



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS ANANINDEUA
FACULDADE DE TECNOLOGIA EM GEOPROCESSAMENTO

PRISCILA COSTA DOS SANTOS

**GEOPROCESSAMENTO APLICADO À ANÁLISE DE ADEQUABILIDADE PARA
ATERROS SANITÁRIOS NA REGIÃO IMEDIATA DE BELÉM – PA**

ANANINDEUA – PA
2017

PRISCILA COSTA DOS SANTOS

**GEOPROCESSAMENTO APLICADO À ANÁLISE DE ADEQUABILIDADE PARA
ATERROS SANITÁRIOS NA REGIÃO IMEDIATA DE BELÉM – PA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para a obtenção do título de Tecnólogo em Geoprocessamento pela Universidade Federal do Pará (UFPA) – Campus Ananindeua.

Orientador: Prof. Dr. Estêvão José da Silva Barbosa.

ANANINDEUA – PA
2017

*Dedico este trabalho à minha mãe, filhos
e esposo pelo incentivo e apoio nessa jornada.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus.

A minha mãe Maria Renilde por acreditar em mim e me apoiar sempre.

Ao meu esposo Marlon Almeida pelo total apoio e companheirismo.

Aos meus filhos Matheus e Naiane Almeida por serem minha inspiração para me tornar cada dia uma pessoa melhor e por serem minha razão de viver.

Ao meu irmão Rafael Sousa por sempre torcer por mim.

Ao meu orientador Estêvão Barbosa pela dedicação, apoio e principalmente paciência, sou eternamente grata.

Aos meus familiares, tios, primos, sobrinhos pela confiança.

E aos meus amigos por acreditarem e torcerem por mim.

GEOPROCESSAMENTO APLICADO À ANÁLISE DE ADEQUABILIDADE PARA ATERROS SANITÁRIOS NA REGIÃO IMEDIATA DE BELÉM – PA

PRISCILA COSTA DOS SANTOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para a obtenção do título de Tecnólogo em Geoprocessamento pela Universidade Federal do Pará (UFPA) – Campus Ananindeua, orientado pelo Prof. Dr. Estêvão José da Silva Barbosa.

Data: 16/03/2018

Hora: 10h 30min

Local: Campus Ananindeua da UFPA

Conceito: Excelente

Prof. Dr. Estêvão José da Silva Barbosa
UFPA – CANAN – FTG
Orientador

Geógrafa Kellem Cristina Prestes Melo
LABGEO / FTG / UFPA
Avaliadora Interna

Prof.^a MS Mara Líbia Viana de Lima
IFPA - Ananindeua
Avaliadora externa

RESUMO

A disposição final de resíduos sólidos é atualmente um dos grandes problemas enfrentados pelos municípios brasileiros. O descarte em locais inadequados traz consequências prejudiciais tanto para o meio ambiente, quanto para a saúde pública. Desta maneira, os impactos decorrentes especificamente da disposição final de resíduos sólidos podem ser mitigados através de estudos prévios na escolha de áreas aptas para instalação de aterros sanitários, pois, dentre as outras formas possíveis de disposição final (lixões e aterros controlados), o aterro sanitário é, potencialmente, o que se encontra mais adequado ambientalmente. O presente trabalho tem por objetivo fazer uma análise utilizando técnicas de geoprocessamento para verificar áreas adequadas para a instalação de aterros sanitários na Região Imediata de Belém (RI-Belém), Estados do Pará, tendo em vista a adequabilidade às normas que orientam os critérios básicos para sua localização. Para esta análise fez-se uso das normatizações da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e das resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Nesse contexto, com o respaldo das instruções legais, pretende-se mostrar como o geoprocessamento é ferramenta essencial na escolha de áreas para construção de novos aterros, numa perspectiva sistêmica, ambiental e aplicada. Em ambiente SIG será realizado um mapeamento relacionado com os critérios da NBR 13896/1995 e com as resoluções do CONAMA 04/1995 e 428/2010 e posterior será feita uma análise multicritério pelo método AHP, onde serão obtidas as áreas adequadas para implantação de aterros na RI-Belém.

Palavras Chaves: resíduos sólidos, aterro sanitário, PNRS, RI-Belém.

ABSTRACT

The final disposal of solid waste is currently one of the major problems faced by Brazilian municipalities. Disposal in inappropriate places brings harmful consequences for both the environment and public health. In this way, the impacts arising specifically from the final disposal of solid waste can be mitigated through previous studies in the choice of areas suitable for the installation of sanitary landfills, because, among the other possible ways of final disposal (dumps and controlled landfills), the sanitary landfill is, potentially, the which is more environmentally friendly. The present work aims to perform an analysis using geoprocessing techniques to verify areas suitable for the installation of sanitary landfills in the Immediate Region of Belém (RI Belém), State of Pará, Brazil, in view of the adequacy to the norms that guide the basic criteria for its location. For this analysis, use was made of the norms of the Brazilian Association of Technical Standards (ABNT) and the resolutions of the National Council for the Environment (CONAMA). In this context, with the support of legal instructions, it is intended to show how geoprocessing is essential tool in the choice of areas for the construction of new embankments, in a systemic, environmental and applied perspective. In a GIS environment, a mapping related to NBR 13896/1995 criteria and resolutions of CONAMA 04/1995 and 428/2010 and later, a multicriteria analysis will be carried out by AHP method, which obtained the appropriate areas for the implantation of landfills in the RI-Belém.

Keywords: solid waste, sanitary landfill, PNRS, RI-Belém.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Mapas

Mapa 1 – Mapa de Localização da Área de Estudo	17
Mapa 2 – Mapa de declividade da área de estudo	43
Mapa 3 – Mapa de solos da RI – Belém	44
Mapa 4 – Mapa de drenagens e UCs da RI – Belém	46
Mapa 5 – Mapa de áreas urbanas e localidades	48
Mapa 6 – Mapa de localização dos aeroportos e aeródromos da região	49
Mapa 7 – Mapa de áreas adequadas após aplicação do método AHP	50
Mapa 8 – Mapa de localização dos lixões e aterros de RI – Belém	52

Figuras

Figura 1 – Interface do Qgis: raster de drenagens	24
Figura 2 – Interface do Qgis: raster de solos	24
Figura 3 – Interface do Qgis – Easy AHP: Inclusão dos parâmetros	25
Figura 4 – Interface do Qgis – Easy AHP: matriz de comparação	26
Figura 5 – Classificação	27
Figura 6 – Fluxograma quanto à classificação do termo lixo	29

Quadros

Quadro 1 – Legislações e normatizações utilizadas no trabalho	18
Quadro 2 – Fluxograma sobre a metodologia aplicada no estudo	20
Quadro 3 – Diagnósticos sobre o gerenciamento de resíduos sólidos nas RI do Pará.....	39
Quadro 4 – Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos	40

Tabelas

Tabela 1 – Variáveis de restrições dos fatores	23
Tabela 2 – Comparação de fatores	25
Tabela 3 – Matriz de comparação dos fatores de adequabilidade para localização de aterros sanitários	26
Tabela 4 – Municípios com áreas disponíveis	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas.
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais.
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process.</i>
ASAs	Áreas de Segurança Aeroportuária.
CTPR	Centro de Tratamento e Processamento de Resíduos.
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais.
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente.
EIA	Estudo de Impacto Ambiental.
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa.
FTG	Faculdade de Tecnologia em Geoprocessamento.
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade.
IDEFLOR	Instituto de Desenvolvimento Florestal e da Biodiversidade do Estado do Pará
MDE	Modelo Digital de Elevação.
PEGIRS-PA	Plano Estadual de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Estado do Pará.
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos.
PNSB	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico.
RI Belém	Região Imediata de Belém.
RMB	Região Metropolitana de Belém.
SEMAS	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade.
SIG	Sistema de Informações Geográficas.
SINIR	Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos.
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento.
UC	Unidade de Conservação.
UFPA	Universidade Federal do Pará
VIA	Viabilidade de Implantação de Aterro.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. OBJETIVOS.....	15
2.1. Geral.....	15
2.2. Específicos.....	15
3. MATERIAIS E MÉTODOS	16
3.1. Área de Estudo	16
3.2. Levantamento Bibliográfico.....	18
3.3. Levantamento e Sistematização de Bases Cartográficas	19
3.4. Análise de Multicritérios e o Método AHP	21
3.5. Produção Cartográfica	27
4. A QUESTÃO DO LIXO NA REGIÃO IMEDIATA DE BELÉM.....	28
4.1. Definição e Classificação de Resíduos Sólidos	28
4.2. Situação dos Aterros Sanitários.....	31
4.3. Gerenciamento de Resíduos Sólidos na Região Imediata de Belém.....	38
5. IDENTIFICAÇÃO DE NOVAS ÁREAS DE ATERROS SANITÁRIOS NA REGIÃO DE INTEGRAÇÃO METROPOLITANA.....	42
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	54
REFERÊNCIAS.....	56

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a questão do lixo urbano se tornou um dos principais problemas ambientais, sendo que entre os fatores que mais contribuíram para esta realidade foram: o crescimento acelerado e concentrado da população em centros urbanos, o aumento da produção e do consumismo, e, em consequência, a maior geração de resíduos e rejeitos. Segundo Brollo e Silva (2001, p.2) “a sociedade moderna é extremamente consumista e se acostumou ao descartável, o que tem levado a uma enorme produção de lixo”.

A produção de resíduos e rejeitos tem gerado vários impactos ambientais expressivos, por conta da sua disposição final, a qual, segundo dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), realizada pelo IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, em 2008, dava-se principalmente em vazadouros a céu aberto, os conhecidos lixões, que correspondiam ao destino final de 50,8% dos resíduos sólidos produzidos no País.

Segundo dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE, em 2016 foram gerados no Brasil 78,3 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos, com 214.405 t/dia para geração total, e 1,040 kg/hab/dia para geração per capita. Os aterros sanitários receberam 114.189 t/dia, os aterros controlados 47.315 t/dia, e os lixões 33.948 t/dia, representado 58,4%, 24,2% e 17,4% respectivamente.

Assim, e apesar da instalação de diversos aterros no País, constata-se que a disposição final do lixo urbano no Brasil ainda ocorre de forma inapropriada, em ambientes inadequados, elevando o potencial de impactos não só ecológicos, como para a saúde humana. Brollo e Silva (2001, p.6) afirmam a este respeito que:

O tratamento e a destinação final dos resíduos sólidos ainda são soluções imediatistas, fundamentadas no simples descarte, onde predominam os lixões a céu aberto que contribuem para deterioração ambiental.

Em face desta problemática, destacam-se alguns instrumentos de regulação para a questão do lixo urbano, dentre os quais a própria Constituição Federal, que atribui ao poder público local a competência de gerir os resíduos produzidos nos municípios (BRASIL, 1988), e a Lei nº 11.445/2007, que estabeleceu as diretrizes nacionais para o saneamento básico, tendo como um dos seus princípios o manejo de resíduos

sólidos realizados de modo adequado à saúde pública e à proteção do meio ambiente (BRASIL, 2007). No ano de 2010 foi sancionada a Lei Federal nº. 12.305, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNSR) (BRASIL, 2010). Na PNSR, são consideradas as variáveis ambientais, sociais, culturais, econômicas, tecnológicas, de saúde pública, e a promoção do desenvolvimento sustentável e da ecoeficiência (SOUSA, 2012).

Nesse contexto, o objetivo geral deste trabalho de conclusão de curso foi realizar um estudo sobre áreas adequadas para a instalação de aterros em partes da Região Imediata de Belém (RI-Belém), Estado do Pará, mais precisamente nos Municípios de Belém, Ananindeua, Benevides, Colares, Marituba, Santa Bárbara do Pará, Santa Isabel do Pará, Santo Antônio do Tauá, São Caetano de Odivelas e Vigia, tendo em vista a adequabilidade às normas que orientam os critérios básicos para localização de um aterro sanitário. O trabalho se alinha, teoricamente, com o temário dos impactos ambientais, numa abordagem sistêmica.

Para o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 1986), impacto ambiental é qualquer modificação ocorrida nas características físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, ocasionada por qualquer matéria ou energia resultante de atividades humanas, em que esta possa prejudicar a qualidade de vida da população e do meio ambiente. Portanto, a destinação final inadequada de resíduos sólidos e de rejeitos pode acarretar sérios problemas ambientais, podendo causar a poluição/contaminação do ar, do solo e da água, além de favorecer a proliferação de vetores causadores de doenças. (ABRELPE, 2015, p.8).

Desta maneira, os impactos decorrentes especificamente da disposição final de resíduos sólidos podem ser mitigados através de estudos prévios na escolha de áreas aptas para instalação de aterros sanitários, pois, dentre as outras formas possíveis de disposição final (lixões e aterros controlados), o aterro sanitário é, potencialmente, o que se encontra mais adequado ambientalmente.

Vasconcelos Jr. e Corrêa (2017), corroboram que o estudo de áreas adequadas para o funcionamento de um aterro sanitário é uma etapa de suma importância, que pode anteceder o processo de licenciamento do empreendimento. Neste particular, podemos destacar as técnicas de geoprocessamento como de vital relevância para a seleção dessas áreas, pois sua aplicação otimiza e agiliza o processo de seleção (CRESPO, 2006).

A abordagem sobre a importância da utilização do geoprocessamento como ferramenta na seleção de áreas aptas para implementação de aterros sanitários já foi discutida por estudiosos a nível nacional (e.g.: LINO, 2007; BORTOLATTO E AHLERT, 2012; LOURENÇO et al., 2015) e regional (e.g.: CASTRO, 2006; VAZ, 2015), demonstrando a relevância da problemática para a questão da disposição final adequada dos resíduos sólidos no País.

Castro (2006), em estudo sobre o Município de Canaã do Carajás, buscou identificar áreas potenciais para construção do aterro municipal, utilizando técnicas de geoprocessamento para agilizar e facilitar a escolha. Vaz (2015) propôs um modelo de avaliação que mapeou áreas adequadas à normatização em um estudo de caso voltado para o Município de Benevides, situado na Região Metropolitana de Belém (RMB). Este modelo determinou, através de um indicador de Viabilidade de Implantação de Aterro (VIA), as áreas viáveis, viáveis com adequação ou inviáveis para a futura locação de um aterro sanitário.

Assim sendo, “áreas adequadas [para a instalação de aterros sanitários], além de promoverem a proteção ao ambiente e à saúde pública, representam menores gastos com as etapas de implantação, operação e encerramento do empreendimento, proporcionando economia em todo o processo.” (LINO, 2007, p.2)

Dentro desta problemática, o presente trabalho tem grande importância para a RI-Belém, devido aos problemas ocasionados pela falta de adequação na disposição final de resíduos sólidos, o que tem gerado consequências desastrosas tanto para o meio ambiente, como para população que vive no entorno dos locais que recebem os resíduos. O conhecido “Lixão do Aurá”, no Município de Ananindeua, operou por mais de 25 anos, recebendo resíduos da RMB sem qualquer tratamento, tornando-se um grande problema socioambiental, pois seu projeto de operação não atendia as normas estabelecidas. (VASCONCELOS Jr.; CORRÊA, 2017)

Com a desativação do “Lixão do Aurá” em julho de 2015, a disposição final dos resíduos sólidos de parte da RMB (Ananindeua, Belém e Marituba) passou para o Centro de Tratamento e Processamento de Resíduos (CTPR) de Marituba. Este, desde o início de sua operação há mais de dois anos atrás, já apresentava problemas. Segundo Vasconcelos Jr. e Corrêa (2017), o primeiro problema foi que o fato de o empreendimento, que diz respeito a um aterro sanitário, não possuir um sistema de separação de resíduos para reciclagem, e nem um centro de triagem.

Ainda para os autores supracitados, outros aspectos não foram levados em consideração no Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do aterro sanitário. A área do aterro já possuía um elevado grau de degradação ambiental, devido à extração, no local, de minerais de uso imediato na construção civil; está próxima de uma unidade de conservação (UC); e é espaço de novos assentamentos urbanos da RMB, devido à expansão a partir dos centros urbanos consolidados. Outro fator que os autores destacaram é o forte odor que o aterro traz para a população que mora no entorno, além de doenças de pele, que talvez aconteçam devido à contaminação ambiental causada pelo aterro sanitário de Marituba.

