impactos por desflorestamento.

Marin *et al.* (2012) utilizou o SIG para identificar locais adequados e potenciais para construção de aterro sanitário no estado de Morelos, México. Já Gregório *et al.* (2013), em seus estudos, fizeram a avaliação de áreas para instalação de aterro sanitário no município de Barreiras, Bahia – os procedimentos metodológicos adotados foram baseados na manipulação de informações técnicas, ambientais e socioeconômicas no ambiente de SIG, a fim de otimizar o processo de avaliação da adequação do local onde se encontra o lixo.

Santos e Girardi (2007) utilizaram, em suas pesquisas, o geoprocessamento para fazerem a localização de áreas para aterro sanitário no município de Alegrete-Rs, utilizaram imagens do satélite Landsat 5 e o SIG, dos quais foram obtidos mapas da região em estudo de declividade, uso do solo, estradas, rios, aeroporto, áreas de preservação ambiental e distância da cidade e zona urbana.

Hoff *et al.* (2008) fizeram uso de geotecnologias e geoprocessamento como suporte ao diagnóstico e gestão ambiental dos Recursos Hídricos do Município de Cambará do Sul, Rio Grande do Sul.

3.8 Escolhas de áreas para aterro sanitário

Lange (1995) considera que um terreno é adequado para a disposição de resíduos sólidos quando promove a proteção da água subterrânea contra a contaminação por percolados. Para tanto, deve apresentar as seguintes características: baixo fluxo de água subterrânea nos arredores da área de disposição; baixa permeabilidade; grande espessura e homogeneidade do material geológico; grande extensão do corpo geológico; alta capacidade de retenção (adsorção) de composto; baixa solubilidade química; baixa erodibilidade do substrato. O citado autor

ressalva que, mesmo que o terreno onde venha a se instalar o aterro de resíduos tenha parâmetros geológicos-geotécnicos e geométricos favoráveis, deve-se evitar: áreas de proteção de águas subterrâneas, áreas de drenagem de reservatórios de água e áreas de proteção de água mineral; nas áreas com mineração ativa ou abandonada e uma “zona de segurança” ao seu redor, áreas com potencialidade em recursos minerais; áreas de recarga de aquíferos.

Também devem ser evitadas, por razões não geológicas: áreas densamente povoadas e áreas reservadas a loteamentos; estradas de rodagem e estradas de ferro; áreas com intensiva pecuária de gado leiteiro; aeroportos e uma zona de segurança ao seu redor; reservas naturais.

Gomes (2001) descreve que a primeira etapa do processo de definição de critérios para seleção de áreas para disposição final de resíduos sólidos é identificar aquelas que são potencialmente aptas, tomando por base as características físicas e químicas dos resíduos e do meio ambiente. Os resultados deste estudo preliminar combinados com outras informações físicas e de legislação permitirão efetuar uma análise integrada da qual resultará a escolha final das áreas prioritárias para disposição dos resíduos. O autor afirma ainda que na determinação dos critérios de seleção da área ótima para a construção do aterro sanitário, devem-se levar em consideração as características locais do relevo, da cobertura vegetal, da direção dos ventos predominantes, além do plano diretor municipal.

Para Santos (2007) devem-se propor aspectos referentes ao tamanho da área e tempo de vida útil do aterro sanitário de, no mínimo, 20 anos, proximidade da zona de coleta (no máximo a 20 km de distância), via de acesso em boas condições, distância de mais de 1,5km de aeroportos, afastamento mínimo de 2 km de zonas residenciais, distância de mais de 200m de nascentes, corpos d'água e rios, posicionamento adequado em relação aos ventos dominantes e concordância com as leis ambientais.

3.9 Geoprocessamento

Rodrigues (1993) define geoprocessamento como um conjunto de tecnologias, de coleta, de tratamento, de manipulação e de apresentação de informações espaciais voltados para um objetivo específico. Segundo Câmara e Medeiros (1998), o termo geoprocessamento denota uma disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações geográficas.

Christofolletti (1999) afirma que geoprocessamento é o processamento digital de informações espaciais georreferenciadas. Para Silva & Zaidan (2004), a principal característica

do geoprocessamento é permitir a investigação sistemática das propriedades e relações posicionais dos eventos e entidades representados em uma base de dados georreferenciados, transformando dados em informação destinada ao apoio à tomada de decisão.

Rocha (2000) define geoprocessamento como uma tecnologia transdisciplinar, que por meio da localização e do processamento de dados geográficos, integra várias disciplinas, equipamentos, programas, processos, entidades, dados, metodologias e pessoas para coleta, tratamento, análise e apresentação de informações associadas a mapas digitais georreferenciados, e utiliza como principal ferramenta o Sistema de Informação Geográfica (SIG). Silva (2003) afirma que geoprocessamento representa qualquer tipo de processamento de dados georreferenciados. Envolve técnicas e conceitos de cartografia, sensoriamento remoto, e Sistema de Informações Geográficas (SIG).

3.9.1.1 Geoprocessamento e planejamento urbano

Marinho (2008) afirma que para que se tenha um planejamento urbano dentro do âmbito municipal é necessário que as ações a serem implementadas e os recursos disponíveis sejam utilizados de forma racional e para tanto será necessário conhecimento de todos os aspectos da realidade urbana, ou seja, que se tenha o maior número possível de dados sobre a realidade em que se pretende intervir. Com os avanços na área da tecnologia da informática, tornou-se possível a representação de diversos tipos de dados em ambiente computacional e grande massa de dados sobre a superfície da Terra com a utilização de técnicas de sensoriamento remoto.

Moura (2003) relata que o problema atual não é mais a escassez de dados, mas a abundância deles, exigindo rigor em sua organização e manipulação, pois nem sempre uma grande quantidade de dados gera ganho de informação. O geoprocessamento neste sentido aparece como uma ferramenta para o planejamento urbano, na medida em que os Sistemas de Informação Geográficos (SIG) realizam o tratamento computacional de dados geográficos, sendo capazes de armazenar tanto os atributos descritivos (dados alfanuméricos) como as geometrias dos diversos tipos de dados geográficos, diferentemente dos sistemas de informação convencionais.

O geoprocessamento em sua interface com a internet permite disponibilizar aos cidadãos informações constantemente atualizadas e de fácil interpretação pelo fato de serem geograficamente localizadas. (MARINHO, 2008). O plano diretor é outra ferramenta fundamental dentro do contexto do planejamento urbano, pois funcionam como instrumento de

planejamento e, sobretudo, de gestão para o estabelecimento da eficácia da função de propriedades das cidades, que tem como objetivo mais importante cumprir a função social de forma a garantir melhor qualidade de vida aos cidadãos. (MINIZ, 2006).

Dentro do Plano Diretor do Município de Breves (2001) é destacado entre os objetivos gerais disciplinar a ocupação e o uso do solo compatibilizando com o meio ambiente e a infraestrutura disponível, além de compatibilizar a estrutura urbana da cidade ao crescimento demográfico previsto e as funções regionais do município.

3.9.1 Cartografia Geotécnica

O conhecimento do meio físico assume um relevante papel quando se pretende realizar o planejamento de ações voltadas à proteção e preservação do meio ambiente e da saúde pública, (ZUQUETE, 1993).

A cartografia geotécnica consiste no conjunto de procedimentos necessários à obtenção, análise e apresentação das informações geoambientais de caráter geológico-geotécnico, constituindo uma importante ferramenta para subsidiar técnica e operacionalmente os diferentes instrumentos e atividades de gestão ambiental. Envolve um grande volume de dados, com necessidade de cruzar níveis de informações variadas, com atributos diferenciados, muitas vezes com critérios rígidos de precisão envolvidos (ZUQUETE 1993; SALAZAR JR 1998; VEDOVELLO *et al.* 1999; VEDOVELLO 2000).

De acordo com Zuquette (1993), o mapeamento geotécnico tem por finalidade básica levantar, avaliar e analisar os atributos que compõem o meio físico. O mapeamento geotécnico consiste em representar em meio cartográfico os componentes geológicos geotécnicos de significância para o uso e ocupação do solo e subsolo em projetos, em construções e em manutenções quando aplicados na engenharia civil, na engenharia de minas e nos problemas ambientais.

3.9.2 Sensoriamento Remoto

O sensoriamento remoto é a tecnologia espacial que permite a aquisição de informações sobre a superfície terrestre, através da interpretação dos dados captados por sensores instalados em aeronaves ou satélites. O seu registro gráfico se dá através de diversos produtos: fotografias aéreas; imagens de satélites; imagens de radar etc. (BROLLO, 2001).

O princípio básico que possibilita a obtenção de informações sobre o levantamento dos recursos naturais através da tecnologia do sensoriamento remoto é fundamentado no comportamento espectral dos alvos terrestres, que é registrado por um sistema sensor. A característica espectral típica de cada alvo (água, solo, vegetação) é resultante da interação da energia eletromagnética proveniente do sol, com as propriedades físicas e químicas inerentes aos alvos terrestres, que são registrados pelos sensores (passivos) que operam em diferentes faixas ópticas do espectro eletromagnético. As características espectrais dos alvos são registradas por diferentes sensores, em diferentes bandas ou canais, de acordo com as suas distintas configurações (VALÉRIO, 1998).

3.9.2.1 Sensoriamento remoto em estudos de uso e ocupação do solo

Lombardo & Machado (1996) consideram que a tecnologia do sensoriamento remoto pode ser um instrumento auxiliar no monitoramento de áreas urbanizadas e verificação da evolução da mancha urbana. Assim, para a análise das características e dinâmica urbanas têm sido bastante utilizadas fotografias aéreas, para as quais a metodologia de interpretação é bastante satisfatória.

Os estudos de uso e de ocupação do solo com o apoio da interpretação de produtos de sensoriamento remoto destacam-se em diferentes vertentes: monitoramento de áreas urbanizadas; mapeamento de vegetação; estudos aplicados ao planejamento do uso do solo (como seleção de áreas para disposição de resíduos, avaliação de riscos à ocupação urbana frente à ocorrência de movimentos gravitacionais de massa e de inundações, dentre outros) (BROLLO, 2001).

O espectro urbano é composto por uma heterogeneidade de alvos com características físico-químicas diversificadas. Os principais alvos urbanos, ou seja, concreto, asfalto (ruas e avenidas), vegetação (grama, árvores), água (rios e lagos) e telha apresentam-se melhor definidos na faixa do vermelho, verde e infravermelho próximo do espectro eletromagnético (BROLLO, 2001).

4. Sistemas de informações geográficas

Burrough (1994) afirma que os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) são mais do que meios de codificar, armazenar e recuperar dados sobre aspectos da superfície da Terra são sistemas capazes de representar um modelo do mundo real. Estes dados podem ser

acessados, transformados, e manipulados interativamente, servindo como base de testes no estudo dos processos ambientais, para análise do resultado de tendências, ou para antecipar possíveis resultados de decisões de planejamento.

O SIG permite realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e criar bancos de dados georreferenciados (CAMARA *et al.*, 2001). Possibilita o cruzamento de informações proporcionando assim uma visão integrada da situação. Para Florenzano (2002), esta característica mostra-se de grande utilidade no estudo e monitoramento do meio ambiente, no planejamento de cidades, regiões, países e de diferentes tipos de atividades e serviços.

Veiga & Silva (2004) definem SIGs como ferramentas que manipulam objetos (ou feições geográficas) e seus atributos (ou registros que compõem um banco de dados) por meio de seu relacionamento espacial (topologia).

Santos (2010) define buffers como áreas criadas a partir de um ponto de referência até uma determinada distância; também chamada de Zonas Tampão, segundo ele é uma importante técnica para se delimitar áreas de influência.

Cruz *et al* (2005) aplicam o sistema de informação geográfica para fazer a análise espacial em transportes, meio ambiente e ocupação do solo de uma determinada área, a partir disso, desenvolveu diferentes mapas e fez a manipulação de banco de dados através do cruzamento de informações que permitem representar espacialmente a totalidade e a complexidade da realidade ambiental. Afirmar ainda que o SIG possui mecanismos sofisticados para manipulação e análise espacial de dados, permitindo uma visualização bem mais intuitiva dos dados do que as obtidas através de relatórios e gráficos convencionais.