De acordo com o exposto, a relevância do presente trabalho se dá a partir do momento em que pode contribuir para a escolha de áreas adequadas à implantação de aterros sanitários na RI-Belém, evitando a repetição dos erros cometidos no CTPR de Marituba e, com isso, trazer benefícios para o meio ambiente e para a população.

A escolha para a implantação de um aterro sanitário não é, ou não deveria ser, aleatória, mas seguir as normas exigidas, sobretudo os documentos da ABNT (NBR, 1987, 1992, 1997) e a PNRS (BRASIL, 2007), e outras regulações que tratam da questão ambiental. Com o respaldo das instruções legais, pretende-se mostrar como o geoprocessamento é ferramenta essencial na escolha de áreas para construção de novos aterros, numa perspectiva sistêmica, ambiental e aplicada. As geotecnologias trazem, no seu bojo, avanços significativos no desenvolvimento de pesquisas, em ações de planejamento, em processos de gestão e em outros aspectos ligados à questão espacial/territorial (MENEZES et al., 2017).

O trabalho é estruturado em três capítulos. O primeiro discute a metodologia aplicada da pesquisa, com a escolha da área de estudo, levantamento bibliográfico, coleta e sistematização de dados, análise multicritério e cartografiação. O capítulo segundo trata da questão do lixo (resíduos sólidos) na RI - Belém, onde foram analisadas, também, as características físico-ambientais – fundamentais para que se possa entender a adequabilidade para implantação de aterros. E, por fim, no terceiro capítulo, faz-se a análise da adequabilidade, indicando os possíveis locais para se instalar novos aterros sanitários na área.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Realizar um estudo de adequabilidade de áreas para instalação de aterros sanitários na Região Imediata de Belém (RI - Belém), mais precisamente nos Municípios de Ananindeua, Belém, Benevides, Colares, Marituba, Santa Bárbara, Santa Isabel do Pará, Santo Antônio do Tauá, São Caetano de Odivelas e Vigia, Estado do Pará. Tendo em vista a atual degradação ambiental e social causada pelo já desativado “Lixão do Aurá” e o recente Aterro sanitário de Marituba, além da degradação advinda dos lixões de pequena proporção dos outros municípios desta região.

2.2. Específicos

- Aplicar o geoprocessamento na análise da problemática do lixo;
- Verificar as condições atuais de disposição final de resíduos sólidos na RI - Belém;
- Realizar uma análise multicritério das condições de adequabilidade de áreas para instalação de aterros sanitários;
- Indicar as áreas mais adequadas para instalação destes aterros na RI-Belém.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

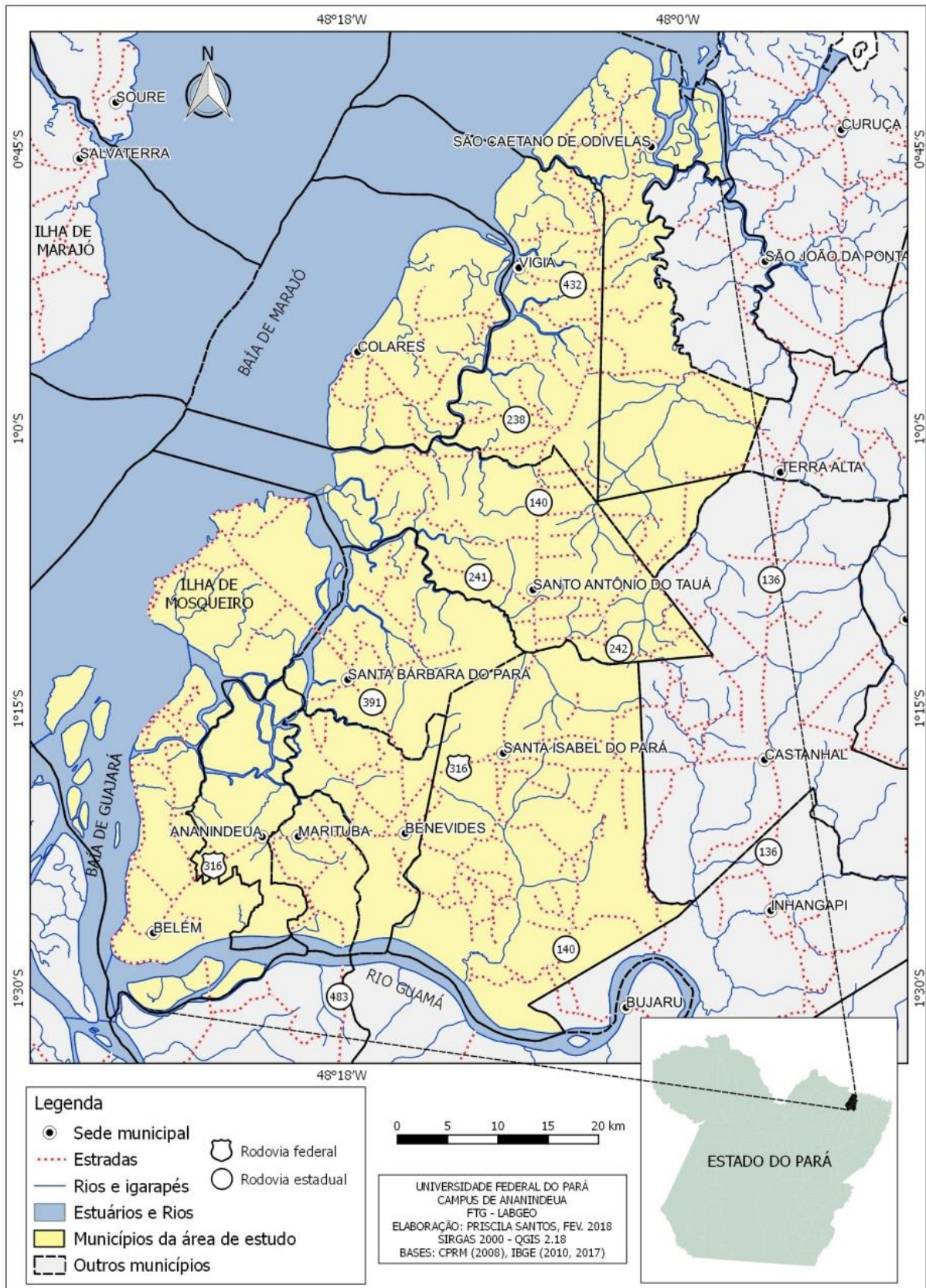
3.1. Área de Estudo

O estudo realizou-se em parte da Região Imediata de Belém, nos Municípios de Belém, Ananindeua, Benevides, Colares, Marituba, Santa Bárbara do Pará, Santa Izabel do Pará, Santo Antônio do Tauá, São Caetano de Odivelas e Vigia de Nazaré, Estado do Pará. A área está delimitada entre as coordenadas geográficas 0°32'0", 1°36'0" S e 47°54'0", 48°39'0" W, abrangendo uma área de aproximadamente 4.974,12 km² (Mapa 1). Fazendo parte da nova divisão territorial que está atualmente vigente no Brasil desde 2017, elaborada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE, 2017).

Quanto à sua caracterização física, os municípios da RI Belém apresentam características similares, como podemos observar nos levantamentos feitos pelo IDESP (2016). Os solos são classificados como laterítico-concrecionários; Latossolo Amarelo; Gley pouco húmico, distrófico, textura argilosa; Espodossolos; Neossolos Quartzarênicos. Apresentam geologia e relevo provenientes da Formação Barreiras e do Quaternário subatual (recente), com predominância dos baixos platôs inseridos na Unidade Morfoestrutural Planalto Rebaixado do Amazonas. As áreas baixas e inundáveis estão na Planície Amazônica e Planície Costeira.

O clima é quente úmido, com temperaturas médias de aproximadamente 25°C e com maior incidência de chuvas no período de janeiro a junho, precipitação média anual em torno de 2.834 mm. A vegetação é composta predominantemente (mais de 75%) por floresta secundária ou capoeiras, resultado do desmatamento para a prática de plantio de culturas de espécies alimentícias e outras atividades.

MAPA 1 – Mapa de Localização da Área de Estudo



Fonte: Elaboração própria

3.2. Levantamento Bibliográfico

Em um primeiro momento foi realizado o levantamento bibliográfico, onde foram abordados vários materiais pertinentes à pesquisa dentre artigos, monografias, dissertações, teses e livros. Buscou-se também por bibliotecas de universidades para pesquisa física e online, pesquisas em sites e periódicos, revistas e jornais relacionados com o tema. A plataforma online utilizada foi o Google acadêmico, pelo fato deste sempre buscar por referências mais utilizadas, estabelecendo-se assim uma fundamentação teórica condizente, para elaboração deste trabalho.

Foram levantados dados a respeito de impactos ambientais e sociais da área de estudo, além de características físicas e ambientais, sendo realizado também o levantamento de normatizações e legislação municipais, estaduais e federais para compor os critérios restritivos para escolher a área mais adequada para instalação de aterros sanitários na região, os quais, segundo Vieira (1999) apud Biju (2015) estão relacionados a certas limitações como o meio físico, legais e ambientais, do parcelamento e do uso do solo. Para compor esta pesquisa foram utilizadas as normatizações constantes no Quadro 1.

Quadro 1 - Legislações e normatizações utilizadas no trabalho.

LEGISLAÇÃO E NORMAS	DESCRIÇÃO	OBJETIVO
NBR 10.157/1987	Aterros de resíduos perigosos - critérios para projeto, construção e operação	Fixa condições mínimas exigíveis, para projetos e operação de aterros de resíduos perigosos.
NBR 8.419/1992	Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos	Esta Norma fixa as condições mínimas exigíveis para a apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos.
NBR 13896/1997	Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação	fixa as condições mínimas exigíveis para projeto, implantação e operação de aterros de resíduos não perigosos
NBR 10.004/2004	Classificação de resíduos sólidos – quanto à periculosidade.	Esta Norma classifica os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que possam ser gerenciados adequadamente.
NBR 8849/1985		
RESOLUÇÃO CONAMA 01/1986	Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental	Estabelece definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente,

RESOLUÇÃO CONAMA 04/1995	Estabelece as Áreas de Segurança Aeroportuária – ASAs.	Proteger as áreas de entorno do aeródromo quanto à implantação de atividades de natureza perigosa que sirvam como foco de atração de aves.
RESOLUÇÃO CONAMA 308/2002	Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos.	Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos.
RESOLUÇÃO CONAMA 428/2010	Dispõe, no âmbito do licenciamento ambiental sobre a autorização do órgão responsável pela administração da Unidade de Conservação (UC)	Regulamenta os procedimentos de licenciamento ambiental de empreendimentos de significativo impacto ambiental que afetem as Unidades de Conservação específicas ou suas zonas de amortecimento.
LEI 9.985/2000	Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC)	estabelece critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação.
LEI 5887/1995	Dispõe sobre a Política Estadual do Meio Ambiente	Estabelece nos Art. 2º, 3º e 70º medidas adequadas para coibir a poluição do meio ambiente provenientes de resíduos sólidos.
DECRETO MUNICIPAL 508/2017	Declara Situação de Emergência nas áreas do Município de Marituba afetadas por outras infestações – 1.5.2.3.0 , em decorrência do desastre ambiental provocado pelo aterro sanitário do Uriboca	Declara Situação de Emergência nas áreas do Município de Marituba afetadas por outras infestações – 1.5.2.3.0 , em decorrência do desastre ambiental provocado pelo aterro sanitário do Uriboca.

Fonte: Elaboração própria.

Utilizou-se também base de dados do Sistema Nacional de Informações de sobre Saneamento (SNIS), que é um banco de dados mantido pelo Ministério das Cidades e atualizado anualmente com informação sobre serviços de saneamento básico nos municípios brasileiros. Os dados do SNIS foram utilizados por ser considerado um importante banco de dados sobre saneamento e, principalmente, por ser público, gratuito e acessível. Os dados foram utilizados para fazer o levantamento da geração de resíduos sólidos no País. Além desse banco de dados, foram utilizados dados do Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Estado do Pará (PERGIS-PA) e dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE) também.

3.3. Levantamento e Sistematização de Bases Cartográficas

A metodologia abordada neste trabalho pode ser entendida conforme etapas apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2 – Fluxograma sobre a metodologia aplicada no estudo.

Etapas	Procedimentos e Produtos		
	Arquivos vetoriais	Arquivos raster	Outros arquivos
Base dos dados	Solos, hidrografia, UCs, malha viária, rede urbana e outros usos	Imagem de satélite (4 cenas do SRTM)	Normas, legislação, monografias, dissertações, teses e livros.
Processamento	Pré-processamento (Sistema de Coordenadas, vetorização, áreas de influências, conversões)		←
Análise Multicritério	Normalização e ponderação (Pesos e critérios) ↓ Método AHP		
Análise dos dados	Áreas Potenciais ↓ Avaliação e seleção (tamanho da área)		
Resultado	Áreas Adequadas para aterros sanitários.		

Fonte: Elaboração própria.

Conforme exemplificado no fluxograma acima inicialmente foi realizado um levantamento das bases de dados, onde foram consultadas várias plataformas online para compor a base do trabalho.

Para elaboração dos mapas temáticos, foram adquiridas as seguintes bases de dados:

- Materiais cartográficos: arquivos vetoriais (*shapefile*) de todas as bases necessárias para elaboração dos critérios restritivos, bases essas fornecidas gratuitamente por órgãos governamentais como: IBGE (limites estaduais), CPRM (drenagens e malha viária), EMBRAPA (solos), IDEFLOR (UCs estaduais), ICMBio (UCs federais) e SEMAS (UCs municipais).
- Produtos Orbitais: arquivo raster foi utilizado para mapear a declividade da área de estudo, através do modelo digital de elevação (MDE) da missão *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) adquiridos do serviço geológico dos Estados Unidos (USGS), pela plataforma online Earth Explorer, onde foi

realizado o download de 4 cenas (srtm1s01w049v3, srtm1s02w049v3, srtm1s01w048v3, srtm1s01w048v3) com resolução de 30 metros cada uma.

- Google Earth Pró: foi utilizado para identificar os aeródromos e os aterros sanitários existente na área de estudo. Os arquivos adquiridos forem em formatos KML.

O processamento das bases de dados foi realizado no *software* QGIS 2.18, onde estes foram recortados, vetorizados, associados, convertidos, fazendo uso do sistema de coordenadas geográficas sirgas 2000, gerando assim uma base de dados para ser utilizados nos critérios de localização de aterros sanitários.

Dessa forma, compatibilizando as bases cartográficas foram gerados mapeamentos para se identificar áreas aptas para se implantar um aterro sanitário, de acordo com o estabelecido nas NBR 13896 (1997), 10157 (1987) e NBR 8419 (1992) onde estas apresentam alguns critérios para adequabilidade de locais para implantar aterros sanitários. Também foi utilizada a resolução 04/1995 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) quanto às restrições de proximidades de aeroportos e a lei 9.985/2000 que instituiu o Sistema Nacional Unidades de conservação (SNUC). Podemos analisar estes critérios na tabela 2.

3.4. Análise de Multicritérios e o Método AHP

As análises de multicritério são aquelas que abrangem um grande número de variáveis, exigindo um complexo sistema de avaliação, pelo qual é possível analisar a importância e contribuição de cada uma (ORNELAS, 2011 apud GOMES, ALMEIDA; GOMES, 2002). Para Felicore et al. (2016) esta análise trata-se, basicamente, de um processo de decisão, no qual diversos atributos do problema são considerados na avaliação. Ainda para o autor os critérios classificam-se em restrições e fatores.

Biju (2015, p.46) explica que a análise multicritério “implica em um conjunto que atribui valores para as alternativas que estão sendo avaliadas para um propósito específico”, no caso desta pesquisa busca-se analisar possíveis áreas para a instalação de aterros sanitários, utilizando alguns critérios estabelecidos pelas NBR(1987, 1992 e 1997) para projetos e localização de aterros sanitários e pelas resoluções do Conama (04/1995 e 428/2010). A autora pontua que a análise multicritério possui diferentes técnicas, dentre os quais o método DELPHI e o AHP (Analytic Hierarchy Process).

Segundo Cabral (2012), o método Analytic Hierarchy Process (AHP) foi desenvolvido por Thomas Saaty (1980) permitindo que tomadores de decisão trabalhem com problemas que envolvam múltiplos critérios simultaneamente. Biju (2015) preconiza que a combinação de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e do método AHP permite a análise de diversos fatores, tanto qualitativos quanto quantitativos para a seleção de área de aterros. Dessa maneira, esta ferramenta torna-se útil para esta pesquisa, devido aos critérios utilizados nas normatizações que serão utilizadas para designar os fatores de adequabilidade para alguns critérios, fazendo uso de técnicas e softwares SIGs.

A NBR 13698/1997 estabelece alguns critérios para localização de aterros sanitários, dentre os quais:

- O impacto ambiental a ser causado pela instalação do aterro seja minimizado;
- A aceitação 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.

Dentre os critérios acima, destacamos também os que serão utilizados pela resolução do Conama:

- Resolução 04/1995: estabelece as Áreas de Segurança Aeroportuária – ASAs
- Resolução 428/2010: Regulamenta os procedimentos de licenciamento ambiental de empreendimentos de significativo impacto ambiental que afetem as Unidades de Conservação específicas ou suas zonas de amortecimento.

Além disso, para cada critério avaliou-se a adequabilidade conforme alguns parâmetros, que irão qualificar a área conforme as características relevantes para cada critério, exemplificados abaixo:

- Topografia: analisado quanto à sua declividade, onde o recomendado é superior a 1% e inferior a 30%.
- Solos: a análise dos solos foi quanto ao tipo de solo, analisando sua permeabilidade e textura.
- Recursos hídricos: o aterro deve ser distante 200 m de qualquer recurso hídrico
- Distância de área urbana: a norma recomenda distância superior a 500 m, neste estudo foi apresentado um parâmetro de 2 km. Conforme preconizado

por Crespo (2006) que adotou 2 km por questão de segurança, devido à taxa de crescimento.

- Distância de aeroportos: utilizou-se 13 km para aeródromos e 20 km para aeroportos.
- Distância de vias: foi utilizado 200 m por questão de segurança devido ao intenso fluxo de caminhões (CRESPO, 2006).
- Unidades de conservação: foi utilizado para zona de amortecimento 3 km para empreendimentos com significativos impactos ambientais e 2 km para unidades sem planos de manejo, conforme a resolução 428/2010 do conama.

Depois de identificados os fatores, estes passaram por uma normalização, que serve para padronizar os critérios em uma escala única, em que foram atribuídos pesos para as variáveis de cada fator, isto se deu através da lógica booleana, onde foi aplicado 1 para áreas adequadas e 0 para áreas inadequadas à localização de aterros sanitários. (Instituto Geoeduc, 2018). As variáveis dos fatores podem ser observadas na Tabela 1.

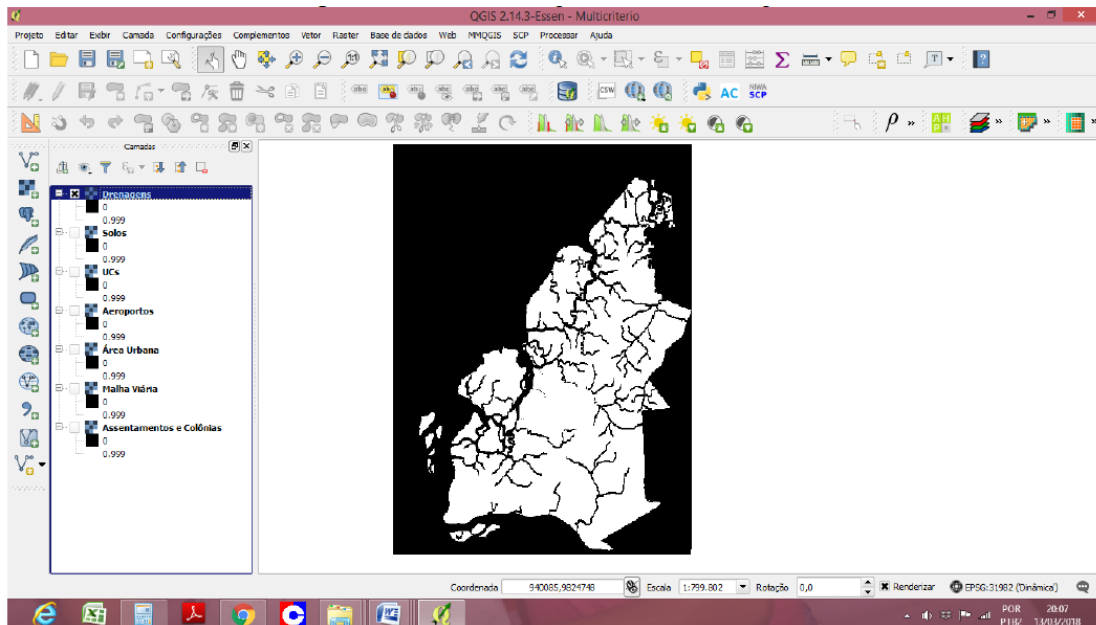
Tabela 1 – Variáveis de restrições dos fatores.

Fatores	Restrição
Drenagens	> ou = 200 m
Solos	> ou =2000m
Área Urbana	> ou =3000 m
Aeroportos	> ou =20 km
Aeródromos	> = ou 13 km
Unidades de Conservação	> = ou 2 km
Malha viária	< ou = 200 m
Assentamento e Colônias	> 3000 m

Fonte: Elaboração própria.

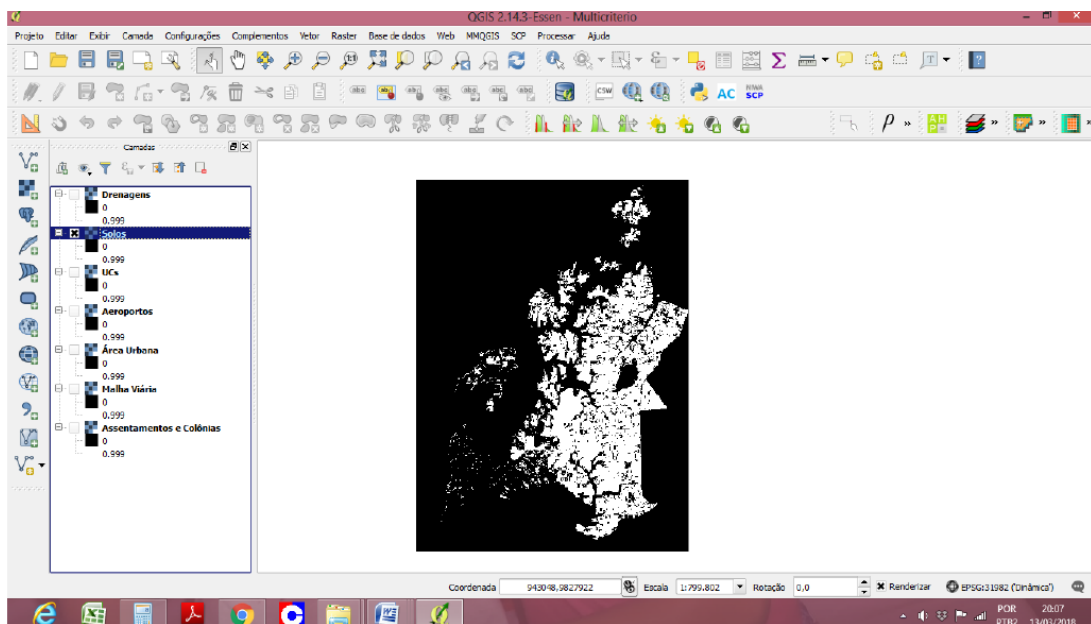
Posterior à atribuição dos pesos, os fatores que até então estavam sendo trabalhados em formato *shapefile*, foram convertidos para o formato *raster*, pois o *plugin-in Easy AHP* do *software Qgis* só utiliza dados matriciais para o método que será aplicado. Desta forma, o fator de declividade (que possui formato *raster*) não foi utilizado, pois não necessitava de conversão. Dessa maneira, foi criado um raster para cada fator (Figuras 1-2).

Figura 1 – Interface do Qgis: raster de drenagens.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 2 – Interface do Qgis: raster de solos.

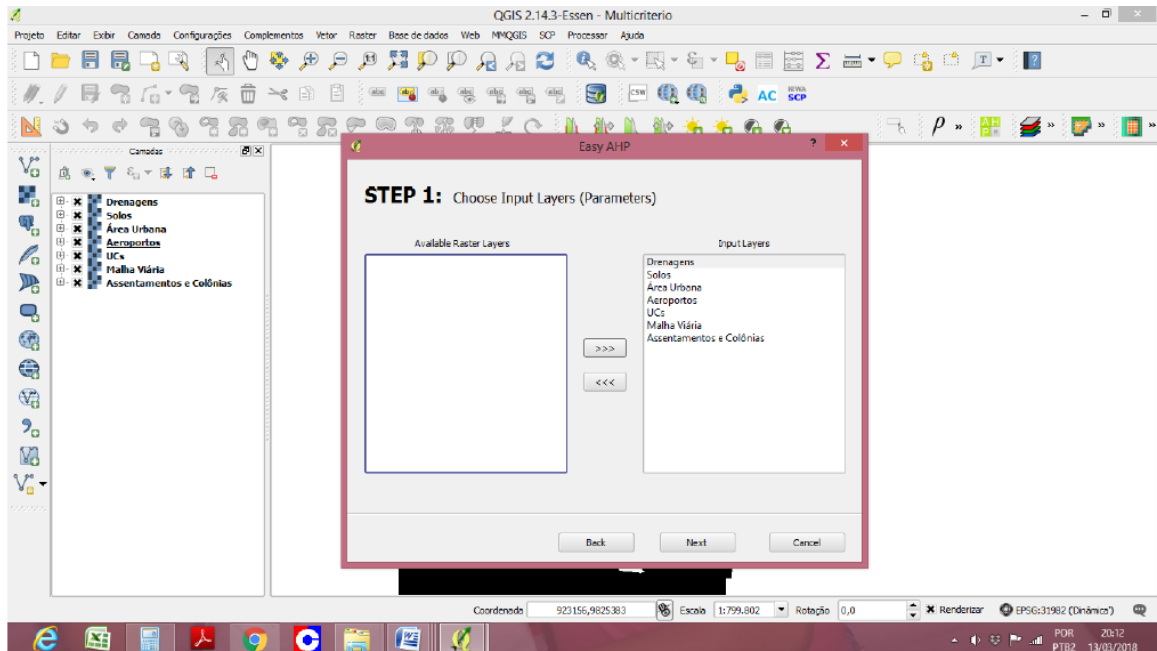


Fonte: Elaboração própria.

Esta metodologia foi aplicada para cada fator, com pesos (0 e 1) atribuídos para cada restrição dos fatores. Como saída obtêm-se a coloração branca para as variáveis com peso 1 e preta para as variáveis com peso 0. Dessa maneira, visualiza-se previamente as áreas adequadas e não adequadas para localização de aterros na área de estudo.

Após este processo de conversão vetor/raster, é realizada a análise sobre o método AHP, onde fazemos uso do plugin-in Easy AHP do Software Qgis 2.18, que foi realizado em 3 etapas. Primeiramente são escolhidas as camadas de entradas raster (Figura 3).

Figura 3 – Interface Qgis – Easy AHP: Inclusão dos parâmetros.



Fonte: Elaboração própria.

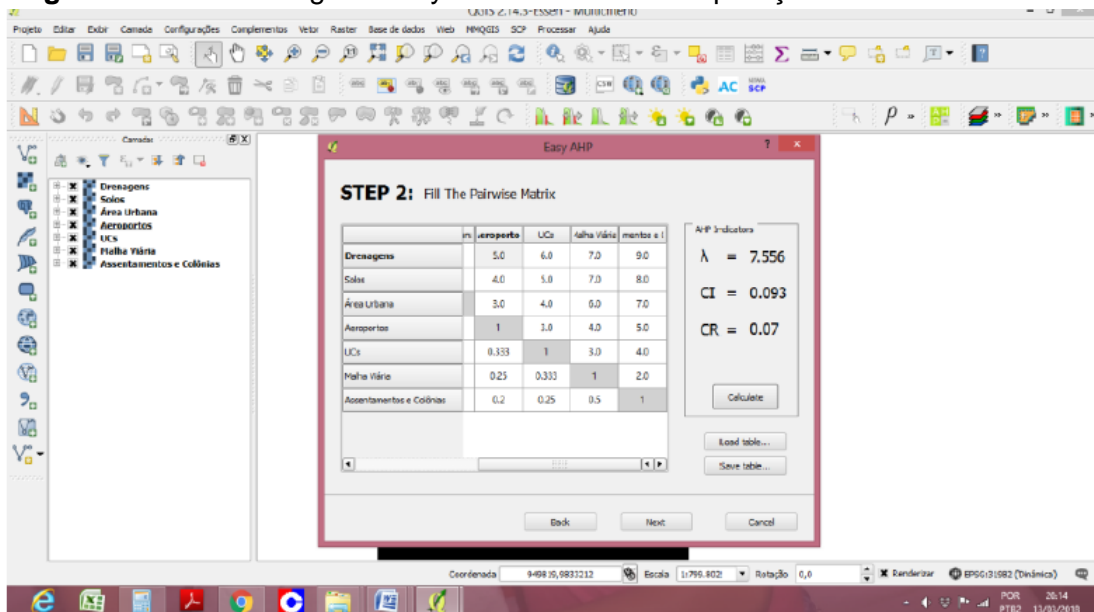
Posterior a isto, os fatores serão analisados par a par, para se determinar o grau de relevância que um fator tem sobre o outro. Segundo Ornelas (2011) apud Saaty (1980), os fatores serão analisados par a par, onde será feita uma matriz de comparação a partir da definição de uma escala orientando as comparações realizadas (Tabela 2, Figura 4). Ressalta-se que para certificação da consistência da matriz, esta deve satisfazer a condição do $CR \leq 0.1$, caso contrário, as variáveis terão que ser julgadas novamente. (INSTITUTO GEOEDUC,2018).

Tabela 2 – Comparação de fatores.

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Extremament e	Bastante	Muito	Pouco	Igual	Pouco	Muito	Bastant e	Extremant e
Pouco Importante				Muito Importante				

Fonte: Elaboração própria.

Figura 4 – Interface Qgis – Easy AHP: Matriz de comparação.



Fonte: Elaboração própria.

Nesse contexto, verifique a matriz de comparação dos fatores de adequabilidade para localização de aterros sanitários, conforme os graus de relevância impostos (Tabela 3).

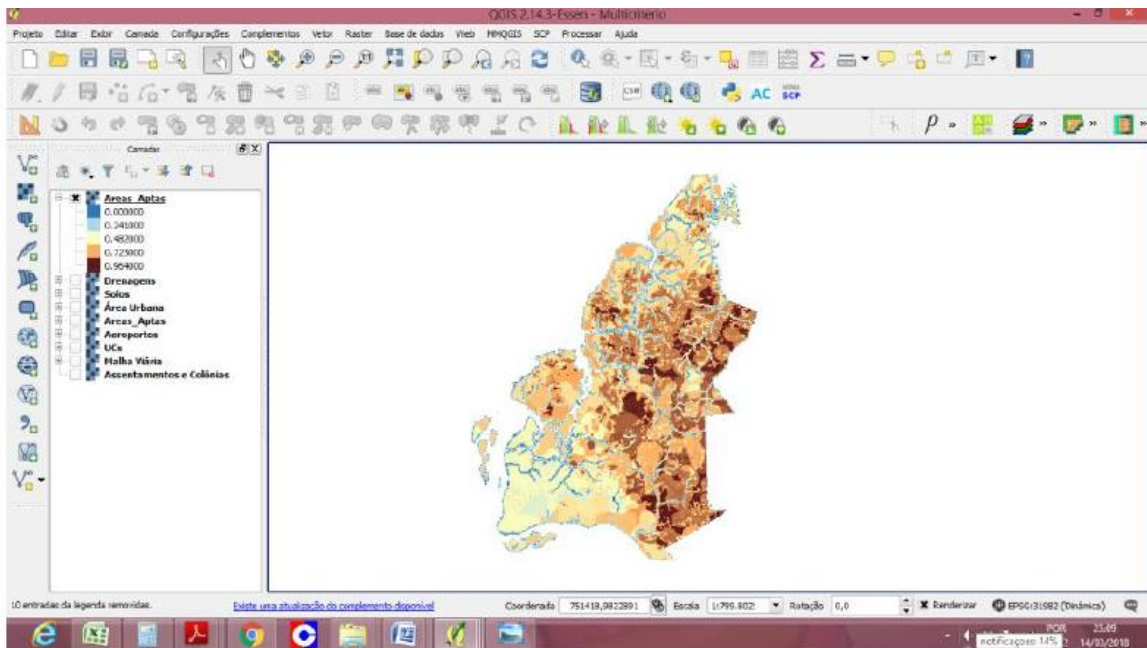
Tabela 3 – Matriz de comparação dos fatores de adequabilidade para localização de aterros sanitários.