Cruz (1996), Assad & Sano (1998) e Davis Junior (2000) são autores que definem o termo Sistema de Informação Geográfica como a caracterização dos sistemas de informação, que tornam possível a captura, a modelagem, a manipulação, a recuperação, o armazenamento, o tratamento, a integração, o processamento, a análise e a apresentação de informações digitais georreferenciadas, topologicamente estruturadas, associadas ou não a um banco de dados.

Para Câmara (1995), um SIG, se caracteriza por integrar numa única base de dados, informações provenientes de dados cartográficos, dados de censo, cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno. Sendo também capazes de oferecer mecanismos para combinar informações através de algoritmos de manipulação e análise, para consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados geocodificados.

Segundo Dantas (1996), o SIG tem-se destacado por integrar diferentes tipos de dados, considerar barreiras geográficas, eliminar decisões subjetivas e realizar diversas simulações. Já

Christofolletti & Teixeira (1997) afirmam que um SIG pode ser visto como a combinação de hardware, de software, de dados, de metodologias e de recursos humanos que operam de forma harmônica para produzir e analisar informações geográficas.

Camargo (1997) destaca como as principais potencialidades do SIG, a capacidade de manipulação de um volume de dados informatizado de armazenamento e recuperação de dados sobre sistemas convencionais, seja por meio da capacidade de manipulação de um volume de dados muito maior e com eficiência, capacidade de cruzamento de dados, rapidez e flexibilidade na recuperação de dados, maior variedade de formas de apresentação e um maior e melhor acesso a métodos de modelagem estatística e gráfica para análise e interpretação de dados.

4.1 Sistemas de Informação Geográfica: Aspecto Histórico e Aplicação

Os Sistemas de Informação Geográfica de acordo com Dantas *et al.* (1996), apud MENESES (2003) divide-se em três fases: 1ª) manipulação e visualização de banco de dados; 2ª) operações analíticas de dados não gráficos e estrutura organizacionais; 3ª) e análise espacial. Iniciada na década de 50, a primeira fase é marcada pela necessidade de armazenar, organizar, processar e visualizar dados dando origem as primeiras versões de SIG, baseadas na manipulação e na visualização de dados.

Teixeira *et al.* (1995) apud Meneses (2003) relatam que na segunda fase, o aumento da capacidade de processamento e de memória dos computadores possibilitou novas concepções e a popularização do SIG. Nesta perspectiva, as operações analíticas são enfatizadas por meio de modelos matemáticos com dados numéricos não gráficos.

A partir da década de 80, a terceira fase é marcada pela redução de recursos para a pesquisa científica em contraponto ao crescimento do setor industrial e comercial do SIG. Nessa fase, o potencial do SIG é mais explorado, combinando atributos não geográficos com as relações topológicas dos objetos geográficos para efetuar análises espaciais sobre dados georreferenciados (DANTAS *et al.*, 1996 apud MENESES, 2003).

Ainda conforme o autor os SIG atuais envolvem, de forma sistêmica e interativa, banco de dados, tecnologia e pessoal, sendo capaz de realizar análises espaciais, armazenar, manipular, visualizar e operar dados georreferenciados para a obtenção de novas informações.

A tabela 3.3, mostra exemplos de onde os Sistemas de informações Geográficas podem ser aplicados.

Tabela 3.3 – Exemplos de aplicações dos SIGS

Finalidade	Objetivo	Exemplos de aplicação
Projetos	Definição das características do projeto	Projeto de loteamentos Projeto de irrigação
Planejamento territorial	Delimitação de zoneamentos e estabelecimento de normas e diretrizes de uso	Planos de manejo de unidades de conservação Planos diretores municipais
Modelagem	Estudo de processos e comportamento	Modelagem de processos hidrológicos
Gestão	Gestão de serviços de utilidade Pública	Gerenciamento de rede abastecimento
Banco de Dados	Armazenamento e recuperação de dados	Cadastro urbano e rural
Avaliação de riscos e Potenciais	Identificação de locais susceptíveis à ocorrência de um determinado evento	Mapeamento de riscos ou potenciais
Monitoramento	Acompanhamento da evolução dos fenômenos espaciais através de mapeamentos sucessivos no tempo	Monitoramento da cobertura florestal Monitoramento da expansão urbana
Logístico	Identificação de locais e rotas ideais	Identificação de locais para implantação de empreendimento econômico

Adaptado de Francisco (2014)

As múltiplas operações apresentadas por um Sistema de Informação Geográfica (SIG) podem ser classificadas em três grupos, de acordo com o fim a que se destinam (adaptado INPE, 2004):

- Gerenciamento de banco de dados geográficos – armazenamento, integração e recuperação de dados georreferenciados de diferentes fontes, formatos e temas dispostos em um único banco de dados.
- Análises espaciais – a partir de um banco de dados geográficos, são efetuados combinações e cruzamentos de dados por meio de operações geométricas e topológicas cujo resultado é a geração de novos dados.

- Produção cartográfica – entrada, conversão e edição de dados, bem como de acabamento visando à apresentação final por forma impressa ou meio digital.

4.2 Dados geográficos em um SIG

Os dados geográficos descrevem os objetos do mundo real, com base (1) na localização geográfica - posição em relação a um sistema de coordenadas conhecidas; (2) nos relacionamentos espaciais ou topológicos - relações espaciais com outros objetos; e (3) em atributos temáticos - propriedades medidas ou observadas. (BARBOSA, 1997).

Em um Sistema de Informações Geográficas (SIG), os dados geográficos são estruturados em planos de informação, também denominados de camadas. As camadas, quando geograficamente referenciadas, podem ser sobrepostas e representam o modelo do mundo real (Figura 3.5). Para que ocorra a correta sobreposição entre as camadas, é necessário que elas possuam projeção cartográfica, sistema de coordenadas e sistema geodésico (datum) afins, geradas em escalas próximas (FRANCISCO, 2014).

Figura 3.4 – Estrutura de dados dispostos em camadas



Fonte: ESRI (2004)

4.3 Vetorização de arquivos georreferenciados em ArcGIS

Carvalho *et. al* (2007) afirma que para se iniciar uma vetorização em um software como o ArcGis é imprescindível que a base a ser trabalhada já esteja georreferenciada, de modo a não se perder o posicionamento geográfico dos vetores futuramente. Afirmam ainda sobre necessidade de se criar “shapefiles” que correspondam aos layers (camadas) nos quais serão vetorizados os diferentes tipos de informações geográficas.

Para iniciar o processo de vetorização, é preciso criar “shapefiles” que correspondam aos layers (camadas) nos quais serão vetorizados os diferentes tipos de informações geográficas. É importante saber previamente as informações que serão inseridas como camadas, ou seja, quantas serão necessárias, seus respectivos nomes, suas qualidades enquadradas em “ponto, linha ou polígono” e os sistemas de coordenadas trabalhados (CARVALHO, 2007).

4.4 Shapes - Definições

O shape é um conjunto de vários arquivos, três arquivos individuais são obrigatórios para armazenar os dados do núcleo que compreende um shapefile. Eles são o arquivo .shp (armazena a geometria das entidades); o arquivo .shx (armazena as ligações entre as entidades e a sua geometria); e o arquivo .dbf (armazena a informação descritiva das entidades).

O shapefile é um formato popular de arquivo contendo dados geoespaciais em forma de vetor usado por Sistemas de Informações Geográficas também conhecidos como SIG. Descreve geometrias, pontos, linhas, e polígonos que podem representar, por exemplo, poços, rios e lagos. Cada item pode ter atributos que os descrevem, por exemplo: nome, temperatura ou profundidade. Foi desenvolvido e regulamentado por Esri - Environmental Systems Research Institute (fabricante dos softwares da família ARCGIS) como uma especificação aberta para interoperabilidade por dados entre os softwares de Esri e de outros fornecedores (ESRI, 1998).

Santos (2009) define ArcGIS como um pacote de softwares da ESRI (Environmental Systems Research Institute) de elaboração e manipulação de informações vetoriais e matriciais para o uso e gerenciamento de bases temáticas. Disponibiliza em um ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG) uma gama de ferramentas de forma integrada e de fácil utilização. É voltado para a elaboração de mapas, consultas e análises geocomputacionais, entre outras funcionalidades.

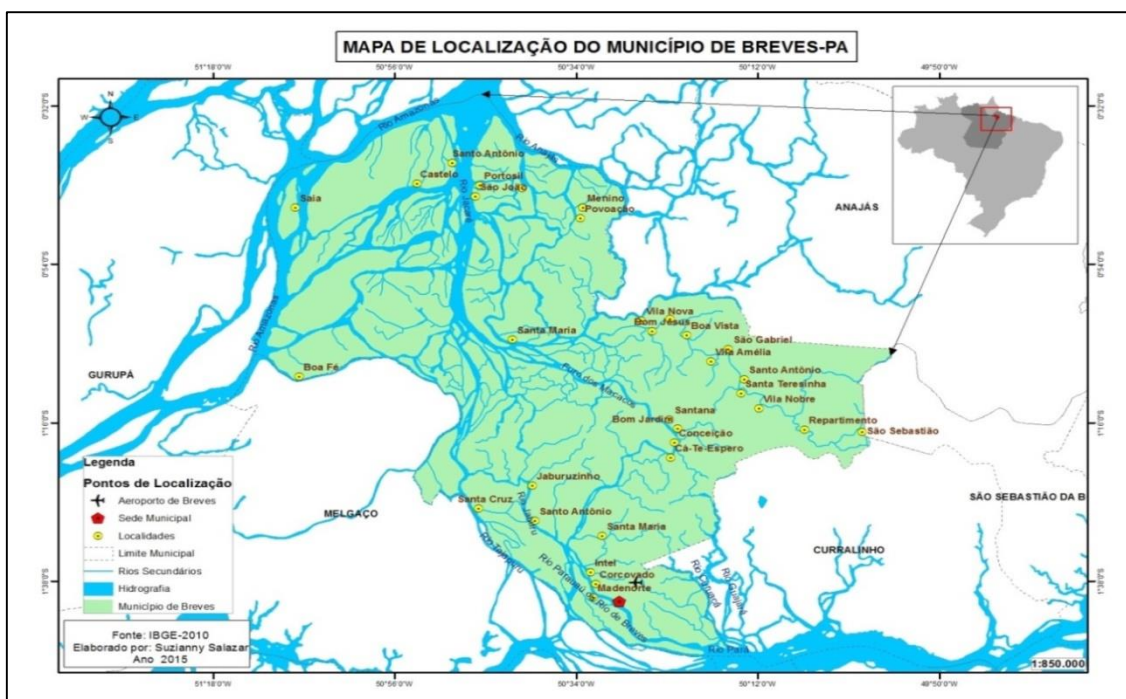
4 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento da metodologia deste trabalho de localização da área de maior potencial para a instalação de aterro sanitário, foram utilizadas técnicas de geoprocessamento e cartografia, apoiadas em dados e em informações temáticas e possíveis de serem mapeadas, a partir de informações obtidas diretamente na Secretaria de Obras (SEOB) do município que é o órgão responsável pela gestão dos resíduos sólidos da cidade. Realizou-se também consultas de normas técnicas e legislações para auxiliar nesta localização de área.

4.1 Área de Estudo

Breves é um município brasileiro do estado do Pará. Localiza-se ao sudoeste da Ilha de Marajó no estado, a latitude $01^{\circ}40'56''$ sul e a uma longitude $50^{\circ}28'49''$ oeste. Encontra-se a uma altitude de 40 metros, área total de 9.550 km², 92.860 habitantes e densidade populacional de 9,72 habitantes por km². Limita-se ao norte aos municípios de Afuá e Anajás, ao sul ao município de Melgaço, a leste de Anajás, Currealinho e São Sebastião da Boa Vista e a oeste dos municípios de Melgaço e Gurupá, conforme Figura 4.1.

Figura 4.1 – Mapa de localização do município de Breves

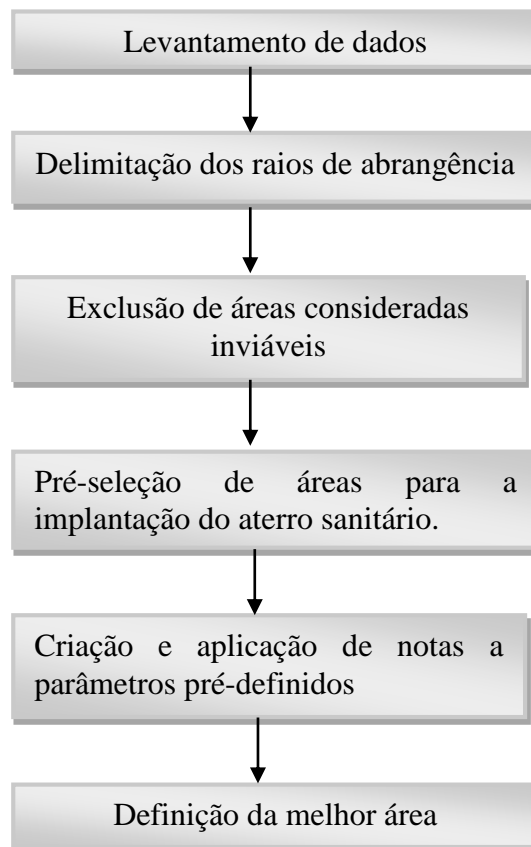


Fonte: IBGE. Salazar (2015).

4.2 Escolha da área para o aterro sanitário

O fluxograma da Figura 4.2 apresenta a rotina de procedimentos adotados para o desenvolvimento necessário para a obtenção da melhor área para a localização do aterro sanitário.

Figura 4.2 – Fluxograma da metodologia para escolha da área do aterro sanitário



Autor: Acioly 2016

4.2.1 Levantamento de dados

Como levantamento de dados para a confecção dos mapas foram utilizados shapes de dados do IBGE (2010) na escala básica 1:250.000 juntamente com imagens do Google Earth em que utiliza o Satélite Landsat para capturar as imagens aéreas. Em seguida, foram processadas no software Arcgis 10.1 para confeccionar o mapa de localização, com destaque para comunidades existentes e corpos hídricos superficiais. Realizou-se, também, com o mesmo procedimento a confecção dos mapas do município com perfis de elevação, geomorfológicos e pedológicos.

A metodologia foi desenvolvida em dois dos laboratórios da Universidade Federal do Pará sendo a primeira parte no Laboratório de Análise da Informação Geográfica (LAIG) da Faculdade de Geografia e Cartografia e a outra parte desenvolvida no Laboratório de Estudos e Modelagens Hidro-Ambientais (LEMHA) da Faculdade de Geociências.

Shapes é um tipo de arquivo digital que representa uma feição ou elemento gráfico, seja em formato de ponto, linha ou polígono e que contém uma referência espacial (coordenadas geográficas) de qualquer que seja o elemento mapeado (ESRI, 1998). Os shapes de dados levantados para a confecção dos mapas apresentados neste trabalho foram referentes às seguintes classes de informações sobre a região do Marajó: vegetação, hidrografia, dados geomorfológicos, pedológicos e de elevação que posteriormente foram processados no Arcgis 10.1. O mapa de vegetação foi utilizado principalmente para destacar quais as áreas antropizadas no município e utiliza esta informação como parâmetro na pré-seleção de áreas potencialmente apropriadas para a instalação do aterro sanitário.

Foram também coletadas informações diretamente da (SEOB) município, órgão responsável pela gestão dos resíduos sólidos da cidade. Além disso, foram feitas consultas a normas técnicas e legislações ambientais, em conjunto a procedimentos metodológicos utilizados por Santos e Girardi (2007).

Especificamente, na confecção do mapa de elevação, foram retirados dados do IBGE-2010 e as imagens da Missão Topográfica Radar Shuttle-SRTM (sa- 22-v-b; sa-22-v-d; sa- 22-x-a; as-22-x-c) da EMBRAPA. Para o processamento dos dados numéricos foi utilizado o software de geoprocessamento Arcgis 10.1.

O mapa de elevação gerado apresenta as seguintes especificações:

- Escala: 1:250.000
- Formato: GEOTIFF (16 bits)
- Resolução espacial: 90 metros
- Unidade de altitude: metros
- Sistema de Coordenada Geográfica
- Datum: WGS-84

4.2.2 Delimitação dos raios de abrangência

Foram criados dois buffers, ou raios, delimitados respectivamente a partir de uma área com raio de 20 km da sede municipal, dentro deste limite por questões ambientais condicionantes e de segurança de voo, um de raio 13 km em relação ao aeroporto. A seguir foi

feita a sobreposição desses raios. Essa etapa foi desenvolvida no Laboratório de Estudos e Modelagens Hidro-Ambientais (LEMHA) da Faculdade de Geociências da Universidade Federal do Pará.

Segundo Santos (2010), buffers são áreas criadas a partir de um ponto de referência até uma determinada distância, também chamada de Zonas Tampão, é uma importante técnica para se delimitar áreas de influência.

4.2.3 Exclusão de áreas consideradas inviáveis

Foram excluídas dos objetivos deste trabalho as áreas próximas de comunidades (500m) e de corpos hídricos superficiais (200m), bem como as que estivessem fora dos limites adotados, pois onerariam em demasia os custos de deslocamento dos veículos coletores até o aterro sanitário.

4.2.4 Pré-Seleção de áreas para a implantação do aterro sanitário

Para seleção de áreas para a possível implantação do aterro sanitário deu-se preferência a áreas já antropizadas e com vias de acesso já implantadas. Nessas condições foram pré-selecionadas três áreas.

4.2.5 Criação e aplicação de notas a parâmetros pré-definidos

Este item da metodologia foi baseado na metodologia desenvolvida por Santos e Girard (2007). Foram aplicadas notas a parâmetros pré-definidos segundo critérios de normas técnicas e com vistas a uma maior vida útil do aterro sanitário.

Os parâmetros pré-definidos para aplicação de notas, segundo critérios próprios, foram: (a) a proximidade de comunidades habitacionais; (b) o distanciamento de coleções hídricas superficiais; (c) as características pedológicas dos terrenos disponíveis; e (d) o tamanho das áreas pré-selecionadas.

Foram atribuídas notas 1 (REGULAR), 2 (BOA) e 3 (ADEQUADA) para cada parâmetro pré-definido as áreas, posteriormente as notas foram inseridas numa equação que definirá “a melhor” área, a partir da maior soma de notas aplicadas.

Tabela 4.1 – Aplicação de notas a parâmetros pré-definidos

ÁREAS PRÉ-SELECIONADAS	PARÂMETROS			
	Distanciamento de Comunidades Habitacionais (DCH)	Corpos Hídricos Superficiais (CHS)	Características Pedológicas (CP)	Tamanho das áreas pré-selecionadas (TA)
Área 1 (AT ₁)				
Área 2 (AT ₂)				
Área 3 (AT ₃)				

Fonte: Adaptado de Santos e Girardi (2007)

4.2.6 Definição da melhor área

Foram atribuídas as notas a cada um dos parâmetros referentes as três áreas pré-selecionadas obteve-se a que representará “a melhor” dentre as área para localização do aterro sanitário municipal a partir daquela que somar a maior na Equação (1).

$$APS(x) = DCH + CHS + CP + TA \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

APS (x) = Área pré-selecionada;

DCH = Distanciamento comunidades habitacionais;

CHS = corpos hídricos superficiais;

CP = características pedológicas;

TA = tamanho da área.

Foram também analisados parâmetros referentes à vegetação, geomorfologia, pedologia e elevação, a fim de saber sobre as características naturais da área, e apresentado por meio de fluxograma, sugestões de alternativas de utilização da mesma e de visitação in loco com equipamento GPS.

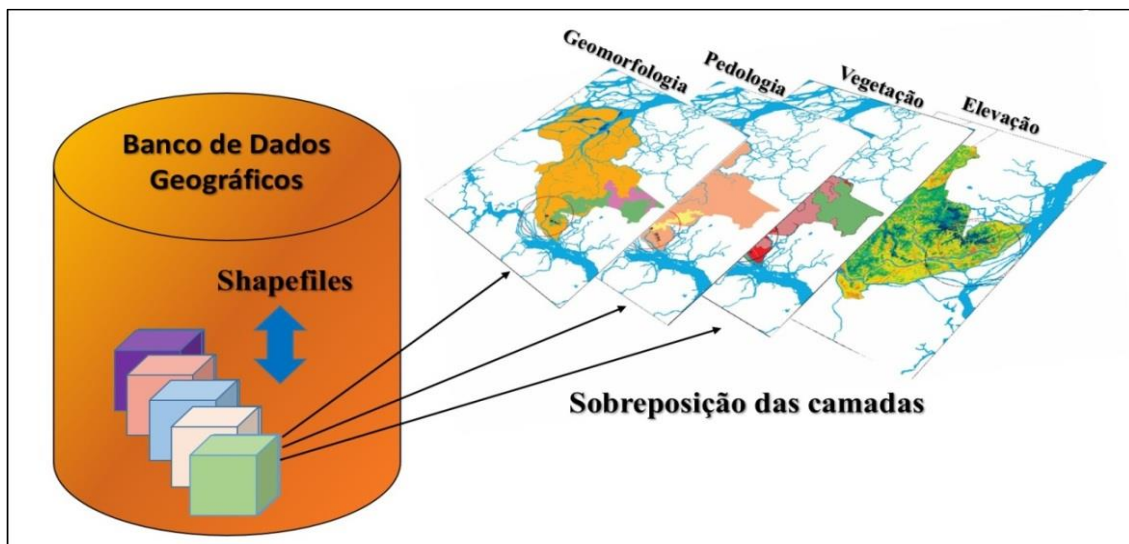
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Levantamento de dados

Os Shapes de dados foram obtidos no IBGE (2010) na escala 1:250.000, juntamente com imagens do Google Earth foram processados no software Arcgis 10.1 e permitiram a confecção do mapa de localização, com destaque para as comunidades existentes e corpos hídricos superficiais. Os mapas confeccionados destacando as características naturais da área escolhida, com os perfis de elevação, geomorfologia e pedologia que serão apresentados e discutidos dentro do item 5.7.

Em um Sistema de Informações Geográficas (SIG), os dados geográficos são estruturados em planos de informação, também denominados de camadas. As camadas, quando geograficamente referenciadas podem ser sobrepostas e representam o modelo do mundo real (Figura 5.1). Para que ocorra a correta sobreposição entre as camadas, é necessário que elas possuam projeção cartográfica, sistema de coordenadas e sistema geodésico (datum) comuns, que e tenham sido geradas em escalas próximas. Para este estudo a sobreposição foi feita para se obter a representação real das áreas localizadas dentro do raio de estudo.

Figura 5.1 – Sobreposição dos mapas temáticos em camadas



Fonte: Acioly; Salazar, 2015

Moraes *et. at.* (2010) fez uso do SIG como uma ferramenta para indicar possíveis áreas para implantação de aterro sanitário na Região metropolitana de Belém, trabalho semelhante

foi realizado no município de Breves, no entanto, a região do Marajó não possui base cartográfica atualizada o que fez com que as áreas não estivessem precisamente localizadas, todavia a proposta do trabalho é apresentar um tutorial de como apontar possíveis áreas para a construção do aterro sanitário. A escala utilizada neste trabalho é para grandes regiões, caso se fosse trabalhar a ilha do Marajó, o ideal seria se trabalhar o município de Breves com uma escala de 1:25:000 o que provavelmente se teria melhor precisão destas áreas.