	Drenagens	Solos	Área Urbana	Aerop./ Aeród.	UCs	Vias	Assent. e colônias
Dren.	1	3	4	5	6	7	9
Solos	1/3	1	3	4	5	7	8
A. Urbana	1/4	1/3	1	3	4	6	7
Aerop./ Aeród.	1/5	1/4	1/3	1	3	4	5
UCs	1/6	1/5	1/4	1/3	1	3	4
Vias	1/7	1/7	1/6	1/4	1/3	1	2
Assent. e colônias	1/9	1/8	1/7	1/5	1/4	1/2	1

Fonte: Elaboração própria.

Após a validação desta tabela é gerado um novo raster (Figura 5), o qual será classificado em 5 classes que variam de 0 a 1, onde o valor 1 representará as áreas adequadas.

Figura 5 – Classificação.



Fonte: Elaboração própria.

3.5. Produção Cartográfica

Os dados utilizados nesta pesquisa foram armazenados em uma base de dados para permitir a integração, transformação e manipulação dos mesmos no software Qgis 2.18. Em sua maioria utilizou-se arquivos vetoriais, adquiridos em instituições governamentais como: IBGE, CPRM, ICMBio, IDEFLOR, Semas, Embrapa e diversas outras. O processamento das bases foi realizado no sistema de coordenadas geográficas Sirgas 2000, que desde 2014 é utilizado pelo IBGE (BIJU, 2015).

4. A QUESTÃO DO LIXO NA REGIÃO IMEDIATA DE BELÉM

4.1. Definição e Classificação de Resíduos Sólidos

Antes do uso da expressão resíduos sólidos, a palavra lixo era comumente utilizada para determinar tudo aquilo que se joga fora, sem serventia e, por isso, é descartado (DICIONÁRIO..., 2011, p.789). Jardim e Wells (1995, p. 23) apud Mucelin e Bellini (2008, P.113) definem lixo como “[...] os restos das atividades humanas, considerados pelos geradores como inúteis, indesejáveis ou descartáveis”. Logo, constata-se que esta primeira definição entende lixo como algo que não pode ser reaproveitado, não podendo retornar novamente ao ciclo da matéria.

Conforme a definição da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), NBR 10004/2004 resíduos sólidos são:

Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível. (ABNT, 2004)

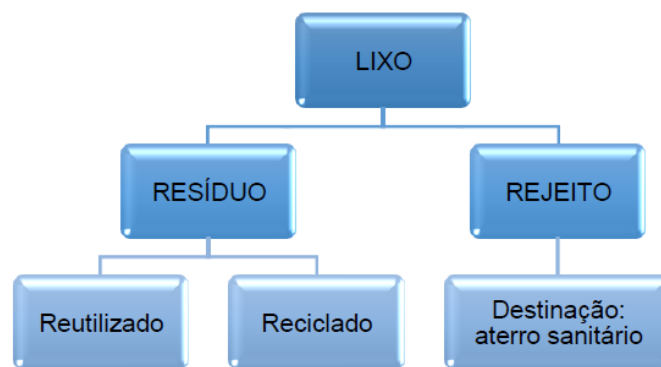
Dessa forma, a definição de resíduos sólidos pela ABNT é mais abrangente que anterior, pois classifica os tipos de resíduo sólido quanto ao estado e origem.

Para Demajorovic (1995) resíduos sólidos se diferenciam de lixo pelo fato deste não agregar qualquer valor, pois é apenas o que será descartado, ao passo que àqueles pode ser agregado valor econômico, possibilitando, assim, o seu reaproveitamento no próprio processo produtivo.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) entende resíduos sólidos como qualquer material, substância ou objeto descartado, proveniente de atividades humanas, e que sua destinação final ocorre nos estados sólido ou semissólido (BRASIL, 2010). Ressalta-se, também, que a referida PNRS traz, além da definição de resíduos sólidos, a de rejeitos, em seu art. 3º, inciso XV, sendo: “resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada” (BRASIL, 2010).

Desse modo, entende-se para os fins deste trabalho que lixo são todos os tipos de descarte provenientes das atividades humanas. Quando teve todas as suas possibilidades de reinserção no processo produtivo esgotados, pelo fato de não possuírem nenhuma forma de reaproveitamento, o lixo é classificado como rejeito, e sua destinação não é outra senão o descarte final em local apropriado; de outro modo, podendo ter alguma possibilidade de reuso, por meio de tratamento ou recuperação, o lixo pode ser tratado como resíduo (Figura 6).

Figura 6 – Fluxograma quanto à classificação do termo lixo.



Fonte: Elaboração própria.

Quanto à classificação os resíduos sólidos, Barros (2012, p.26), com base na NBR 10004/2004, afirma que os resíduos sólidos podem ser classificados quanto à natureza (sólida ou semissólida), origem (industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola e serviços de varrição) e periculosidade. Neste último item, a periculosidade diz respeito aos riscos para a saúde pública e o meio ambiente, segundo a ABNT os resíduos sólidos classificam-se quanto à periculosidade em:

- a) Classe I – **Perigosos**: apresentam riscos devido às suas características (inflamabilidade, corrosividade, reatividade e patogenicidade), quando manuseados de maneira inadequada.
- b) Classe II – **Não perigosos**: apresentam riscos, porém não são classificados como perigosos. São os que apresentam características de combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água.
 - Classe II A – **Não inertes**: não se enquadram na Classe I (perigosos) ou na classe II B. Apresentam as seguintes propriedades: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água.
 - Classe II B – **Inertes**: quaisquer resíduos que, quando amostrados de forma representativa, segundo ABNT-NBR 10.007, e submetidos a um contato dinâmico e

estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT 10.006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se por aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

Ornelas (2011) diz que os resíduos sólidos podem ser classificados de diversas maneiras, porém as mais utilizadas são em consideração há sua origem, geração e quanto a sua periculosidade [risco potencial a saúde e meio ambiente].

Segundo Barros (2012) de acordo com esta classificação de resíduos sólidos podem ser pensadas metas e logísticas apropriadas, para que haja uma destinação final dos resíduos evitando a degradação ambiental e os malefícios à saúde humana, que resultam do descarte de forma inapropriada. Podendo, com estas medidas, tornar o gerenciamento de resíduos sólidos mais viável e eficaz do ponto de vista socioambiental.

Para uma classificação mais detalhada dos resíduos sólidos quanto à origem, está-se fazendo uso do que está disposto na PNRS, em seu art. 13º, Inciso I (BRASIL, 2010), em que eles são classificados como: resíduos domiciliares, de limpeza urbana, comerciais, de saneamento básico, industriais, da construção civil, agrossilvopastoris, oriundos de transporte ou mineração, e resíduos sólidos urbanos. Este último se considera tanto os resíduos domiciliares como os resíduos de limpeza urbana. De todos, apenas estes últimos têm o seu gerenciamento pelo poder público municipal, isto é, as prefeituras.

Barros (2012) sugere que antes de se proceder a um gerenciamento de resíduos sólidos, deve-se primeiramente conhecer os mesmos. Desta forma, há de se conhecer suas características (que podem ser física, química ou biológica), sua origem e qual seu risco para saúde e meio ambiente. Tendo em vista, que estas informações auxiliam na busca pela responsabilidade de coleta, transporte e disposição final, além de otimizar o processo de gerenciamento.

Arantes (2009) adverte que os governantes públicos devem se orientar quanto aos tipos de resíduos sólidos, para que posteriormente seja realizado um ordenamento urbano ambiental, tornando-o esta questão em um procedimento eficaz de política pública. Ainda para o autor, pode haver uma variação das características dos resíduos sólidos em função de alguns fatores como os sociais, econômicos, culturais, geográficos e climáticos.

Devido ao seu alto índice de geração, os resíduos sólidos urbanos, tornaram-se um dos principais problemas para a administração pública, tendo em vista que é competência dos municípios a gestão dos resíduos sólidos urbanos, para tanto em alguns casos esta responsabilidade passa a ser compartilhada com os geradores de resíduos comerciais e entulhos, quando estes são em menor proporção (LOURENÇO et al, p.123). Ainda, segundo os autores os resíduos provenientes da saúde, industriais, agrícolas, de portos, aeroportos, terminais rodoviários e ferroviários a responsabilidade quanto ao seu gerenciamento passa a ser dos geradores.

4.2. Situação dos Aterros Sanitários

Com o constante crescimento das cidades, há um desafio para o desenvolvimento da limpeza urbana que consiste não apenas em remover o rejeito de logradouros e edificações, mas em dar um tratamento correto e direcionado ao descarte (PHILIPPI JÚNIOR, 2005). Por sua vez, Lino (2007, p.5) expõe que “o gerenciamento de resíduos sólidos envolve diversas etapas, sendo a disposição final a última desse processo”. A disposição final de resíduos pode ser realizada de três maneiras: Lixão ou vazadouro a céu aberto, aterro controlado e aterro sanitário, este diferente dos demais é a forma mais adequada para o descarte de rejeitos.

a) Lixão ou Vazadouro a céu aberto

Este tipo de empreendimento é a forma mais danosa, tanto para saúde humana, quanto para o meio ambiente, pois os resíduos são descartados diretamente sobre o solo, não possuindo assim nenhuma proteção ambiental, porém ainda é um dos principais meios de destinação final, sendo a região nordeste e norte as que mais possuem lixões, conforme os dados da Associação Brasileira de Resíduos Especiais (ABRELPE) em 2016 os lixões representavam 17,4% no país, e sua maioria estava concentrada nas regiões nordeste e norte, ambas com 886 e 246 respectivamente.

Borges, Guedes e Barros (2012) afirmam que nos lixões os resíduos são depositados de qualquer maneira, e geralmente próximos a periferias das cidades, possibilitando assim a catação sem nenhuma proteção para o trabalhador. O que podemos observar que os problemas dos lixões não são apenas para saúde pública e meio ambiente, mas sim um problema social. Ainda para a autora, a maioria desses lixões possuem catadores, muitas crianças, o que denuncia os problemas sociais que a má gestão do lixo acarreta.

b) Aterro Controlado

Os aterros controlados são considerados menos prejudiciais que os lixões, pois os resíduos ao serem dispostos no solo recebem uma cobertura com terra no final do dia, podendo amenizar a poluição local (LUCENA, 2016) Segundo a NBR 8849 (1985) aterros controlados são técnicas de disposição final em resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, pois faz-se uso de métodos e princípios da engenharia para confinar os resíduos sólidos, cobrindo-os com material inerte no fim da diária de trabalho.

Essa é uma forma de disposição final de maneira técnica na qual os danos e riscos à saúde pública são minimizados, mas há possibilidade de percolação do chorume no solo, causando contaminação (NASCIMENTO apud GÓES, 2012).

Os aterros controlados são tão prejudiciais quanto os lixões, pois apesar de cobrirem os resíduos, estes ainda ficam expostos sobre o solo. Em que muitos casos estes não possuem impermeabilização. Podendo causar riscos ambientais como a contaminação de lençóis freáticos. Essa forma de dispor o resíduo produz, geralmente, uma poluição localizada, pois assim como o aterro sanitário a área de disposição final deve ser minimizada (ROCHA, BRITO FILHO, SILVA, 2004).

Dalmas (2008, p.14) expõe que este modelo de disposição final não possui impermeabilização, podendo causar riscos ambientais [contaminação de águas subterrâneas] e nem sistemas de tratamento para o percolado e o biogás. O que o diferencia do lixão é o simples fato deste cobrir os resíduos fazendo com que haja o afastamento de vetores, por isso é preferível em relação ao lixão, porém muito inferior ao aterro sanitário.

Contudo, Vaz (2010) afirma que “a diferença para um AS consiste em que o aterro controlado não possui a impermeabilização do solo no fundo da célula e não bloqueia a infiltração de percolado contaminado, ou seja, resolve apenas o problema superficial dos resíduos, reduzindo a poluição visual, mas mantém o processo de contaminação do solo e mananciais”.

c) Aterros Sanitários

Aterro sanitário é a forma de disposição de resíduos sobre o solo, sendo compactado com trator, dessa maneira reduzindo seu volume para ser recoberto com

camada de material inerte, geralmente solo, se possível diariamente e fazendo com que se ocupe uma menor área (ROCHA, BRITO FILHO, SILVA, 2004).

O aterro sanitário é a forma mais segura de disposição final de “lixo”, pois pelos seus métodos e as técnicas utilizadas minimizam ao máximo os impactos ao meio ambiente (LANZA apud LUCENA 2009). O objetivo principal de um aterro sanitário é dispor os resíduos sólidos no solo, de maneira segura e controlada, garantindo a preservação do meio ambiente, a higiene e a saúde da população (FONSECA, 1999).

Um aterro sanitário como forma de disposição de resíduos, é uma solução sanitariamente adequada, segura tanto para a saúde pública quanto para o meio ambiente (BARROS, 2012). Para autora isto ocorre devido aos requisitos que constam no projeto, no licenciamento e na operação, e em outras condicionantes relativas às regulamentações existentes, exemplos à NBR 13896/1997 da ABNT que normatizam projetos de aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação. O qual será usado como base para elaboração desta pesquisa, além de outras que a complementarão.

Quando comparados a outros tipos de tratamento e disposição final de resíduos sólidos [incineração, por exemplo,] os aterros sanitários é considerado uma operação simples (BARROS, 2012). Ainda conforme a autora, umas de suas desvantagens está no fato deste possuir vida útil limitada, a resolução 308/2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estipula que uma vida útil de um aterro de pequeno porte seja de superior a 15 anos. A NBR 13896/1997 expõe que a vida útil para um aterro sanitário de resíduos não perigosos deve ser no mínimo 10 anos.

Contudo percebemos que a diferença entre o aterro sanitário e os outros tipos de disposição final de resíduos sólidos está na sua estrutura de engenharia, em que este dispõe de algumas técnicas sanitárias (impermeabilização do solo, coleta de chorume, aproveitamento e queima de biogás) para minimizar o impacto que este empreendimento pode causar.

Os municípios que fazem parte da Região Metropolitana de Belém (RMB) sofrem há muitos anos problemas em diversos aspectos referentes ao saneamento básico, entre eles a falta de um plano de ação voltado para a destinação e tratamento dos resíduos sólidos que são produzidos na região (VASCONCELOS JR. E CORRÊA, 2017).

São integrantes da RMB sete municípios Ananindeua, Belém, Benevides, Castanhal, Marituba, Santa bárbara do Pará e Santa Isabel do Pará. E segundo

Mitschein e Vilar (2017) a questão da disposição final dos resíduos sólidos tornou-se um grande desafio, devido ao grande número de resíduos gerados, em 2015 o lixão do Aurá recebia quase três mil toneladas por dia de resíduos urbanos e entulhos (resíduos construção, poda de árvores, varrição, etc.) de Belém, Ananindeua e Marituba e de muitas outras empresas privadas (ANDRADE,2015). Dessa forma à distribuição de locais destinados a disposição final de resíduos sólidos, Belém, Benevides e Ananindeua dispõem seus resíduos em um aterro controlado (Auré), Marituba dispõe seus resíduos em aterro sanitário particular (REVITA) e os demais descartam seus resíduos em Lixões públicos (PEGIRS, 2014).

Em análise aos dados do Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Estado do Pará (PERGIRS, 2014) a geração de resíduos sólidos urbanos equivalente ao ano de 2012 teve Belém como principal gerador com cerca de 1.331,9 t/dia tendo 74% de toda RMB, seguido por Ananindeua (424,3 t/dia), Castanhal (230,2 t/dia) e Marituba (85 t/dia). E à geração de resíduos sólidos da população rural destes municípios foram de 47,7 toneladas, tendo os municípios Santa Bárbara do Pará (65,1%), Benevides (34,1%) e Santa Isabel do Pará (18,8%) como maiores geradores (PEGIRS, 2014).

Com base neste relatório podemos observar que a disposição final da maioria dos municípios que compõem a RI-Belém ainda ocorria em ambientes inadequados, e que apenas Marituba possuía disposição ambientalmente adequada. A lei 12.305/2012 trouxe alguns avanços relativos à gestão de resíduos sólidos no país, e dentre os quais o fim dos lixões, onde esta determinou em seu Art. 54º a disposição ambientalmente adequada dos rejeitos deverá ser implantada em até quatro anos após a publicação da referida lei. Logo percebe-se que ainda em 2012 na RMB apenas o município de Marituba estava de acordo com a lei.