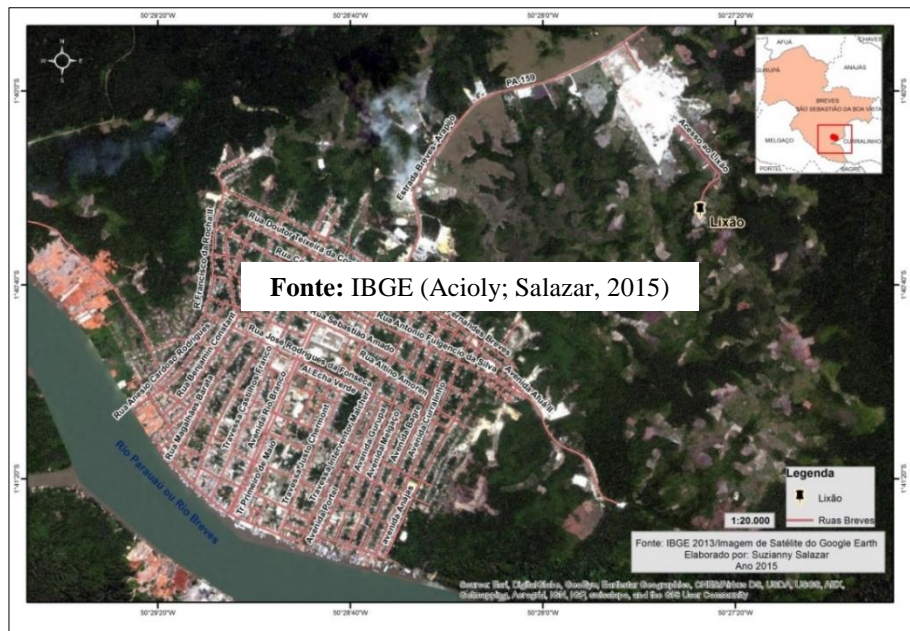
Lupatini (2002), em seus estudos para escolha de área para construção de aterro sanitário, reuniu um conjunto de características seguindo os objetivos: a) minimizar a possibilidade de existência de impactos ambientais negativos aos meios físico, biótico e antrópico; b) minimizar os custos envolvidos; c) minimizar a complexidade técnica para viabilização do aterro e maximizar a aceitação pública ao encontro dos interesses da comunidade.

A NBR 13896/1997- ABNT indica como avaliação técnica o tamanho disponível e a vida útil de aterros de resíduos não perigosos, recomendando a construção dos mesmos com vida útil mínima de 10 anos. Para previsão desse período, consideram-se as dimensões da área sujeita a implantação do aterro, suas características topográficas, a geração de resíduos e o crescimento populacional.

5.2 Malha urbana e zoneamento da cidade

A Figura 5.2 ilustra o mapa com imagem da malha urbana do município de Breves com destaque do atual lixão que foi confeccionado para ressaltar sobre a importância de se encontrar nova área de disposição final dos resíduos sólidos gerados no município, pois de acordo com esta Figura encontra-se próximo ao centro urbano a menos de 2 km, segundo informações obtidas na Secretaria de Obras do município.

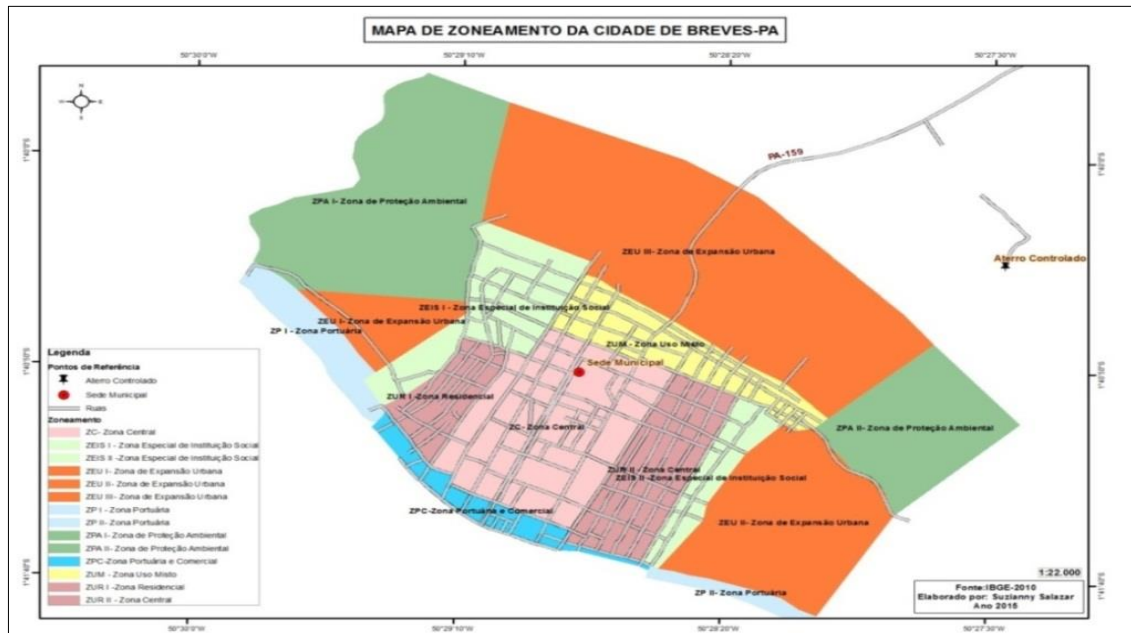
Figura 5.2 – Mapa com imagem da malha urbana do município de Breves



O plano diretor é uma ferramenta fundamental dentro do contexto do planejamento urbano, pois funciona como instrumento de planejamento e, sobretudo, de gestão para o estabelecimento da eficácia da função de propriedades das cidades, que tem como objetivo fundamental cumprir a função social de forma a garantir melhor qualidade de vida aos cidadãos (MINIZ, 2006).

Dentro do Plano diretor do Município de Breves (2001) é destacado entre os objetivos gerais disciplinar a ocupação e o uso do solo compatibilizando com o meio ambiente e a infraestrutura disponível, além de compatibilizar a estrutura urbana da cidade ao crescimento demográfico previsto e as funções regionais do município. Nele são destacadas todas as zonas de ocupação existente no município. A Figura 5.3 ilustra o mapa de zoneamento do município que foi confeccionado para dar destaques às ocupações da cidade, bem como da principal via de acesso ao atual lixão que conforme esta Figura encontra-se localizado em área de expansão urbana.

Figura 5.3 – Mapa de zoneamento do município de Breves- Pará



Fonte: IBGE (Acioly; Salazar, 2015)

5.3 Delimitação dos buffers ou raios de abrangência

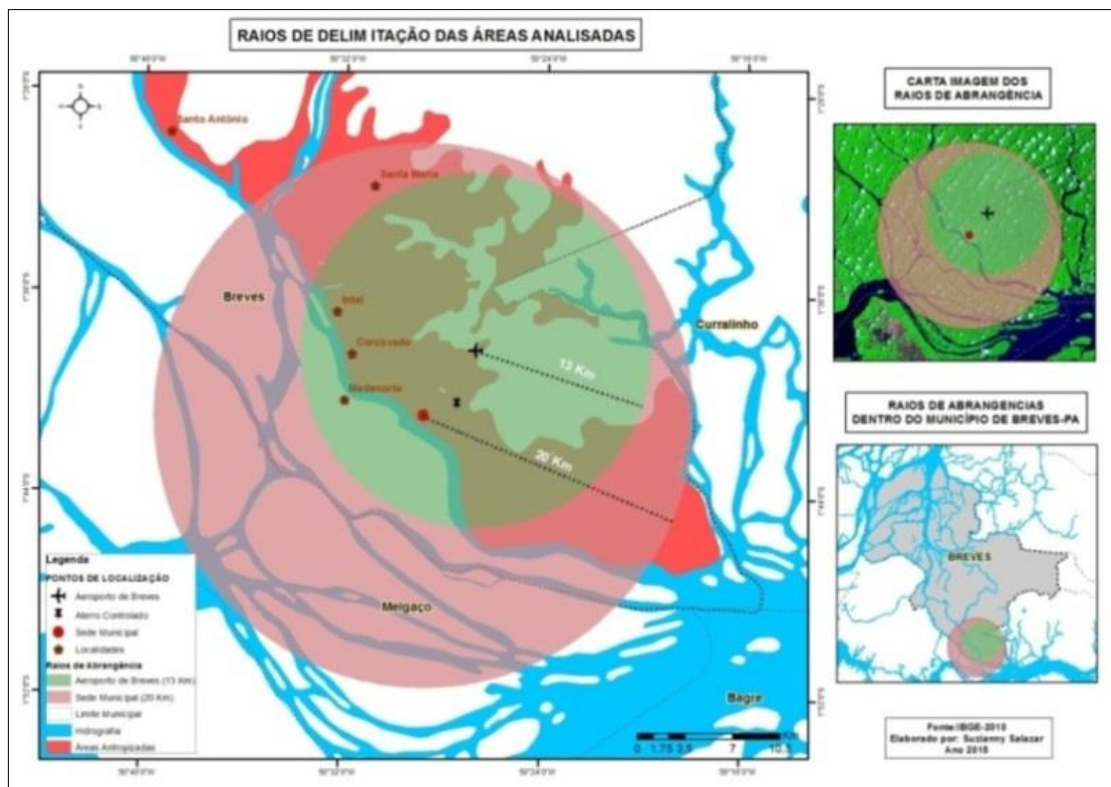
A Figura 5.4 ilustra um mapa com os raios de abrangência do estudo, ou seja, foi levada em consideração primordialmente a viabilidade econômica para que o aterro sanitário se localizasse a distância e acesso adequados.

Segundo Monteiro (2001), para grandes cidades, com populações superiores a 700.000 habitantes, adotam-se como limites de distâncias superiores a 25 km entre o centro gerador da massa de resíduo e o aterro sanitário, ou em caso de cidades de menor população, porém com tráfego rodoviário muito lento, distância menor ou igual a 20 km. Nesse caso há necessidade de se criar estações de transferências a fim de se agilizar o deslocamento de resíduos.

O Centro de Estudos e Pesquisas Urbanas - CPU/IBAM (1998) - destaca dentre os critérios para indicar as áreas apropriadas à construção do aterro sanitário que a localização não deve estar acima de 15 km da zona de coleta; e deve estar afastada no mínimo 2 km de zonas residenciais, as vias de acesso devem estar em boas condições, estar afastado de aeroportos, longe de nascentes e cursos d'água, apresentar redes de energia, telefone e outros serviços.

Para este estudo, o distanciamento do aterro sanitário, a partir do centro geométrico da sede municipal, foi estabelecido em 20 km por questão de economia, pois agiliza os serviços de coleta e transporte final dos resíduos até o aterro sanitário. Por questão de segurança de voo, foi também traçado um raio de exclusão de 13 km em relação ao aeroporto do município.

Figura 5.4 – Mapa com a delimitação dos raios de abrangência em relação a sede e ao aeroporto municipal



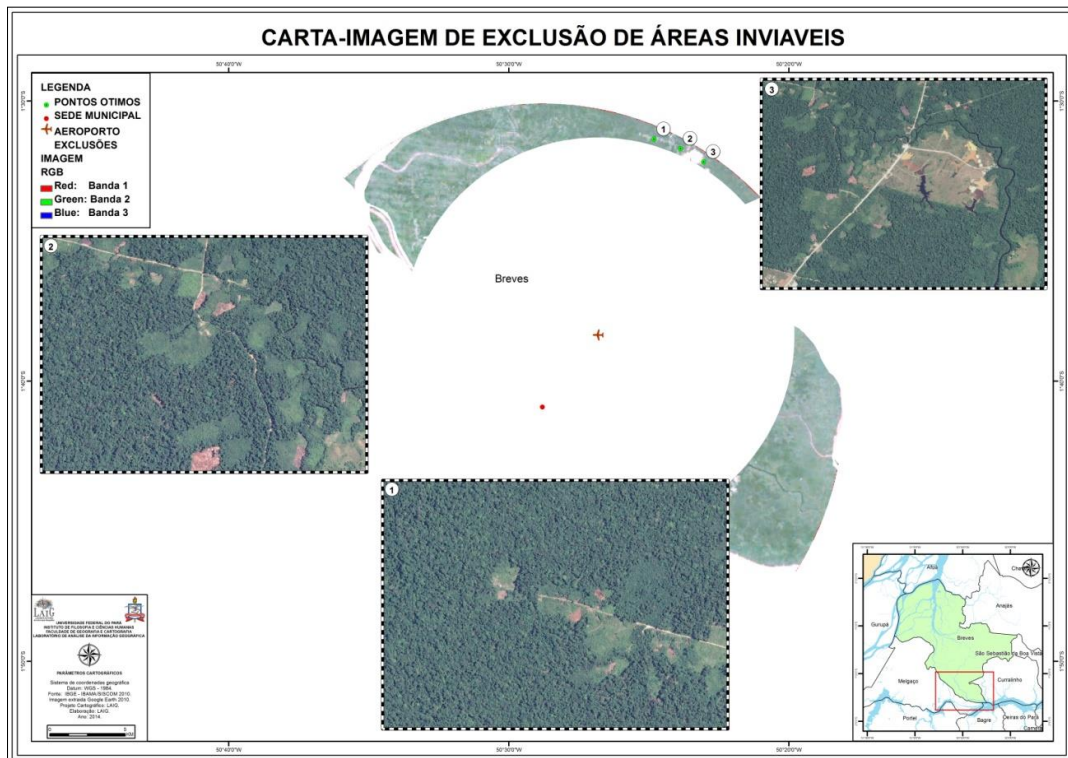
Fonte: IBGE (Acioly; Salazar, 2015)

5.4 Exclusão de áreas consideradas inviáveis a implantação do aterro sanitário

Foram excluídas dos objetivos deste trabalho todas as áreas localizadas fora do limite de 20 km, tendo-se como centro geométrico a sede do município, pois onerariam os gastos com deslocamento do veículo coletor de resíduos, assim como aquelas inseridas na radiação de 13 km, tomando o aeroporto como centro, pois foram consideradas muito próximas do mesmo, conforme a Resolução CONAMA N° 004/95. Foram também excluídas as com proximidades a corpos hídricos superficiais, restando assim uma pequena área viável a ser trabalhada.

Além disso, é importante ressaltar que nas proximidades das áreas excluídas existe grande presença de corpos d' hídricos superficiais e vegetação nativa, principalmente na região inferior do raio de abrangência de onde foram excluídas todas as áreas conforme Figura 5.3.

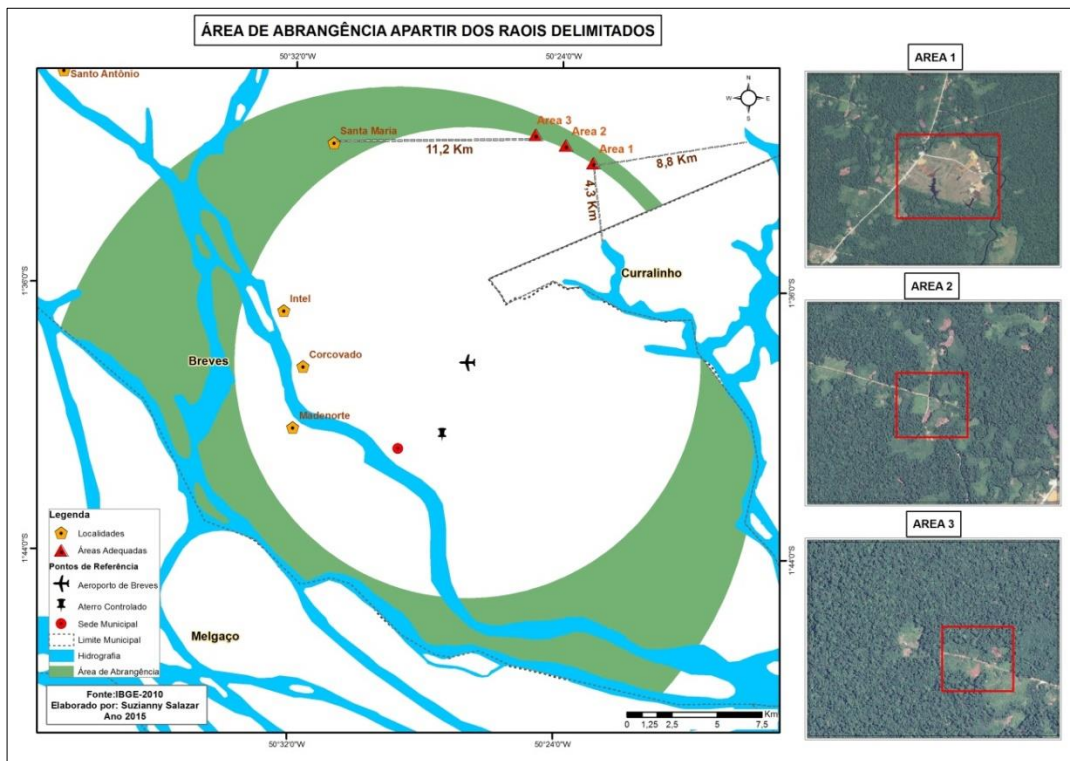
Figura 5.5 – Carta imagem com destaque de exclusão de áreas inviáveis e sugestão das possíveis de ser implantado o aterro sanitário



5.5 Pré-Seleção de áreas para a implantação do aterro sanitário

Como estratégia de escolha, por questões ambientais e econômicas foram dadas prioridades para áreas já antropizadas e com existência de vias de acesso já implantadas. Então, após a delimitação dos raios de abrangência em relação à Sede e ao aeroporto foram pré-selecionadas três áreas consideradas viáveis na parte nordeste do mapa conforme a Figura 5.6. As áreas pré-selecionadas - Área 01; Área 02 e Área 03 - estão em destaque à direita da Figura. A parte inferior do raio foi considerada inviável devido a grande presença de vegetação nativa e coleções hídricas.

Figura 5.6 – Localização e ampliação das áreas viáveis a construção do aterro sanitário



Fonte: IBGE (Acioly; Salazar, 2015)

Conforme a Figura 5.6 é possível observar também que dentre as três áreas pré-selecionadas destacadas a que melhor se enquadra às considerações de distanciamento de núcleos habitacionais; coleções hídricas superficiais; vias de acesso; tamanho da área e grau de antropização é a Área 01. Esta é a mais distante da comunidade Santa Maria, evitando-se, dessa forma, inconvenientes de propagação de odores; é a maior das áreas encontradas 1,06 km² que possibilita uma maior vida útil ao aterro; é mais antropizada não havendo necessidades de suprimir vegetação nativa; além disso, possui via que dá acesso a PA 159 que é uma das principais vias do município, o que facilita o transporte dos resíduos, portanto, esta é a área mais adequada à construção do aterro sanitário.

A Área 2 é a segunda mais antropizada, apresenta boa via de acesso, encontra-se a uma distância superior a 11,2 km da comunidade Santa Maria, no entanto é a menor das áreas (0,18 km²). A Área 3 comparada as outras duas, apresentadas anteriormente, apresenta a segunda maior área, localizada com 0,27 km²; possui uma pequena via de acesso; encontra-se a uma distância de 11,2 km da localidade Santa Maria.

Quanto ao distanciamento do aterro sanitário em relação a núcleos habitacionais o limite estabelecido pela Norma Técnica ABNT-13.896/97 preconiza no mínimo 500 metros de

núcleos habitacionais, dessa forma, não há problemas de inconvenientes com a propagação de maus odores para nenhuma das áreas pré-selecionadas.

5.6 Criação e aplicação de notas a parâmetros previamente definidos para a seleção da melhor dentre as áreas pré-selecionadas

Santos e Girard (2007), em seus estudos de localização de áreas para a instalação de aterro sanitário, utilizaram a metodologia de gerar notas às regiões dos mapas, conforme distanciamentos em relação a rios, estradas, zona urbana e aeroportos. Seguindo o raciocínio desta metodologia, neste estudo foram criadas variáveis para distanciamento de núcleos habitacionais; coleções hídricas superficiais; características pedológicas; e tamanho das áreas pré-selecionadas. A cada uma destas variáveis foram inseridas notas que variam de 1 a 3 (Ver tabela 5.1) e que por sua vez indica o grau de condições da área para que seja implantado o aterro.

Em que:

Nota: 1 – Regular

2 – Boa

3 – Adequada

Tabela 5.1 – Notas atribuídas a cada variável das áreas pré-selecionadas

ÁREAS	PARÂMETROS				TOTAL
	Distanciamento de Comunidades Habitacionais	Afastamento de Corpos Hídricos Superficiais	Características Pedológicas	Tamanho das áreas pré-selecionadas	
Área 1	3	3	3	3	12
Área 2	3	3	3	2	11
Área 3	3	3	3	1	10

Fonte: Acioly (2016)

De acordo com a Tabela 5.1, os parâmetros receberam notas a partir de todas as observações destacadas na Figura 5.6, ou seja, as áreas pré-selecionadas por encontrarem-se próximas não houve diferença expressiva na totalidade. Dentre as áreas pré-selecionadas é possível observar que apenas o parâmetro tamanho das áreas é que apresentou diferença.

5.7 Definição de área a partir do maior valor de notas obtidas na equação

Depois de atribuídas notas a cada um dos parâmetros das áreas pré-selecionadas, a partir da equação (1) obteve-se o maior valor de notas que representa a melhor das áreas pré-selecionadas para a construção do aterro sanitário do município conforme mostra a Tabela 7.

Tabela 5.2 – Resumo das notas atribuídas às áreas pré-selecionadas ao mapa final temático

Áreas pré-selecionadas	Soma das notas das áreas pré-selecionadas
APS₁	12
APS₂	11
APS₃	10

Fonte: Acioly (2016)

Conforme o resumo das notas apresentadas na Tabela 5.2, é possível concluir que a APS₁ (Área pré-selecionada 1) apresenta a maior das notas e, portanto, a melhor dentre as áreas para a implantação do aterro sanitário municipal. Após a definição da área foram analisadas as características naturais a fim de auxiliar na definição do projeto executivo.

5.7 Características naturais da área escolhida

Dentro do raio de estudo de 20 km em relação à sede municipal e após a pré-seleção das áreas, foram confeccionados mapas apresentando as características de elevação das áreas, o mapa geomorfológico, pedológico e de vegetação.

As características apresentadas a seguir não foram levadas em consideração para a escolha da área do aterro sanitário, mas apresentam importância auxiliar quanto à definição do projeto executivo e a operação e a manutenção do dele.

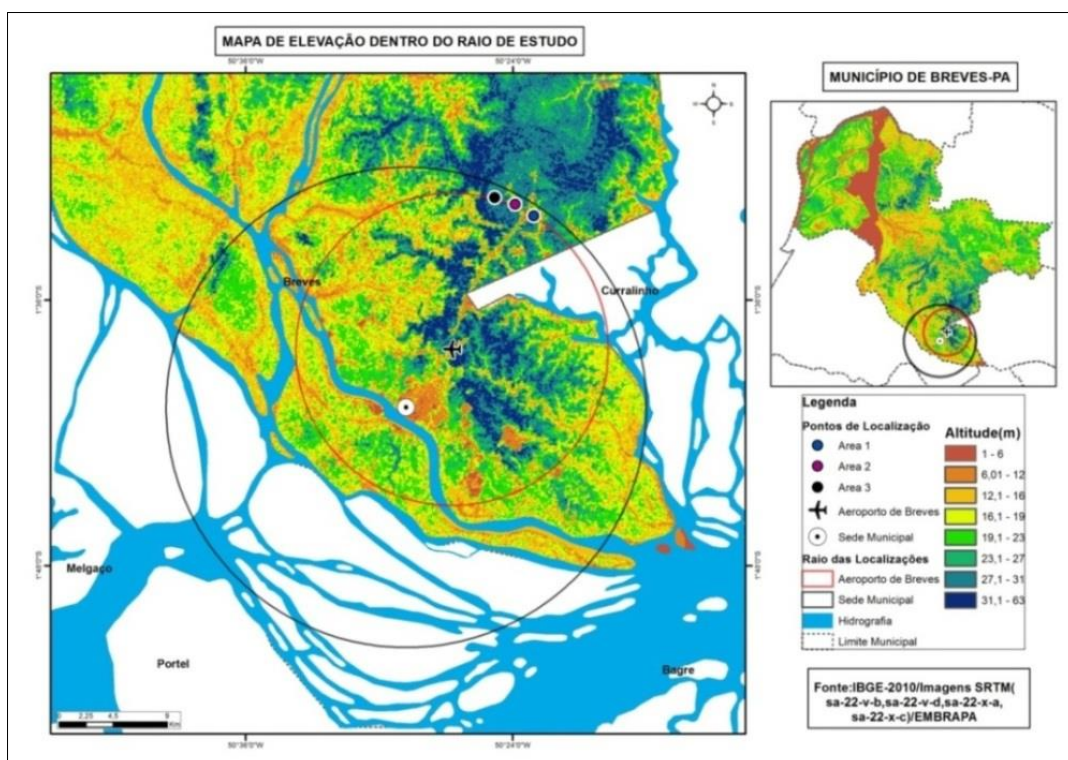
5.7.1 Características de Elevação

A Figura 5.7 apresenta um mapa com as características de elevação do município de Breves/PA. Conforme a Figura pode-se observar uma variação de elevação das cotas topográficas (ou cotas altimétricas) na faixa de 1 a 63 metros.