Vale ressaltar que alguns municípios da RMB por décadas utilizaram o lixão do Aurá para destinação final de resíduos, este entrou em operação em 1992, sendo que em seu projeto original era composto por uma usina de incineração para resíduos provenientes da saúde, uma usina de reciclagem e compostagem, e um aterro sanitário não efetivado (MARTINS, 2009). Porém, devido a grande quantidade de resíduos descartados e com a desativação da usina de incineração, o que seria uma usina de tratamento e destinação final de resíduos sólidos transformou-se em um lixão a céu aberto (MITSCHIEIN E VILAR, 2017, p.8).

O Lixão do Aurá está localizado no Município de Ananindeua, com área aproximada de 130 ha. Recebia o lixo produzidos nos municípios de Belém, Ananindeua e Marituba (MARTINS, 2009). Ficou em operação por cerca de 25 anos sendo desativado em julho de 2015 (MITSCHHEIN; VILAR, 2017, p.8). Através de pesquisas realizadas foram constatados diversos impactos ambientais causados pelo mesmo, pois uma vez que o local não possuía impermeabilização do solo, tratamento de líquidos percolados e nem drenagens de águas pluviais, poderia trazer consequências desastrosas para o meio ambiente (MATOS, 2011)

Matos et al. (2011) apud Moralez e Fenzl (2000) observou que o “o Aterro Aurá encontra-se localizado nas cotas topográficas relativamente baixas, as quais possuem características geológicas impróprias para a deposição dos resíduos sólidos, uma vez que a porosidade do solo permite que o chorume percole pela zona não insaturada até atingir a zona saturada. Tal fato coloca o sistema hídrico superficial e subterrâneo em alto grau de vulnerabilidade”.

Nota-se que dentre os problemas causados pelos impactos advindos do lixão do Aurá, a presença de chorume foi uns dos mais preocupantes, isto ocorre pelo motivo de que o clima da RMB ajuda na rápida decomposição dos resíduos, além de que devido aos altos índices pluviométricos da região faz com que o chorume penetre no solo e alcance o lençol freático, representando uma ameaça para os corpos hídricos da região (MATOS, 2011 apud ARAÚJO; SOUSA; LOBATO 2010).

Além de causar impactos no ambiente, há também os impactos sociais, pois este tipo de empreendimento facilita a presença de catadores de maneira irregular trabalhando em um local totalmente insalubre (PONTE, 2006). A autora ressalta sobre o odor vindo da decomposição dos resíduos, misturando-se com a combustão de gases, torna o ambiente incapaz de ser habitado ou até mesmo ser local de trabalho para população.

Conforme foi dito nesta pesquisa o lixão do Aurá foi desativado em 2015, cumprindo umas das determinações da Lei 12.305/2010, que segundo esta, todos os resíduos que não forem reutilizados e reciclados devem ser encaminhados à aterros sanitários. Logo, uma das principais ações dessa lei é a extinção de todos os lixões a céu aberto do país, bem como a implantação da reciclagem, reuso, compostagem, tratamento dos resíduos sólidos e coleta seletiva nos municípios (ANDRADE et al., 2015).

Com o encerramento das atividades do lixão do Aurá, os Municípios Belém, Ananindeua e Marituba passaram a despejar seus resíduos sólidos no aterro sanitário construído pela empresa Guamá Tratamento de Resíduos, em que esta passou a receber e tratar apenas os resíduos sólidos urbanos da RMB, por se tratar de um aterro sanitário de classe II não inertes, considerando seu projeto o aterro tem capacidade de receber 1400 ton/dia, com uma vida útil estimada de 15 anos. (MENEZES; NORAT,2017).

Em funcionamento a mais de dois anos o aterro sanitário de Marituba já causou diversos transtornos para população do município, uma das principais reclamações da população é devido ao forte odor que tem causado um desconforto para os que residem próximo ao aterro sanitário. Este fato provocou por parte da população a interdição por dias do acesso ao aterro sanitário para chamar a atenção das autoridades para o problema que este empreendimento vem causando para os moradores de Marituba.

O que era para ser um local de disposição ambientalmente e socialmente adequada tornou-se um problema, Vasconcelos Jr. e Corrêa (2017) relata que existem inadequações do empreendimento que administra o aterro sanitário, e que isto tem causado graves problemas de saúde para população, principalmente as respiratórias, devido ao forte odor vindo do aterro de Marituba. Outros fatores relatados pelo autor foram à constatação de que o aterro sanitário não possuía uma separação de resíduos orgânicos para reciclagem e falta de triagem, está próximo a área de amortecimento de uma área de proteção integral, e de acordo com levantamentos feitos pelo Ministério Público Estadual, o estudo de impacto ambiental não levou em consideração a existência de áreas em crescente expansão no entorno.

A Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS) notificou o empreendimento, dando-lhe prazos para que estes cumpram com a regularização do aterro sanitário, foram ao todo 14 infrações em 2016 e 14 no início de 2017. Além das notificações da Semas, foi declarado caso de emergência pública nas áreas do município, devido aos problemas ocasionados pelo aterro sanitário (VASCONCELOS JR E CORRÊA, 2017).

Dentre as infrações cometidas pelo empreendimento estão: operar a atividade em desacordo com a licença obtida, poluição ambiental em função dos gases que provocam odores, 1000m² de resíduos domiciliares descobertos, lançamento de efluentes e poluição pluvial do Igarapé “Pau Grande”, além de instalar bacias de

acumulação de chorume sem licença ambiental causando degradação ambiental pela retirada da vegetação e elaborar e apresentar projeto e estudo ambiental parcialmente enganoso no processo de licenciamento (DIFISC/SEMAS,2017)

O Município de Marituba, por sua vez, declarou em 20/03/2017 situação de emergência pública, em decorrência do desastre ambiental decorrente do aterro sanitário através do Decreto Municipal 508/2017 que dispõe sobre os passivos ambientais e sociais que estão acometendo a população de Marituba por falta de cumprimento às condicionantes de operação do empreendimento. Considerando ser de conhecimento público a situação de risco e a prática de danos ambientais e riscos à saúde gerados na má gestão do aterro. E busca através do Art. 6º do mesmo instrumento promover ações para instalação de uma nova tecnologia de tratamento do lixo e do chorume produzido, tendo em vista a brevidade no fim da operação do aterro (MARITUBA, 2017).

Apesar de ser considerada a melhor forma de se dispor resíduos sólidos, o aterro sanitário de Marituba tem passado uma imagem totalmente contrária. Pois não está cumprido com as determinações impostas pela PNRS, no que diz respeito a ser um local ambientalmente adequado. Segundo Vasconcelos Jr. e Corrêa (2017), o gerenciamento feito pela RMB é um tanto ineficaz, pois não existem investimentos ou inexitem políticas públicas voltadas para a questão do lixo, pois se houvesse incentivo à coleta seletiva, educação ambiental por parte da população a quantidade de resíduos dispostos no aterro de Marituba seria mínimo, o que poderia amenizar a situação em que se encontra. Desta maneira nota-se que os municípios que fazem parte da RI-Belém não estão cumprindo com as determinações feitas pela PNRS.

Quanto aos outros municípios que compõe a RI-Belém, todos possuem lixão a céu aberto atualmente, segundo dados do diagnóstico anual de resíduos sólidos do Sistema Nacional de Saneamento (SNIS) de 2016.

Dessa forma é de suma importância o estudo prévio de áreas para implantar um aterro sanitário, a fim de minimizar ou mesmo evitar danos socioambiental. Goez (2015) afirma que um bom desempenho de um aterro sanitário está diretamente ligado a área ao qual será implantado e que esta área deve estar de acordo com as normas técnicas específicas e legislação ambiental.

4.3. Gerenciamento de Resíduos Sólidos na Região Imediata de Belém

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) define-se que o gerenciamento de resíduos sólidos compreende a um conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, em etapas de coleta, transportes, transbordo, tratamento e destinação ambientalmente adequada. Quanto à disposição ambientalmente adequada dos rejeitos, a referida lei diz que esta deve estar em conformidade com plano municipal de gestão integrada ou com o de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos conforme esta lei (BRASIL, 2010).

Os Planos de Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos estão entre os instrumentos da PNRS (Art. 8º, Inciso I), e conforme o Art. 14, Incisos I a VI pode ser definido como o plano nacional, estadual, microrregionais, intermunicipais, municipais e de gerenciamento de resíduos sólidos (BRASIL, 2010), que conforme com a supracitada lei os planos estaduais e municipais deveriam ser elaborados dois anos após a sua publicação. Segundo Castilho Jr. (2002) os Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PERGIS) abrange vários subsistemas com funções diversas, como de planejamento estratégico, técnico, operacional, gerencial, recursos humanos, entre outros. E é através destes planos que se estipula metas para a melhoria do gerenciamento nos municípios.

Segundo o Art. 17º da PNRS os planos de gestão de resíduos sólidos devem abranger todo o território do Estado num período de vinte anos, sendo revisados a cada quatro anos. Sendo assim, os municípios brasileiros tiveram prazo encerrado em 02 de agosto de 2012 para apresentar os seus respectivos PERGIS, descumpridores assim o prazo, e como repreensão serão impedidos de receber repasses de recursos estaduais e federais para o setor de resíduos sólidos.

Em 2014, o governo do estado do Pará elaborou o Plano de gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Estado do Pará (PEGIRS) cumprindo assim umas das determinações da PNRS, em que esta determina que após a publicação da referida lei, estados e municípios elaborem os seus planos de gestão integrada de resíduos sólidos. Nota-se que o estado cumpriu, porém após a data especificada na PNRS.

Ressalta-se que esses planos foram impostos para que os estados possam ter acesso a recursos da união destinados à gestão dos resíduos sólidos. Estes planos devem apresentar alguns conteúdos mínimos como: diagnósticos sobre impactos socioeconômicos e ambientais provenientes de resíduos, metas para eliminação e

recuperação de lixões, inclusão de catadores, programas e projetos para atender as metas previstas, viabilizar a gestão consorciada, zonas favoráveis para localização de unidades de tratamento de resíduos sólidos e de disposição final de rejeitos, etc.

O PEGIRS-PA teve por objetivo trazer o diagnóstico atual dos resíduos sólidos urbanos do Estado, sendo estes retratados por Região de Integração (RI), no qual se escolheu um município polo para fazer a análise da gestão de resíduos sólidos. Onde foram apresentados dados quanto à geração, coleta, destino final, projeto para implementação de aterros, sistema de recuperação de materiais recicláveis, catadores, plano municipal de gestão integrada de RSU e sustentabilidade financeira. Verifique alguns levantamentos do PERGIS dos Municípios-polo das RI na Quadro 3.

Quadro 3 – Diagnósticos sobre o gerenciamento de resíduos sólidos nas RI do Pará.

Região de Integração	Geração de Resíduos (RI) (Ton/dia)	Polos	Destino	Projeto (implantação de Aterro sanitário)	Plano municipal de gestão integrada de RSU.
RI Araguaia	254,9	Redenção	Lixão	Não existe	Esperando análise SEMAS-PA
RI Baixo Amazonas	376,7	Santarém	Aterro Controlado	Não existe	Em fase de elaboração
RI Rio Caetés	270,4	Bragança	Lixão	Não existe	Não existe
RI Tapajós	122,8	Itaituba	Lixão	Não existe	Não Existe
RI Carajás	460,0	Marabá	Aterro sanitário emergencial	Previsão de ampliação do atual aterro	Não existe
RI Guamá	369,2	Castanhal	Lixão	Não existe	Não existe
RI Lago Tucuruí	196,6	Tucuruí	Lixão	Não existe	Não existe
RI Marajó	190,9	Breves	Lixão	Em fase de elaboração	Em fase de elaboração
RI Metropolitana	1.902,0	Belém	Aterro Controlado	CTR Guajará	Sim
RI Tocantins	319,0	Cametá	Lixão	Não existe	Não Informado
RI Xingú	212,6	Altamira	Lixão	Em Implantação	Sim
RI Rio Capim	276,5	Paragominas	Aterro sanitário	Não existe	Não existe

Fonte: Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Estado do Pará – 2014, adaptado e elaborado pelo autor.

O quadro 3 revela que os municípios do Estado não estão nos moldes da PNRS, pois em sua maioria o lixão a céu aberto ainda é o destino final de resíduos de muitos municípios e que apesar de a PNRS estipular um prazo de quatro anos para o fim dos lixões muitos ainda não estão com projetos em implementação, ainda quanto à elaboração do plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos apenas

Altamira e Belém informaram que o possui. Dessa forma, constata-se a falta de responsabilidade quanto ao cumprimento da PNRS dos municípios do Estado.

O diagnóstico realizado pelo PGIRS foi de suma importância para se compreender como está a gestão dos resíduos sólidos no Estado do Pará. Porém, quanto à gestão dos municípios utilizaremos os dados do ministério do meio ambiente através do Sistema Nacional de Informações sobre a gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR) e do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), em que este apresenta diagnósticos anuais sobre resíduos sólidos desde o ano de 2002 e sua última publicação foi em 2016.

A pesquisa do Ministério do Meio Ambiente com as unidades da federação em 2015 levantou alguns dados sobre os planos de gestão integrada de resíduos sólidos e sobre a destinação final dos resíduos, além de dados sobre população estimada. Esses levantamentos são de suma importância para se compor uma análise sobre os municípios pesquisados neste trabalho. Onde os dados podem ser analisados no Quadro 4.

Quadro 4 – Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.

Município	O município possui PGIRS nos moldes da PNRS?	Esse plano abrange apenas esse município	Onde é depositada a maior parcela dos RSU coletados?	O local é no próprio município?
Ananindeua	Não	----	Aterro sanitário	Não
Belém	Sim	Sim	Aterro sanitário	Não
Benevides	Sim	Sim	Lixão	Sim
Colares	Sim	Sim	Lixão	Sim
Marituba	Sim	----	Aterro sanitário	Sim
Santa Bárbara do Pará	Sim	Sim	Lixão	Sim
Santa Isabel do Pará	Não	----	Lixão	----
Santo Antônio do Tauá	Não	-----	Lixão	-----
São Caetano de Odivelas	Não	----	Lixão	-----
Vigia	Sim	Sim	Lixão	Sim

Fonte: Adaptado, Ministério do Meio Ambiente, Sistema Nacional de Informações sobre a gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR, 2015). Elaboração: Autor.

De acordo com os diagnósticos referentes ao quadro 4, podemos notar que apenas os municípios Ananindeua, Belém e Marituba possuem aterro sanitário conforme o estabelecido pela PNRS, e quanto ao PIRGS municipais dos municípios pesquisados somente Ananindeua, Santa Isabel do Pará, Santo Antônio do Tauá e São Caetano de Odivelas não o possuem.

A PNRS foi promulgada em 2010 e apesar de estipular períodos para que os municípios se enquadrem nos moldes da referida lei, ainda assim muitos deixam de cumprir tais determinações, e o único prejudicado com a falta de compromisso é a população e o meio ambiente que sofre os malefícios advindos desta má gestão. Conforme preconiza Lucena (2016), um sistema de gerenciamento ideal é aquele que tenta minimizar a quantidade de lixo gerada, levando em consideração o atendimento das necessidades sociais e buscando a sustentabilidade do sistema.

5. IDENTIFICAÇÃO DE NOVAS ÁREAS DE ATERROS SANITÁRIOS NA REGIÃO DE INTEGRAÇÃO METROPOLITANA

Conforme estabelecido por Borges, Guedes e Barros (2012) o local escolhido para se implantar um aterro sanitário deve possuir características que permitam o controle dos riscos ambientais e sociais, assim como facilitar o transporte do lixo coletado. Ainda para autora, este local deve ser longe de zonas urbanas, contudo deve estar próxima aos centros de coleta do lixo.

Para Barros (2012) a localização de um aterro sanitário deve haver segurança sanitária e ambiental, possuindo condições favoráveis do ponto de vista hidrogeológico, geotécnico e topográfico, além de ser distante de centros populacionais e em conformidade com o zoneamento regional.

Por sua vez Rocha, Brito Filho e Silva (2004) aponta alguns problemas para implantação de aterros como: a possibilidade deste em poluir o solo e os recursos hídricos (superficiais e subterrâneos); a geração de gases originados pela decomposição do lixo aterrado; a necessidade de encontrar terrenos próximos aos locais de produção de lixo, pois o custo de operação é elevado e a resistência dos moradores nas cercanias do aterro.

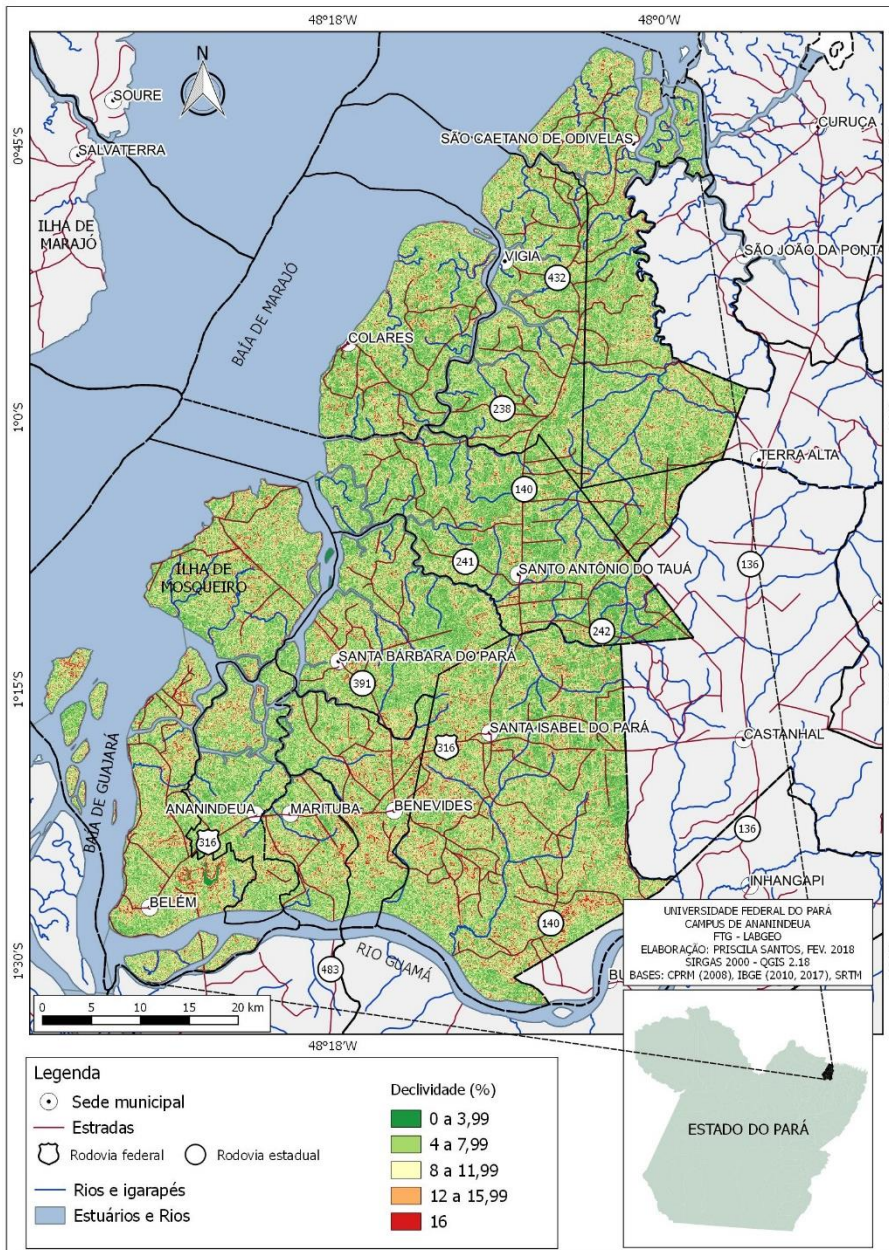
Dessa maneira, para minimizar os problemas causados pela instalação de aterros sanitários, devem ser adotados principalmente as normas brasileiras NBR 13896 (ABNT, 1997), NBR 8419 (ABNT, 1992) e NBR 10157 (ABNT, 1987), onde ambas fixam condições mínimas exigíveis para implantação e operação de projeto de aterros de resíduos não perigosos, para aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos e aterros sanitários de resíduos perigosos. (GOEZ, 2015)

Conforme a NBR 13.896/1997, a avaliação da adequabilidade de um local a ser utilizado para implantação de um aterro sanitário convém ser aquela que possibilite o menor potencial para geração de impactos socioambientais, tais como: localização fora de áreas de restrição ambiental, solos com pouca permeabilidade, declividade apropriada, distância mínima de núcleos populacionais, de cursos d'água, que possibilite uma maior vida útil para o empreendimento, que tenha baixos custos de instalação e operação do aterro, menor distância da zona urbana geradora dos resíduos, disponibilidade de material de cobertura; e que possua a aceitação da população do entorno (GOEZ, 2015).

Sendo assim, foi elaborado um mapeamento referente à adequabilidade sobre a localização de áreas para se implantar um aterro sanitário na Região Imediata de Belém (RI-Belém), onde foram produzidos mapas conforme o que preconiza as normatizações seguidas.

Inicialmente foi realizado o mapeamento quanto à declividade da RI-Belém, fazendo uso dos parâmetros da NBR 13896/1997 que recomenda áreas com declividade superior a 1% e inferior 30 %, nota-se no Mapa 02 que a RI-Belém possui variação de declividade de 0 a 16 %, revelando que são áreas sem nenhum problema para implantação de aterros sanitários, quando se trata declividade.

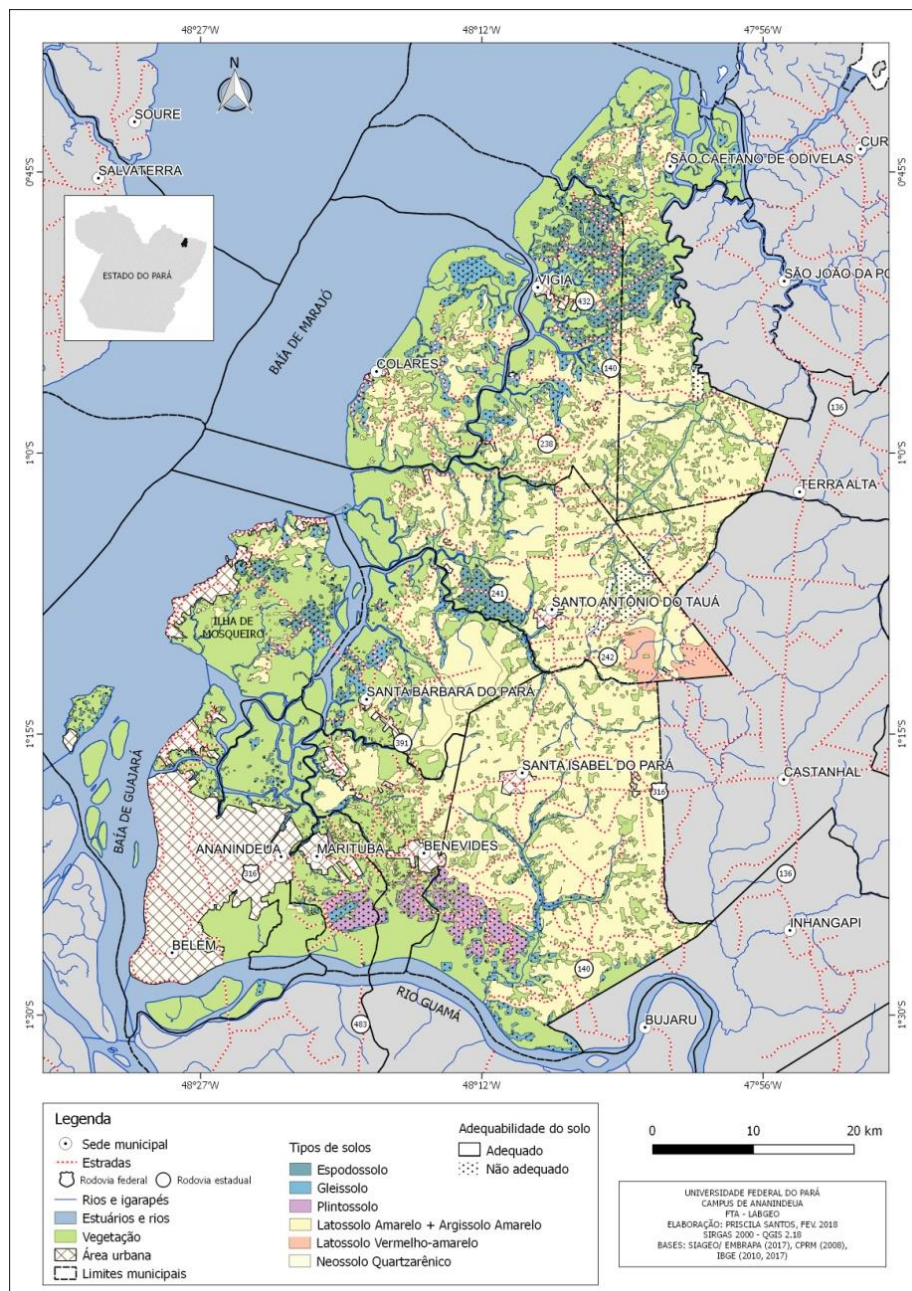
Mapa 2 – Mapa de declividade da área de estudo.



Fonte: Elaboração Própria.

Quanto ao tipo de solo os mais desejáveis são os que possuem maior impermeabilidade, como preconiza Donato (2010) isto se dá, pois os solos que possuem grande permeabilidade permitem a contaminação dos lençóis freáticos pela possível percolação do chorume concentrado nos aterros sanitários. No Mapa 3 são apresentados os tipos de solos existentes na RI-Belém, que em sua maioria são compostos por latossolos e argissolos amarelos, além de possuírem em menor expressão outros tipos de solos como espodossolos, plintossolos, gleissolos, latossolos vermelho amarelo e neossolo quartzarênico.

Mapa 3 – Mapa de solos da RI-Belém.



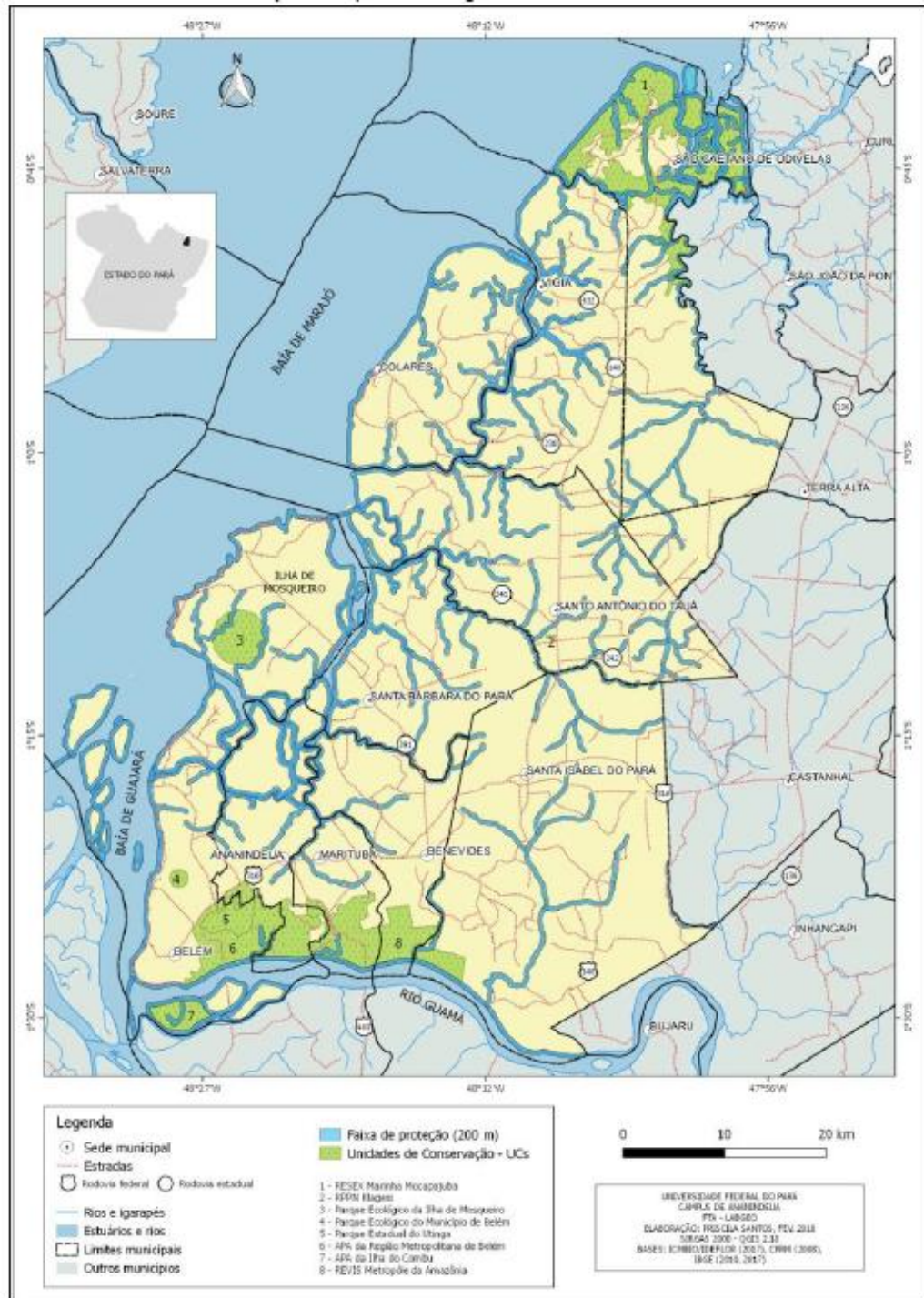
Fonte: Elaboração Própria.

Quanto à textura, os solos encontrados na RI-Belém são caracterizados assim: os espodossolos possuem uma textura arenosa, gleissolos com textura argilosa siltosa, o plintossolo e o latossolo possuem texturas média argilosas, sendo esses os que melhor se adequaram aos critérios exigidos nas normas, sobretudo os concrecionários. Dalmas apud Oliveira (2005, p.53) diz que “por serem solos fáceis de escavar e ainda bastante profundos e porosos são muito apropriados para cemitérios e aterros sanitários”.

A baixa permeabilidade do solo torna-se um fator ideal para um aterro, funcionando como filtro, pois retém as substâncias à medida que o chorume se movimenta através deles, reduzindo seu poder de contaminação (SILVA E ZAIDAN, 2004). Ressalta-se que apesar dos autores falarem sobre o chorume se movimentando entre os solos, o aterro sanitário deve possuir projetos de engenharias que impermeabilize-o antes de ser utilizado para o descarte de resíduos sólidos. Goetz (2015) apud Monteiro et al. (2001) “alerta para a importância da identificação do tipo de solo, visto que é o responsável pela capacidade de depuração e da velocidade de infiltração, sendo preferíveis solos com certa impermeabilidade natural, com características argilosas e nunca arenosas, com vistas a reduzir as possibilidades de contaminação do aquífero”.

Outro critério analisado foi quanto à distância de recursos hídricos, que segundo a norma utilizada para esta pesquisa o mesmo deve estar a 200 m de qualquer curso d'água sendo estes rios, igarapés, lagos etc. O Mapa 4 representa as drenagens da região já com o fator de restrição de 200 m, além de representar as unidades de conservação existente na região.

Mapa 4 – Mapa de drenagens e UCs da RI-Belém.



Fonte: Elaboração Própria.