No raio de abrangência do estudo, as áreas que se encontram na faixa de 1-12 metros são as que apresentam as menores elevações e, portanto próximas às bacias de drenagens (rios, igarapés etc.). As três áreas pré-selecionadas encontram-se na faixa de altitude mais elevadas, cujas cotas variam entre 27-63 metros. No entanto, na prática, é sabido que a região não apresenta esta elevação, ou seja, são áreas predominantemente planas. Isso se explica, provavelmente, pelo fato de ter sido feita a leitura satélite da copa das árvores.

Ibanez *et. al* (2007) relatam que em imagens convencionais de sensoriamento remoto na região Amazônica, devido a densa cobertura vegetal mascara feições sutis do relevo, limitando a interpretação geológica.

Figura 5.7 – Mapa com características de elevação do município de Breves-PA



Fonte: IBGE (Acioly; Salazar, 2015)

Outro aspecto que comprova que as áreas pré-selecionadas encontrarem-se nas porções mais elevadas é devido nesta região existirem menos mananciais. Portanto, do ponto de vista

técnico encontram-se no local ideal, pois possuem material suficiente para o recobrimento das células de resíduos do aterro sanitário.

5.7.2 Características Geológicas e Geomorfológicas

Na Figura 5.8, é apresentado um mapa com as características geomorfológicas do município, nela pode-se observar a predominância das categorias naturais de Planície e terraços fluviais; um pequeno trecho de Pediplano retocado inumado, Planos abaciados de inundação e Planície fluvial.

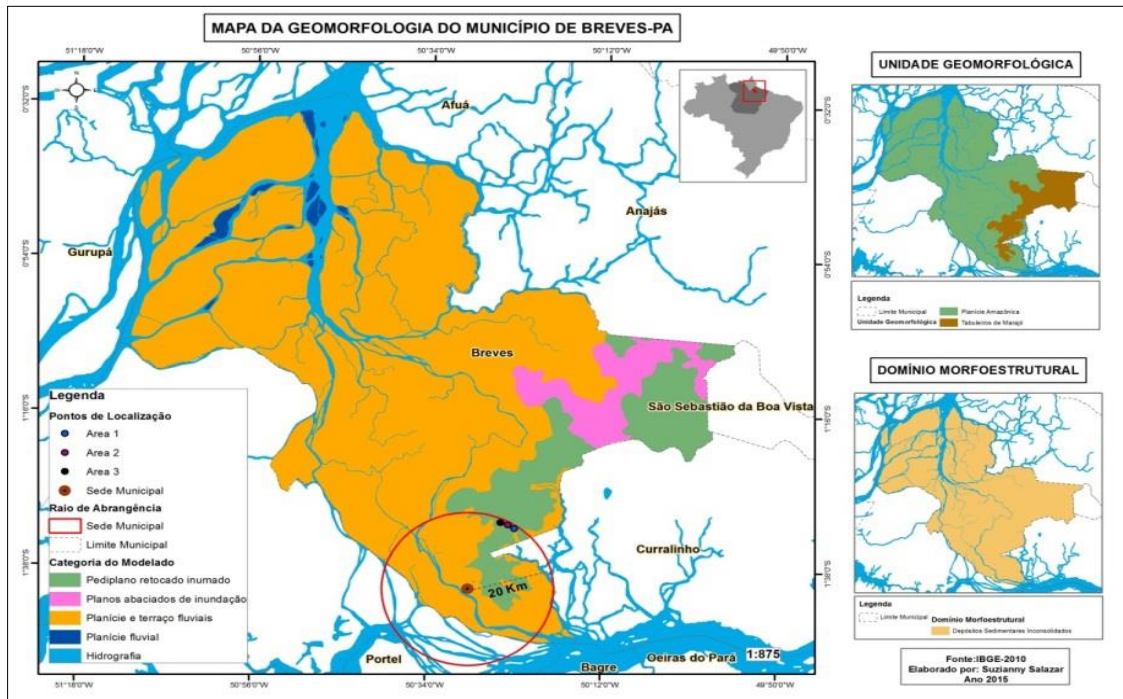
Dentro do raio de 20 km, objeto deste estudo, é possível observar a predominância de Planície e terraços fluviais e uma pequena porção de Pediplano retocado inumado, onde foram localizadas as três áreas pré-candidatas. Estas características geomorfológicas foram destacadas respectivamente nas colorações amarelo e verde.

Pediplano Retocado Inumado apresenta superfície de aplanamento elaborada durante fases sucessivas de retomada de erosão, sem, no entanto perder suas características de aplanamento cujos processos geram sistemas de planos inclinados, às vezes levemente côncavos (IBGE, 2009). O termo superfície de aplanamento é relativo a porções continentais caracterizados por relevo plano, ou suavemente ondulado, modelado pela ação da erosão subaérea e que trunca indistintamente estruturas geológicas de natureza e resistência diferenciada (OLLIER, 1981).

De acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico, a estrutura geológica do município de Breves é constituída por sedimentos quaternários subatuais que proporcionam a formação de um relevo simples constituído por várzeas e terraços. Insere-se na unidade morfoestrutural, conhecida como Planalto Rebaixado da Amazônia (Baixo Amazonas). As altitudes são bem modestas, considerando a homogeneidade geológica na sede, onde se encontra um dos mais altos pontos do Município, a cota é de 16 metros, enquanto áreas com níveis inferiores são encontradas nas várzeas.

A compreensão da geomorfologia da área permite mostrar as características de relevo, que no caso do município de Breves é plano. Um tipo de intervenção, como a construção de um aterro sanitário, necessita do conhecimento da paisagem física a fim de delimitar precisamente as áreas de proteção ambiental (mananciais, vegetação), áreas com riscos de erosão, bem como as com riscos de enchentes.

Figura 5.8 – Mapa com as características geomorfológicas do município de Breves-PA



Fonte: IBGE (Acioly; Salazar, 2015)

Dentro do raio de abrangência do estudo também é possível observar que o aspecto de unidade geomorfológica, também apresentado na Figura 5.8 encontra-se na Planície Amazônica e Tabuleiro de Marajó, e o domínio morfoestrutural destaca-se predominantemente por Depósitos Sedimentares Consolidados.

5.7.3 Características Pedológicas

Conforme a Figura 5.9 existe a predominância de solo do tipo Gleissolo, no entanto, as três áreas candidatas e pré-selecionadas encontram-se numa porção de solo do tipo Latossolo Amarelo que enquadra as três áreas, portanto receberam o mesmo peso devido apresentarem as mesmas características de solo.

Durante a confecção do mapa pedológico do município destacou-se dentro das características gerais a existência de Gleissolo e uma pequena porção de Latossolo Amarelo. Quanto à textura existe a presença de textura argilosa/siltosa e uma pequena porção da média. Quanto ao relevo é plano predominantemente com a presença de porções hidrográfica.

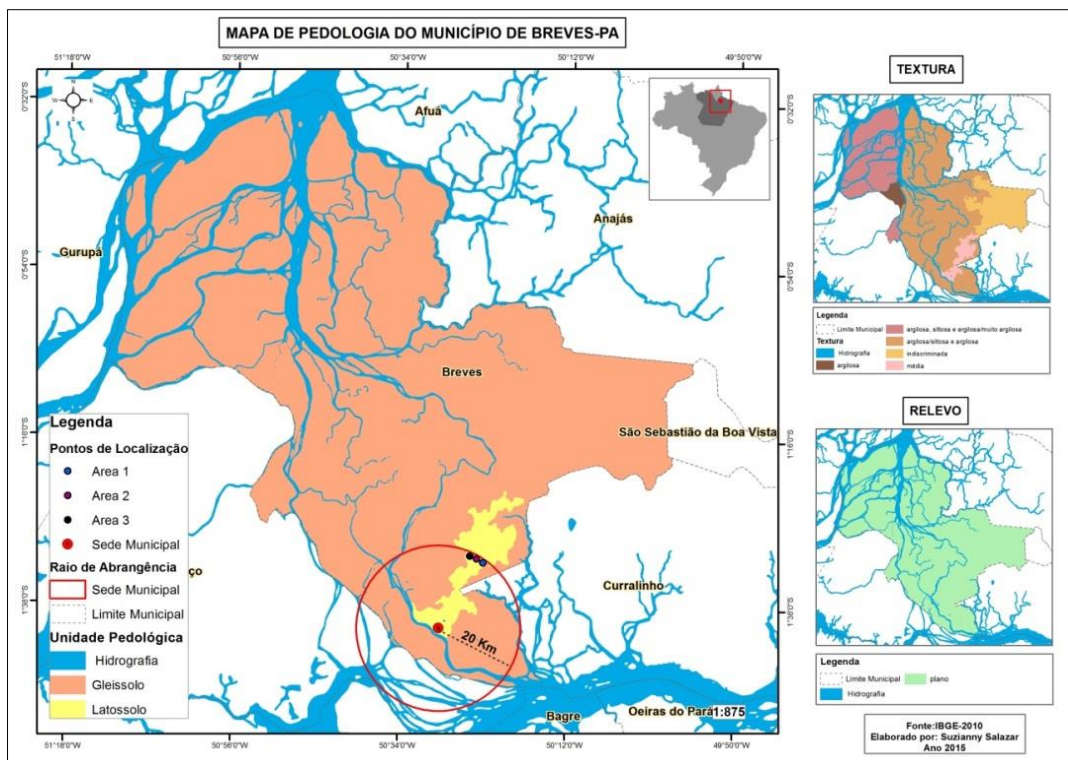
Compreender o tipo de solo é um dos fatores determinantes na construção de um empreendimento como aterro sanitário, pois nele ocorrem os processos de depuração dos

resíduos, além de ser o responsável pela capacidade de infiltração dos líquidos percolados provenientes da decomposição dos resíduos.

Zanon (2014) relata que os solos lateríticos, mesmo com elevada porosidade no estado natural, podem apresentar coeficientes de condutividade hidráulica baixa, quando adequadamente compactados, mesmo nas variedades mais arenosas.

Mc Caulou & Huling (1999) afirmam que, em geral, os solos com alto teor de argila apresentam baixa permeabilidade e, em razão disso, são frequentemente usados como barreiras naturais e artificiais em sítios de disposição de resíduos para limitar o escape dos contaminantes, tanto para os lençóis de água como para o solo. É de fundamental conhecer algumas características físicas e físico-químicas dos solos argilosos, para compreender melhor sua função na impermeabilização e retenção/atenuação de lixiviados gerados nas células dos aterros.

Figura 5.9 – Mapa com as características pedológicas do município de Breves-PA



5.7.4 Características de Vegetação

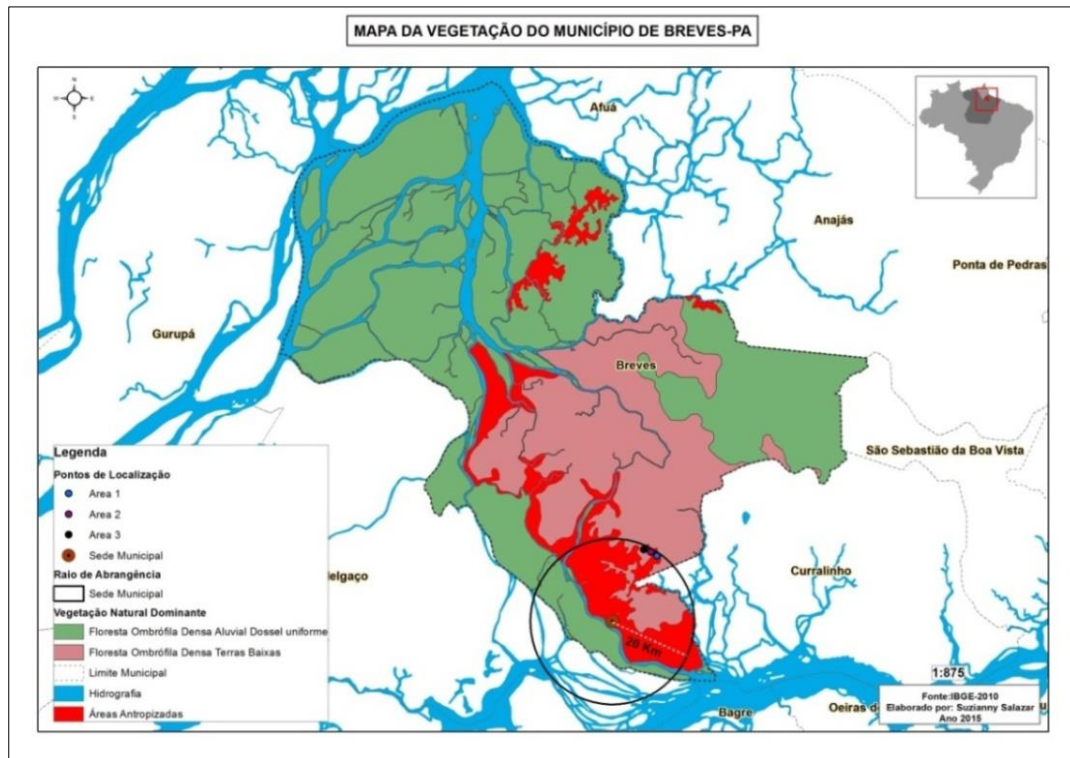
O mapa de vegetação confeccionado e apresentado na Figura 5.10 ilustra os tipos de vegetação natural dominantes em todo o município, quais sejam: Floresta Ombrófila Densa Aluvial Dossel Uniforme, destacada na coloração verde, e Floresta Ombrófila Densa Terras Baixas, na coloração rosa. Dentro do raio de estudo de 20 km é possível notar que as três áreas pré-selecionadas estão situadas na Floresta Ombrófila Densa Terras Baixas e nas áreas antropizadas destacadas respectivamente nas colorações verde e vermelha. Esta última é situada predominantemente nas proximidades da sede municipal e foram priorizadas a fim de se evitar a remoção de vegetação nativa para implantação do aterro.

Segundo o IBGE (1991), as Florestas Ombrófilas Densa Terras Baixas apresentam características ombrotérmicas associadas aos fatores climáticos tropicais de elevadas temperaturas (médias de 25°C) e de alta precipitação bem distribuída durante o ano. No entanto, em atividade de aterro sanitário o recobrimento do solo proporciona a melhor proteção contra a erosão laminar e contra a ação do vento. A utilização inadequada da vegetação, objetivando o recobrimento do solo, pode ocasionar resultados negativos em termos de conservação deste recurso natural (MORGAN; RICKSON, 1995).

Souza *et al* (2001) afirma que uma das mais eficientes maneiras de amenizar os problemas de erosão é com a aplicação de uma cobertura que atue no sentido de minimizar a perda de solo, seja ela por escorregamento ou pela presença de feições erosivas. De uma maneira geral, as formas de cobertura vegetal mais utilizadas são: palha, cavacos de madeira, leguminosas e gramíneas.

A vegetação funciona como um importante agente de impedimento físico à ação dos processos erosivos sobre os taludes das células de resíduos. Bertoni *et al* (1990) afirmam que a cobertura vegetal é a defesa natural de um terreno contra a erosão por meio dos seguintes benefícios: a) proteção direta contra o impacto das gotas de chuva; b) dispersão da água, interceptando-a e evaporando-a antes de atingir o solo; c) decomposição das raízes das plantas que, formando canalículos no solo, aumenta a infiltração de água; d) melhoramento da estrutura do solo pela adição de matéria orgânica, aumentando assim sua capacidade de retenção de água; e) diminuição da velocidade de escoamento da enxurrada pelo aumento do atrito na superfície.

Figura 5.10 – Mapa com as características de vegetação do município de Breves-PA



Fonte: IBGE (Acioly; Salazar, 2015)

6 CONCLUSÃO

A destinação final dos resíduos em aterros controlados e/ou lixões é uma forma ambientalmente inadequada, pois as contaminações do solo e do lençol freático continuam ocorrendo devido, ambos os processos, não receberem camada impermeabilizante antes da disposição dos resíduos. Portanto, estas formas de destinação final de resíduos não evitam a prevenção da poluição.

O município de Breves possui hoje um lixão, como forma de destinação final dos seus resíduos sólidos, que se encontra localizado em área imprópria devido a sua proximidade ao centro urbano e a corpos d'água superficiais. Diante disso, surgiu a necessidade de se localizar uma área adequada, do ponto de vista ambiental e econômico, para que seja implantado o aterro sanitário municipal, que é uma das formas corretas de destinação final dos resíduos, após a delimitação dos buffers ou raios de abrangência de 20 km, cuja distância foi adotada para garantir a viabilidade econômica da localização do aterro, assim como a existência de vias de acesso, e a identificação das áreas antropizadas.

O resultado da “melhor” área foi obtido a partir da aplicação de notas a parâmetros pré-definidos, segundo critérios próprios, quais foram: (a) distanciamento de comunidades habitacionais; (b) afastamento de corpos hídricos superficiais; (c) características pedológicas; e (d) tamanho das áreas pré-selecionadas. Constatou-se que as três áreas por encontrarem-se fisicamente no mesmo sítio, apresentaram os valores do somatório das notas pré-definidas para escolha da “melhor”, muito próximos.

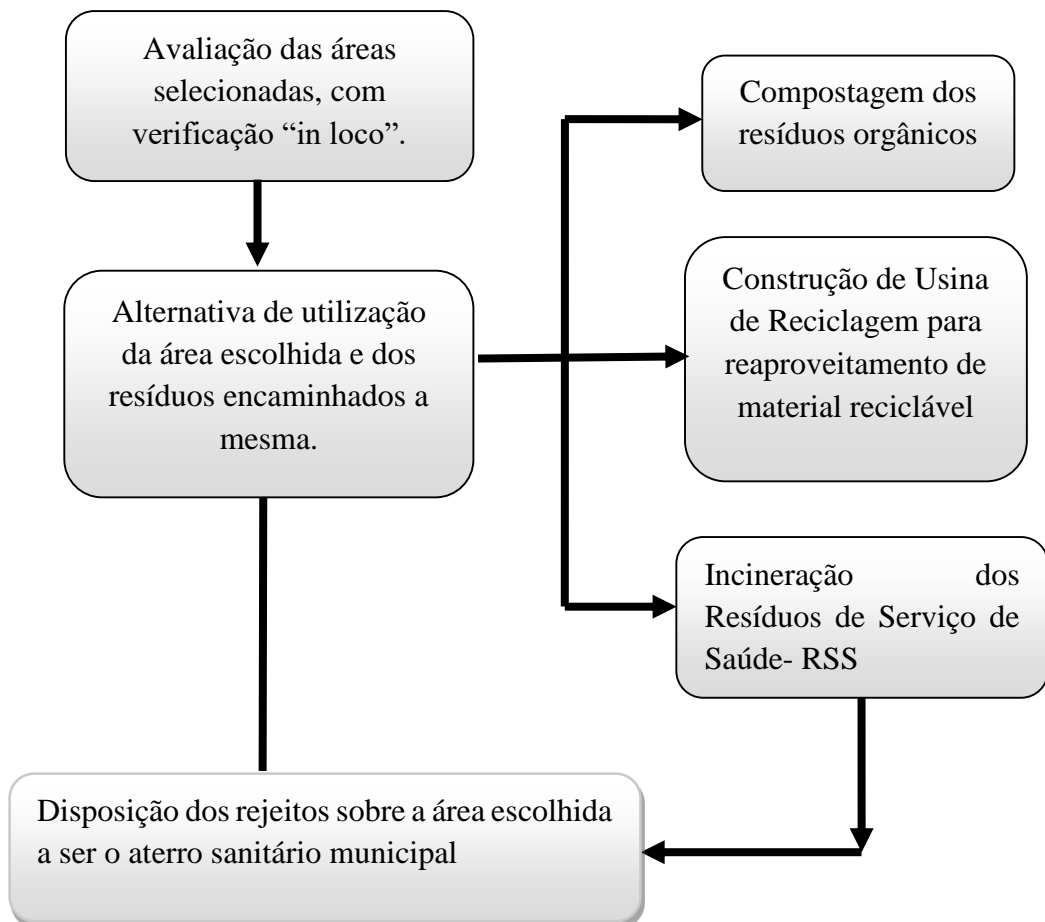
Dentre as três áreas pré-selecionadas a que melhor se enquadrava as definições estabelecidas foi a Área 1, posto que: (a) é a que se encontra mais distante da comunidade Santa Maria, a comunidade habitacional mais próxima das áreas pré-selecionadas; (b) é a maior das áreas, com 1,06 km²; (c) é a mais antropizada; e (d) já possui via que dá acesso a PA 159, uma das principais vias do município, o que facilita o transporte dos resíduos.

Na aplicação da segunda parte da metodologia deste trabalho, para escolha da “melhor” dentre as áreas pré-selecionadas, as características naturais delas (representada pela característica pedológica, na equação), por se apresentarem num mesmo sítio, foram um aspecto que também não apresentou diferença significativa no somatório das notas atribuídas, sugerindo, a princípio, que esta metodologia (de aplicação de notas) não apresentou efeito para o estudo no município de Breves. Entretanto, é possível que aplicada em outro município, com características naturais diferentes, onde as áreas pré-selecionadas estejam em pontos diferentes, e com a análise de outros parâmetros talvez seja mais eficaz que no município estudado.

Em um método convencional este trabalho demandaria primeiramente o deslocamento de equipes para o local a fim de localizar uma área para a construção do aterro, sem seguir precisamente os critérios técnicos e ambientais. A utilização do Sistema de Informação Geográfica – SIG como uma ferramenta de geoprocessamento foi fundamental na escolha dessas áreas, pois a partir do cruzamento de imagens e informações permitiu uma visão ampla e precisa do local de estudo, garantindo assim menos despesas com recursos e deslocamento de pessoal para a realização do trabalho.

Com a definição da “melhor” área para a construção do aterro sanitário do município de Breves sugere-se, que em trabalhos futuros, sejam realizadas ações que visem o gerenciamento dos resíduos e a destinação final dos rejeitos, seguindo as etapas apresentadas no fluxograma a seguir.

Figura 6.1: Fluxograma que ilustra as ações a serem tomadas após a definição da possível área para a construção do aterro sanitário



Conforme demonstra o fluxograma a intenção é que sejam reaproveitados os resíduos orgânicos no processo de compostagem; que os materiais recicláveis sejam encaminhados a usina de reciclagem a fim de que sejam reaproveitados; que os resíduos de Serviço de Saúde-RSS sejam incinerados e por fim que sejam encaminhados ao aterro sanitário apenas o rejeito de todo este processo de separação dos resíduos.

Sugere-se também o acompanhamento por uma equipe interdisciplinar que possa executar um projeto de implantação de um aterro sanitário, a fim de uma compreensão melhor de todos os fatores e riscos ambientais envolvidos, e assim minimizar os impactos ambientais inerentes ao processo.

REFERÊNCIAS

ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistemas de Informações Geográficas – Aplicações na Agricultura**. Brasília, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 10004: **Resíduos Sólidos** – classificação. Rio de Janeiro, 2004.

_____. NBR 8419: **Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos Urbanos: procedimento**. Rio de Janeiro, 1992.

_____. NBR 13896: **Aterros de resíduos não perigosos – Critérios para projeto, implantação e operação**. Rio de Janeiro, 1997.

BARTHOLONEU, D.B. **Desenvolvimento sustentável e a questão dos resíduos sólidos** In: BARTHOLONEU, D.B.; CAIXETA Filho, J.V. (Org.). **Logística ambiental de resíduos sólidos**. São Paulo: Atlas, 2011.

BARTHOLONEU, D.B.; BRANCO, J.E. H; CAIXETA Filho, J.V. (Org.). **Logística de transporte dos resíduos sólidos**. In: BARTHOLONEU, D.B. BRANCO, J.E. H; **Logística ambiental de resíduos sólidos**. São Paulo: Atlas, 2011.