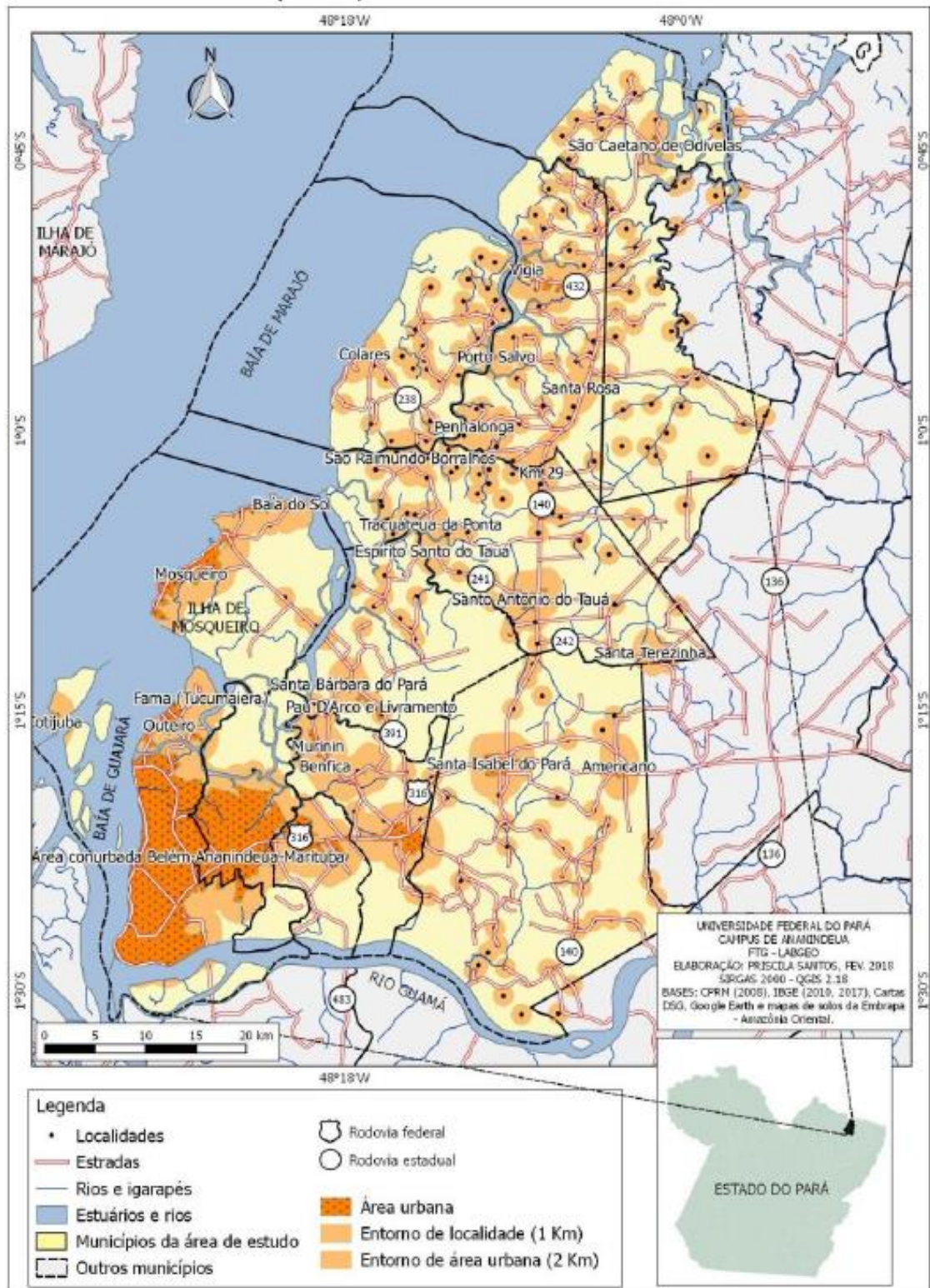
Quanto às unidades de conservação apresentada na figura acima, estas se tornam importante devido corresponderem a espaços que têm como objetivo garantir a conservação de sua qualidade ambiental, além da sua zona de amortecimento, buscando assim o equilíbrio ambiental necessário para sociedade e meio ambiente. Desta forma, existem legislações específicas para garantir sua integridade e de seu

entorno, a lei 9.985/2000 instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (UCs) buscando justamente estabelecer normas para gestão destas unidades, assim como a proteção de suas Zonas de Amortecimento (ZAs), salvo as Áreas de Proteção Ambiental (APA) e as Reservas de Patrimônio Particular Natural (RPPN) todas as outras unidades de conservação terão ZAs (BRASIL, 2000). Estas ZAs são determinadas conforme o plano de manejo das UCs.

O Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), através da resolução 428/2010 que tem como objetivo regulamentar os procedimentos de licenciamento ambiental de empreendimentos de significativo impacto ambiental que afetem as UCs específicas ou suas ZAs estabelece 3 km de ZA para UC sem plano de manejo para empreendimentos com significativo impacto ambiental e 2 km para aqueles que não precisam de Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental, que não possuem plano de manejo. Das UCs encontradas na área de estudo apenas o Parque estadual do Utinga possui plano de manejo, e determina 1 km para sua ZA. Os demais estão com planos em elaboração. Dessa forma para que qualquer empreendimento que se implantar próximo a UCs deverá obedecer ao que está estabelecido na resolução supracitada.

Para determinar as distâncias de áreas urbanas este estudo fez-se uso do que foi determinado por Crespo (2006) que determinou 2 000 m para distanciamento de áreas urbanas para implantação de aterros no município de Canaã do Carajás, onde levou em consideração a taxa de crescimento da população. Quanto às localidades foi determinada uma distância de 1 000 m, considerando o apontado na normatização utilizada neste estudo que ressalta a distância mínima a núcleos populacionais – deve ser avaliada a distância do limite da área útil do aterro a núcleos populacionais, recomendando-se que esta distância seja superior a 500 m (NBR, 1997). Os fatores apresentados podem ser analisados no Mapa 5.

Mapa 5 – Mapa de Áreas urbanas e Localidades.



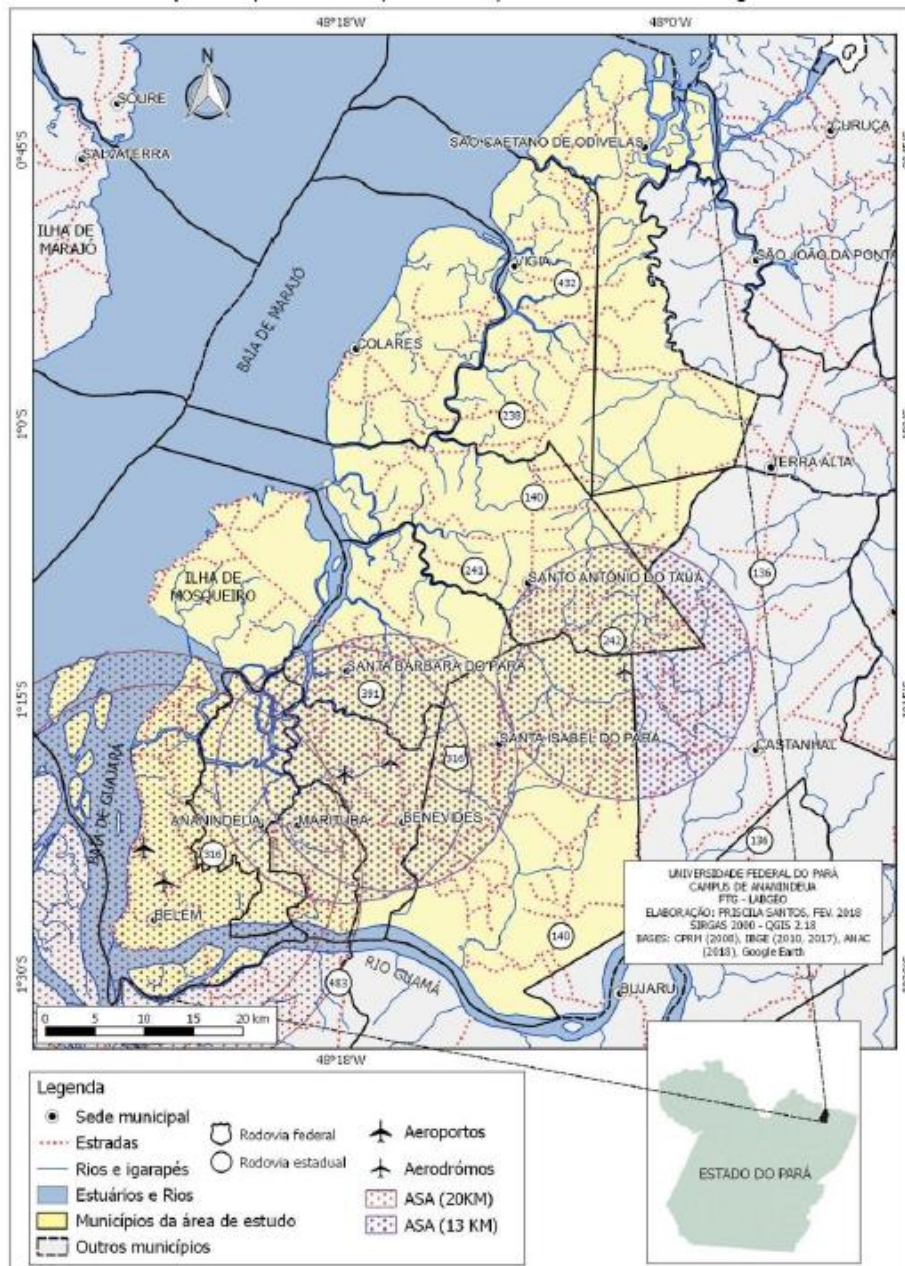
Fonte: Elaboração Própria.

A resolução 04/1995 do CONAMA estabelece as áreas de segurança aeroportuárias, visando o distanciamento de empreendimentos que possam atrair

aves, onde estas podem ocasionar acidentes. Onde esta preconiza que mesmo com a diminuição do número total de incidentes e/ou acidentes aéreos nos últimos anos, houve o aumento de incidência referente à colisão de aeronaves com pássaros (CONAMA, 1995).

Sendo assim, considerando o que determina esta resolução, foi elaborado um raio de 13 km para aeródromos e 20 km para aeroportos encontrados na região (Mapa 6).

Mapa 6 – Mapa de localização dos aeroportos e aerodrómos da região.

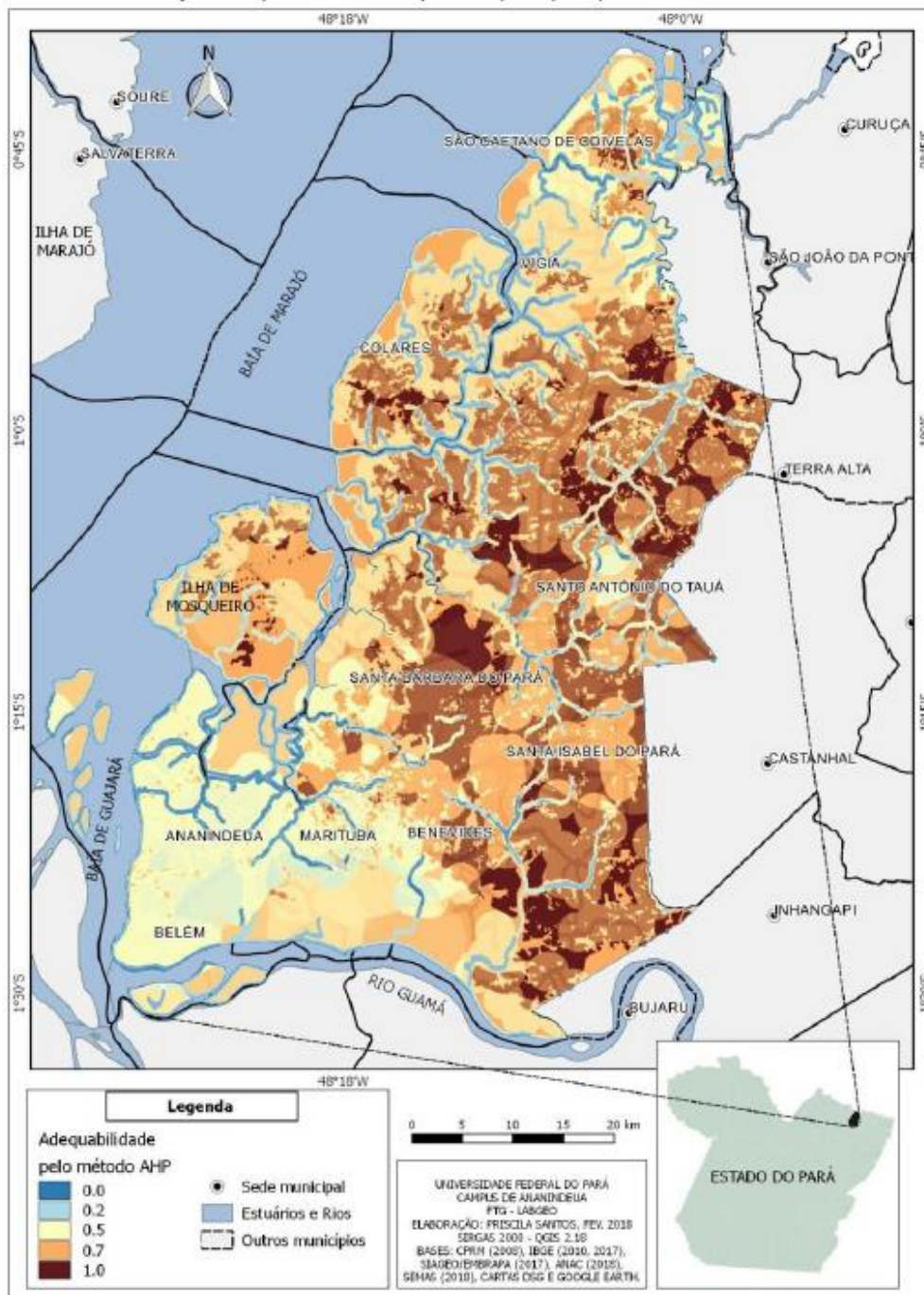


Fonte: Elaboração Própria.

Posterior ao mapeamento levantado, através dos fatores apresentados na norma técnica e nas resoluções do Conama para se localizar as áreas para aterro sanitário, foi realizada a análise multicritério pelo método Analytic Hierarchy Process (AHP), onde foram determinados pesos conforme restrições recebidas por cada fator.

A RI-Belém possui uma área aproximada de 4.974,12 Km² e conforme resultado adquirido pelo AHP somente 262,51 km² estão disponíveis para localização de aterros sanitários na região (Mapa 7).

Mapa 7 – Mapa de áreas adequadas após aplicação do método AHP.



Fonte: Elaboração Própria.

Através da análise pelo método AHP foi calculada a adequabilidade de áreas possíveis para se instalar um aterro sanitário a partir das restrições de cada fator, este método consiste em atribuir pesos para cada variável analisada, estes variando de 0 para não adequado e 1 para adequado, conforme apresentado no mapa as áreas com valores 1 são as mais adequadas dentro desta área de estudo. Ressalta-se que o total (262,51 km²) representa apenas 5,28% da RI-Belém, veja na Tabela 4 os municípios que ainda possuem áreas disponíveis para implantar aterros sanitários na região.

Tabela 4 – Municípios com áreas disponíveis

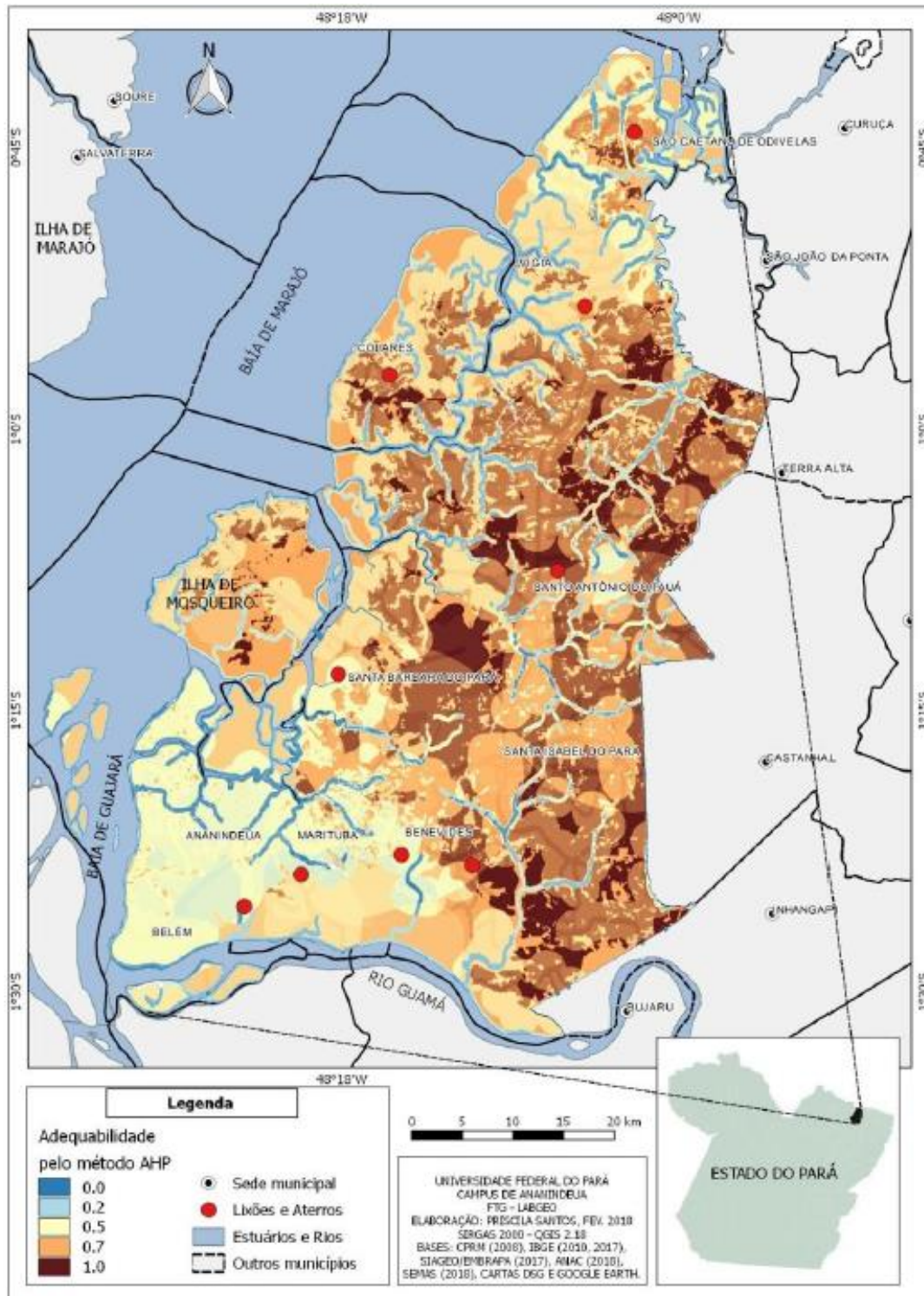
Municípios	Áreas em ha.	Área em km ²
Santa Izabel do Pará	7.395,17	73,95
Vigia	6841,01	68,41
Santo Antônio do Tauá	3.827,56	38,28
Santa Bárbara do Pará	3.413,01	34,13
São Caetano de Odivelas	3.126,30	31,26
Colares	1.323,31	13,23
Belém	324,56	3,25

Fonte: Elaboração Própria.

Nota-se que dos dez municípios da RI-Belém analisados, apenas sete ainda dispõem de alguma área para se implantar um aterro. Santa Izabel é o que possui maior área, enquanto que Belém é o que possui a menor área, localizada na ilha de Mosqueiro, Ananindeua, Marituba e Benevides não constam com nenhuma área adequada para implantação de aterros se os fatores aqui apresentados, tendo em vista que Ananindeua por mais de 25 anos recebeu os lixos advindos da Região Metropolitana de Belém e Marituba que atualmente possui o Aterro sanitário e está recebendo os resíduos de Belém, Ananindeua e do próprio município.

No Mapa 8 pode-se verificar os lixões e aterros de todos os municípios pertencentes à área de estudo sobrepostos no mapa resultante do método AHP, onde foram analisadas as possíveis áreas adequadas para receber um aterro sanitário. Percebe-se nessa análise que somente os lixões dos municípios de Santo Antônio do Tauá e Santa Isabel do Pará, possuem lixões em áreas adequadas, porém ambos possuem lixões a céu aberto, não estando enquadrado nos moldes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

Mapa 8 – Mapa de localização dos lixões e aterros da RI-Belém



Fonte: Elaboração Própria.

De acordo com Silva (2010, p.78). “as técnicas de suporte a decisão apoiadas em Sistema de Informações Geográficas (SIG) e outras Geotecnologias têm consistido em uma importante ferramenta de análise e planejamento de locais para instalação de aterros sanitários”. Dessa forma, a metodologia empregada para se encontrar áreas adequadas na RI-Belém tornou-se eficaz, pois foram identificadas e quantificadas as áreas somente através de técnicas de geoprocessamento.

Vasconcelos Jr. e Corrêa (2017) informam que o estudo de áreas adequadas para o funcionamento de um aterro sanitário é uma etapa de suma importância, que pode anteceder o processo de licenciamento do empreendimento.

Dessa forma ajudaria muitas prefeituras na hora de escolher um local para disposição final de resíduo sólidos e rejeitos, pois “áreas adequadas [para a instalação de aterros sanitários], além de promoverem a proteção ao ambiente e à saúde pública, representam menores gastos com as etapas de implantação, operação e encerramento do empreendimento, proporcionando economia em todo o processo” (LINO, 2007, p.2).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo realizado para identificação de possíveis locais para se instalar aterros sanitários na Região Imediata de Belém (RI-Belém) foi de suma importância, pelo fato de que estes empreendimentos podem acometer a população local com sérios problemas de cunho ambiental e social.

Fazer um estudo prévio pode evitar transtornos futuros como os causados pelo lixão do Aurá e pelo atual aterro sanitário de Marituba, onde este possui menos de três anos de funcionamento, se fosse realizada uma pesquisa como a que foi elaborada neste trabalho, certamente a área onde se encontra o aterro de Marituba não seria essa. Vimos na pesquisa que da Região metropolitana de Belém, somente Santa Isabel do Pará possui uma boa área ainda disponível.

As técnicas de geoprocessamento e a análise multicritério utilizados podem ser aplicadas em vários outros estudos, até mesmo por municípios e em vários seguimentos, principalmente ambiental. Segundo Donato (2010, p.79), “as técnicas de geoprocessamento possuem abrangência em diferentes áreas de aplicação, sendo a área de análise ambiental uma das mais favorecidas, pois as ferramentas disponíveis facilitam o trabalho de análise integrada de dados e permite a simulação de inúmeros processos e fenômenos naturais”.

Constatou-se que na região estudada a maioria dos municípios não possuem planos de gestão para resíduos sólidos, e que apesar de existir uma lei que estabelece parâmetros para uma boa gestão de resíduos, esta não é cumprida. E que para os problemas ocasionados pelo o aumento dos resíduos e a forma de disposição final inadequada, tem como principal solução o gerenciamento feito pela administração pública, pois se houvesse a cooperação entre as diferentes esferas do poder público, do setor empresarial e da sociedade em geral a problemática relacionada com o aumento de resíduos sólidos e locais para a disposição final seria minimizada, pois a coleta seletiva, logística reversa, a reciclagem, existiriam e o que seria levado para os aterros seria apenas o que não pode ser aproveitado. Fazendo com que a vida útil de um aterro fosse elevada.

Sendo assim, a discussão feita neste trabalho sobre uma temática que tem gerado tantos problemas para população e meio ambiente, pode sim ser revista e reanalisada conforme os parâmetros descritos na Política Nacional de Resíduos Sólidos, que os projetos de aterros sanitários possam ser elaborados conforme o descrito nas normas

da ABNT, não cometendo o mesmo erro que a administradora do aterro sanitário do Município de Marituba, pois se houvesse estudado os locais de acordo com as normas e as resoluções do conama, assim como as legislações ambientais não ocorreria os problemas que a população do município de Marituba está passando com o aterro sanitário instalado em local inadequado conforme foi analisado nesta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ARANTES, F. **Os resíduos sólidos domiciliares no município de Guarulhos: Análise das variáveis eficiência e sustentabilidade na gestão do aterro sanitário.** Dissertação. Universidade de São Paulo, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8849** - Apresentação de projetos de aterro controlado - procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1985.

_____ **NBR 10157** - Aterros de resíduos perigosos. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

_____ **NBR 8419** - Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

_____ **NBR 8419** - Aterros de resíduos não perigosos. Rio de Janeiro: ABNT, 1997^a.

_____ **NBR 10.004** – Resíduos Sólidos: classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil - 2016.** São Paulo: ABRELPE, 2016.

BECHARA, E. Dicionário da Língua Portuguesa. 1ed. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira, 2011.

BARROS, R. M. **Tratado sobre resíduos sólidos: gestão, uso e sustentabilidade.** Rio de Janeiro: Interciência; Minas Gerais: Acta, 2012.

BIJU, B. P. **Utilização do sistema de informação geográfica (SIG) na indicação de possíveis áreas aptas à disposição de resíduos de construção civil.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Curitiba, 2015.

BORGES, M. E.; GUEDES, R. M. BARROS, R. M. **Tratado sobre resíduos sólidos: gestão, uso e sustentabilidade.** Rio de Janeiro: Interciência; Minas Gerais: Acta, 2012.

BRASIL. Constituição. **Constituição da República Federativa do Brasil:** promulgada em 05 de outubro de 1988. Brasília: Senado Federal, 1988.

BRASIL. Lei nº 9.985, DE 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC.

BRASIL. Lei nº. 11.445/2007, de 05 de Janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. **Diário Oficial da União.** Disponível em: >http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso: 12 Mar. 2018.

_____. Lei nº. 12.305, de 02 de Agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da União**. Disponível em: >http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm<. Acesso: 12 Mar. 2018.

BROLLO, M. J; SILVA, M. M. **Política e Gestão Ambiental em Resíduos Sólidos**. Revisão e Análise Sobre a Atual Situação no Brasil, 2001. In: 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. João Pessoa/PB: ABES; 2001.

CABRAL, A. V. **ANÁLISE MULTICRITÉRIO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA PARA A LOCALIZAÇÃO DE ATERROS SANITÁRIOS**: O caso da região Sul da ilha de Santiago, Cabo Verde. FCSH, UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA, 2012.

CASTILHOS JUNIOR, Armando Borges de. **Alternativas de disposição de resíduos sólidos urbanos para pequenas comunidades**. 2002.

CASTILHO JR., **Resíduos Sólidos Urbanos: Aterros sustentável para município de pequeno porte**. ABES, RIMA. Rio de Janeiro, 2003.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução nº 01/1986**.

Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res95/res0495.html>>. Acesso em 13/03/ 2018.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução nº 04/1995**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res95/res0495.html>>. Acesso em 13/03/ 2018.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução nº 428/2010**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res95/res0495.html>>. Acesso em 13/03/ 2018.

CRESPO, D. P. **Estudo de Viabilidade Ambiental para Implantação do Aterro Sanitário de Canaã dos Carajás**. Monografia (Especialização) - Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências. Departamento de Cartografia. Belo Horizonte, 2006.

DALMAS, F. B. **Geoprocessamento aplicado à gestão de resíduos sólidos na UGRHI – 11**. Dissertação de mestrado. USP: São Paulo, 2008.

DEMAJOROVIC, J. **Da política tradicional de tratamento do lixo à política de gestão de resíduos sólidos as novas prioridades**. 1995. RAE Revista. Disponível em: ><http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rae/article/view/38249/36965><. Acesso em: 18 Jan. 2018.

FELICORE, T. C.; MARQUES, E. A.G.; SILVA, T. Q.; PORTO, B. B.; BRAVIN, T. C.; SANTOS, K. M. S. **Identificação de áreas adequadas para a construção de aterros sanitários e usinas de triagem e compostagem na mesorregião da Zona da Mata, Minas Gerais**. Eng Sanit Ambient: v.21 n.3 jul/set 2016, p. 547-560.

GÓES, Helívia Costa. **Coleta seletiva, planejamento municipal e a gestão de resíduos sólidos urbanos em Macapá/AP**. Planeta Amazônia: Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas, n. 3, p. 45-60, 2012.

GOEZ, L. L. **Avaliação de áreas para a implantação de aterro sanitário no município de Senador Canedo em Goiás**. Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Letras – Literatura e Crítica Literária, 2015.

GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ. Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade. **Relação de Autos de Infração - DIFISC/SEMAS**. Disponível em: > <https://www.semas.pa.gov.br/wp-content/uploads/2017/04/Resumo-dos-Autos-de-Infraacao.pdf> > Acesso 10/03/2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Atlas de saneamento 2011**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Divisão regional do Brasil em regiões geográficas imediatas e regiões geográficas intermediárias**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, SOCIAL E AMBIENTAL DO PARÁ. **Estatísticas municipais**. Sepof – PA.

INSTITUTO GEOEDUC. disponível em: <http://www.geoeduc.com/>

LINO, I. C. **Seleção de áreas para implantação de aterros sanitários: Análise comparativa de métodos**. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Rio Claro, 2007.

LUCENA, K. A. M. **Problemas ambientais gerados por aterros de resíduos sólidos não controlados: o caso de Ipueira-RN**. Monografia- Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Ensino Superior do Seridó - Campus Caicó. Departamento de Geografia. Caicó: UFRN, 2016.

MATOS, F. O.; MOURA, Q. L.; CONDE, G. B., MORALES, G. P. **Impactos Ambientais Decorrentes Do Aterro Sanitário Da Região Metropolitana De Belém-Pa: Aplicação De Ferramentas De Melhoria Ambiental**. Caminhos de Geografia Uberlândia. v.12, n. 39, set/2011, p. 297 - 305

MENEZES, G; NORAT, V. **A gestão integrada de resíduos sólidos sob a ótica da lei nº 12.305/2010: um estudo de caso no Município de Belém/Pa (ORG)**
CANTO, O.; CONDURÚ, M. T.; MORAES, S. C. **Gestão ambiental na Amazônia: conflitos, limites e possibilidades**. Belém, 2017.

MENEZES, S. J. M. C.; RIBEIRO, C. A. A. S.; LIMA, C. A.; SOUZA, M. O. A.. **Geotecnologias aplicadas à gestão ambiental. Gestão Ambiental: Perspectivas, Conceitos e Caso**. Diversidade e Gestão 1(1): 57-69. 2017.

MITSCHEIN, T. A; VILAR, L. J. M. **Catadora (e)s de Resíduos Sólidos na Região Metropolitana de Belém: (Neo) extrativistas dos Ecossistemas Urbanos na Floresta Amazônica.** Belém – PA, 201[?].

MORALES, G. P. **Avaliação ambiental dos recursos hídricos, solos e sedimentos na área de abrangência do Depósito de Resíduos Sólidos do Aurá.** Tese (Doutorado). Universidade Federal do Pará, Belém: 2002.

MUCELIN, C. A., BELLINI, L. M. **LIXO E IMPACTOS AMBIENTAIS PERCEPTÍVEIS NO ECOSSISTEMA URBANO.** In: Sociedade & Natureza, Uberlândia, 2008.

ORNELAS, A. R. **Aplicação de métodos de análise espacial na gestão dos resíduos sólidos urbanos.** Dissertação - Universidade Federal de Minas Gerais: UFMG, 2011.

PONTE, V. S. **Análise Antropológica da socialização das crianças no contexto social das famílias no trajeto do lixo no Aurá.** Dissertação. Centro de Filosofia e Ciências Humanas, UFPA, 2006.

PHILIPPI JR, A. **Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável.** Barueri, SP, 2005.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MARITUBA. **DECRETO 508/2017. Declara Situação de Emergência nas áreas do Município de Marituba afetadas por outras infestações.** Marituba, 2017.

ROCHA, C. H. B; BRITO FILHO, L. F; SILVA, J. X. Geoprocessamento aplicado seleção de locais para implantação de aterros sanitários: o caso de Mangaratiba – RJ. In: SILVA, J. X; ZAIDAN, R. T (organ). **Geoprocessamento e análise ambiental: aplicações.** BERTRAND BRASIL, 2004.

SILVA, A.D. **Geotecnologias e a problemática dos resíduos sólidos urbanos em Tefé, AM.** Dissertação (Mestrado - em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade da Amazônia) - Universidade Federal do Amazonas, UFAM, 2009.

SOUSA, C. O. M. **A Política Nacional dos Resíduos Sólidos: avanços e desafios.** Monografia (Pós-Graduação, Lato-Sensu) – Faculdade de Direito da Fundação Armando Álvares Penteado. São Paulo, 100p. 2012.

VASCONCELOS Jr, M. R; CORRÊA, R. S. S. **Impactos Socioambientais Causados pelo Aterro Sanitário no Município de Marituba-Pa.** II Seminário Nacional de Serviço Social, Trabalho e Políticas Sociais. UFSC, 2017.

Vaz, M. C. **Estudo da viabilidade de áreas para a construção de um aterro sanitário no município de Benevides – Pará.** Dissertação de Mestrado – Universidade da Amazônia. UNAMA: Belém - PA, 2015.