BINODE, F.R.A.; POVINELLI, J. **Conceitos básicos de resíduos sólidos**. São Carlos: EESC/USP.1999.120p.

BRAGA, J. O. N. *et al.* **O uso do geoprocessamento no diagnóstico dos roteiros de coleta de lixo da cidade de Manaus** - Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental - Vol.13 - Nº 4 - out/dez 2008, 387-394.

BRASIL.(2010). Lei nº 12305 de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos no Brasil**. Diário Oficial da União, Brasília-DF, 02 de agosto de 2010.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB** (2008). Rio de Janeiro, 2010.

BRASIL. Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada- IPEA. **Relatório de Pesquisa sobre o diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos**. Brasília, 2012.

BROLLO, M. J. **Seleção de áreas para implantação de aterros sanitários**. In: RESID'2004 Seminário sobre Resíduos Sólidos, 2004, São Paulo. *Anais*. São Paulo: ABGE, 2004.

BORGES, M. E. **Dificuldades e soluções para o gerenciamento dos sistemas de limpeza urbana**. (2011). In: FORATTINI, G. D. A contribuição do IBAMA para a questão ambiental municipal. Disponível em: < <http://www.ecoambiental.com.br/gestão-ambiental-municipal.htm>>. Acesso em 20/06/2014.

BURNLEY *et al.* **Assessing the composition of municipal solid waste in Wales**, *Resour. Conserv. Recycl.* (2007).

BURROUGH, P. A.: **Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment**. Oxford University Press, New York, 1994.

CASTILHOS JUNIOR, Armando Borges. **Resíduos Sólidos Urbanos: Aterro sustentável para Municípios de Pequeno Porte**. Florianópolis/SP (2003).

CÂMARA *et al.* **Introdução à ciência da geo- informação**. São José dos Campos: INPE. 2001.

CÂMARA, G. **Modelos, Linguagens e Arquiteturas para Bancos de Dados Geográficos**. São José dos Campos: UNICAMP, 1995. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Geoprocessamento, Universidade de Campinas, São Paulo, 1995.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. **Geoprocessamento para Projetos Ambientais**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, São José dos Campos, 1996.

CAMARGO, M. U. C. Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) como Instrumento de Gestão em Saneamento. Rio de Janeiro, 1997.

CAVALCANTE, D. Análise Ergonômica do Trabalho para os Postos de Coletores e Mooristas. Manaus, 2007.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE- CONAMA, RESOLUÇÃO Nº 01/1986- Critérios para elaboração de Estudo de Impacto Ambiental- EIA e Relatório de Impacto Ambiental – RIMA, Janeiro de 1986.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE- CONAMA, RESOLUÇÃO Nº 4/1995- Estabelece as Áreas de Segurança Portuária – ASAS. 1995.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE- CONAMA, RESOLUÇÃO Nº 237/97– Critérios para o Licenciamento Ambiental. Brasília – DF, 19 de dezembro de 1997.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE- CONAMA, RESOLUÇÃO Nº404/2008- Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos. 2008.

CREA-PR. Guia para Elaboração de Projetos de Aterros Sanitários para Resíduos Sólidos Urbanos. Dezembro/2009.

CHRISTOFOLETTI, A. Modelagem de Sistemas Ambientais. 1º ed., São Paulo, Edgard Blücher, 236p. 1999.

CHRISTOFOLETTI, A.; TEIXEIRA, L. A. Sistemas de Informações Geográficas: Dicionário Ilustrado.

DANTAS, A. S. Sistemas de Informação Geográfica em transporte: estudo da arte. In: Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, Brasília, 1996. Anais.

ESRI– Environmental Systems Research Institute, Inc. Shapefile Technical Description, An ESRI White Paper, July 1998.

FILHO, M.J,C *et al.*; **Manual técnico de vegetação brasileira 2º Edição revista e ampliada/** Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais – Rio de Janeiro. 2012.

FRANCISCO, N.C. **Sistemas de Informações Geográficas- SIG Cidades: Mapeamento de Áreas Protegidas.** Instituto de Geociências - Departamento Análise Geoambiental Niterói, julho 2014.

FRÉSCA, Fábio Rogério Carvalho. Estudo da Geração de Resíduos Sólidos Domiciliares no município de São Carlos, SP, a partir da caracterização física. São Paulo, 2007. 134p. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-09042008-111912/>>. **Acesso em: 2015-10-05.**

GANDELINI, L. **Localização de aterros sanitários e lixões no Estado de São Paulo, considerando padrões ambientais distintos: uma aplicação de modelos matemáticos de otimização.** Piracicaba, 2002. Monografia (B. S.). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo.

GODOY, Manoel Carlos Toledo Franco. **Mapeamento geotécnico preliminar da região urbana de Presidente Prudente - SP.** 1989. 108p. Dissertação (Mestrado em geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

GOMES, Luciana Paulo et al.; **Verificação de critérios técnicos utilizados para a Seleção de áreas para disposição de resíduos sólidos Urbanos.** XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES. Rio de Janeiro, 2000.

GRIPPI, Sidney. **Lixo, reciclagem e sua história: guia para prefeituras brasileiras.** Rio de Janeiro (2001).

GREGÓRIO et al. **Avaliação de áreas para instalação de aterro sanitário no município de Barreiras, Bahia.** Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR-Foz do Iguaçu-PR, Abril, 1013, INPE.

GUADAGNIN, M. R. **Caracterização quantitativa e qualitativa dos resíduos sólidos domiciliares: O método de quarteamento na definição da composição gravimétrica em Cocal do Sul- SC- Brasil.** In: 3º SEMINÁRIO REGIONAL SUL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 2009.

HADDAD, J. F. **Projeto de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos e especiais. Indicadores operacionais. Análise de projeto para gestão integrada de resíduos sólidos urbanos.** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1999. 10 p. (ABES).

HOFF, R; VACCARO, S; KROB, D. J. A. (2008). **Aplicação de geotecnologias — detecção remota e geoprocessamento — para a gestão ambiental dos recursos hídricos superficiais em Cambará do Sul.** Revista de Estudos Politécnicos. Vol. VI/ RS, Brasil- Abril, 2008.

JARAMILLO, J. **Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales.** 1 ed. Organización Panamericana de la Salud - Organización Mundial de la Salud, 1997.

JARDIM NS& WELLS C [COORD]. **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado.** São Paulo, SP. Instituto de Pesquisas Tecnológicas: CEMPRE, Publicação IPT 2163. 1995.

KONTOS, T. D. *et al.* **Siting MSW landfills with a spatial multiple criteria analysis methodology.** *Waste Management*, v. 25, n. 8, p. 818-832, October 2005.

LANZA, V. C. V. **Caderno Técnico de reabilitação de áreas degradadas por resíduos sólidos urbanos.** Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM): Fundação Israel Pinheiro, 2009. 28p.

LIMA, J. D. **Sistemas integrado de destinação final de resíduos sólidos urbanos**. Campina Grande. ABES/AIDS, 2005.277 P.

LINO, Isabela Coutinho. **Seleção de áreas para implantação de aterros sanitários**. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciência Exatas Rio Claro, SP, 2007.

LEITE, A.C. W *et al.* **Exigências para o licenciamento ambiental de áreas para a implantação de aterros sanitários no Brasil: a experiência do município de São Carlos, SP**. In: 7º CONGRESO MEDIO AMBIENTE, La Plata Argentina, 2012.

LUPATINI, G. **Desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão em escolha de áreas para aterros sanitários**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

MARÍN, E . L *et al.* **Identificação de locais adequados para aterro sanitário usando Sistema de Informação Geográfica**. Revista Física e Química da Terra Peças A/B/C – Volumes 37-39- Solos e águas subterrâneas restauração nas regiões tropicais e subtropicais: Uma visão geral internacional da Abordagem latino-americana. Morelos /México. 2012

MASSUNARI, I.S. **Pesquisa e Seleção de Áreas para Aterro Sanitário**. ABPL – Associação Brasileira de Resíduos Sólidos e Limpeza Pública. Revista Limpeza Pública, Acervo digital. 2000.

MONTEIRO, J. H. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. 204 p.

MORAES, Iranilda Silva et. at.; **A utilização do SIG como ferramenta para indicação de Áreas possíveis a implantação de aterro sanitário na Região metropolitana de Belém-Pa**. III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife – PE, 2010.

NARUO, M. K. **O estudo do consórcio entre municípios de pequeno porte para disposição final de resíduos sólidos urbanos utilizando Sistema de Informação Geográfica**. 283p. Dissertação (Mestrado)- Escola de Engenharia de São Carlos Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

NASCIMENTO, M. C. B. **Seleção de sítios visando a implantação de aterros sanitários com base em critérios geológicos, geomorfológicos e hidrológicos.** Dissertação (Mestrado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) – USP, São Paulo, 2001.

NUNES, J. *et al.* **SIG aplicado à escolha de áreas potenciais para instalação de aterros sanitários no município de presidente prudente.** Revista Brasileira de Cartografia. São Paulo, Abril, 2008.

OLIVEIRA, J. B. **Solos do Estado de São Paulo: descrição de classes registradas no mapa pedológico.** Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1999. 108p.

OLIVEIRA, P.T. S *et al.* **Geoprocessamento como ferramenta no licenciamento ambiental de postos de combustíveis.** Sociedade & Natureza, Uberlândia, Jun.2008.

OLLIER, Clifford David. **Tectonics and landforms. Geomorphology texts.** London: Longman Inc., 1981. 322p.

K. Naresh Kumar , Sudha Goe. **Characterization of Municipal Solid Waste (MSW) and a management plan proposed for Kharagpur, West Bengal, India.** Revista- Resources, Conservation e Recycling- Volume 53, Issue 3, janeiro de 2009.

REICHERT, G. A. **Aterro sanitário, projeto, implantação e operação.** Porto Alegre: ABES 2000.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento Tecnologia Transdisciplinar.** Juiz de Fora, Edição do Autor, 220p. 2000.

RODRIGUES, M. **Geoprocessamento: um retrato atual.** Revista Fator GIS. Curitiba, 1993.

ROHDE, G. M. **Método de seleção de áreas para aterros sanitários.** 1 ed. Porto Alegre: CIENTEC, 1989.

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

SANTOS, M. A. & NASCIMENTO, J. A. S.: **A inserção a variável ambiental no planejamento do território**. Revista da Administração Pública. V.26 n. 1. P 6-12.1992.

SILVA, J.SV. **Análise multivariada em zoneamento para planejamento ambiental. Estudo de caso: Bacia Hidrográfica do Rio Taquari MS/MT**. 2003. 307 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

VALÉRIO F. M. **Técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicadas ao planejamento regional**. In: Anais do VI Simpósio Nacional de Controle de Erosão; Presidente Prudente (SP), 1998.

VALLE, C. E. **Qualidade ambiental: o desafio de ser competitivo protegendo o meio ambiente**. 3. Ed. São Paulo: Pioneira Administração e Negócio, 2001.

VEDOVELLO R, BROLLO MJ, SILVA. **PCF. Avaliação da erosão como fator condicionante na seleção de áreas para disposição de resíduos. Uma abordagem a partir de compartimentação fisiográfica obtida em imagem de satélite**. In: Anais do VI Simpósio Nacional de Controle de Erosão; Presidente Prudente (SP). ABGE- FINEP; 1998. CD ROM.

VIEIRA, S. J. **Seleção de Áreas para o Sistema de Tratamento e Disposição Final dos Resíduos Sólidos de Florianópolis/SC**. Florianópolis, 1999. 126 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

XAVIER DA SILVA, J.; ZAIDAN, R. T. **Geoprocessamento e Análise Ambiental: Aplicações**. Rio de Janeiro, 2004.

ZANTA, V. M.; FERREIRA, C. F. A. **Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos. In Resíduos Sólidos Urbanos: Aterro Sustentável para Municípios de Pequeno Porte**. Castilhos Jr., A.B. (Coordenador). Rio de Janeiro: ABES, RIMA 2003, 280p. Cap.1.

ZUQUETE LV. **Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio físico: fundamentos e guia para exploração**. São Carlos (SP); 1993. (Tese de Livre Docência- Departamento de Geotecnia da Escola de Engenharia de São Carlos da USP).