

O USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA AFERIÇÃO DE ÁREAS NÃO PRIORITÁRIAS EM INSTALAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO

USE OF GEOTECHNOLOGIES IN GAUGING NON-PRIORITY AREAS FOR THE INSTALLATION OF SANITARY LANDFILL

DENILSON DA SILVA **BEZERRA**^{1*}, GABRIELLE VIEIRA DA SILVA **BRASIL**²

1. Doutor em Ciência do Sistema Terrestre pelo INPE, docente da Universidade Ceuma; 2. Graduanda em Engenharia ambiental, Universidade Ceuma.

* Rua Josué Montello, 1, Renascença II, São Luís, Maranhã, Brasil. CEP: 65075-120. denilsonbezerra.ceuma@gmail.com

Recebido em 05/10/2016. Aceito para publicação em 16/11/2016

RESUMO

Um dos maiores problemas urbano/rural e ambiental da atualidade é a destinação inadequada de resíduos sólidos, que se agrava pelo crescimento populacional, falta de planejamento urbano e aumento da geração de resíduos per capita. A Política Nacional do Resíduos Sólidos tem objetivo a proteção da saúde pública e da qualidade ambiental, pela não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Nesse contexto, o uso de sistema de informações geográficas (SIG's) com seu potencial analítico, pode contribuir com a realização de análises de ordenamento territorial. Sendo assim, o presente estudo tem como objetivo demonstrar o potencial do geoprocessamento em análise e definição de áreas potencialmente restritas para instalação de um aterro sanitário na ilha do Maranhão, com o enfoque nas APPs, APAs, hidrografia e classes de solos. Para isso, foram gerados mapas através do cruzamento de informações, a partir do qual foi possível visualizar as áreas inadequadas para instalação do aterro.

PALAVRAS-CHAVE: Meio ambiente, aterro sanitário, resíduos sólidos.

ABSTRACT

One of the biggest urban / rural and environmental problems of today is improper disposal of solid waste, which is exacerbated by population growth, lack of urban planning and increase of waste generation per capita. The National Policy of Solid Waste has objective the protection of public health and environmental quality, not by generation, reduction, reuse, recycling and solid waste treatment and final disposal of environmentally sound waste. In this context, the use of geographic information system (GIS) with its analytical potential, can contribute to the achievement of regional planning analysis. Thus, this study aims to demonstrate the potential of GIS in

analyzing and defining potentially restricted areas for installation of a sanitary landfill on the Maranhão island, with a focus on APPs, APAs, hydrography and soil classes. Thus, we generate maps by crossing of information, from which to it was possible to view the areas unsuitable for the sanitary landfill.

KEYWORDS: Environmental, sanitary landfill, solid waste

1. INTRODUÇÃO

A grande quantidade de resíduos sólidos produzida nas áreas urbanas é um problema tanto de saúde pública quanto de conservação do meio ambiente. No Brasil, apenas 27,7% dos municípios utiliza aterro sanitário para destinação de seus resíduos¹. Expostos a céu aberto sem nenhuma forma de tratamento, esses resíduos, comprometem a saúde coletiva através da transmissão de doenças e oferecem maior risco de contaminação dos solos, águas e ar².

Um dos desafios da administração pública é a gestão adequada dos resíduos sólidos urbanos, pois há um aumento na quantidade de resíduos devido ao modo de consumo da atual sociedade, aumento populacional e a redução dos espaços físicos, dificultando cada vez mais o gerenciamento³.

Em 2010 foi aprovada a Política Nacional do Resíduos Sólidos-PNRS (Lei 12.305/2010) com objetivo de proteção da saúde pública e da qualidade ambiental, pela não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos⁴.

A ABNT⁵ diz que a disposição final ambientalmente adequada é a distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos. A PNRS exige no conteúdo mínimo do plano municipal de gestão

integrada integrado de resíduos sólidos, Art. 19, a identificação de áreas favoráveis para a disposição final dos rejeitos, observando o plano diretor e o zoneamento ambiental, se houver⁴.

No Brasil, os critérios para localização de aterros sanitários incluem: distâncias de rios, estradas, perímetro urbano, unidades de conservação e aeroportos, pouca ou nenhuma declividade do terreno, tamanho da área e vias de acesso em perfeitas condições, dentre outros⁶ e estão ordenados na NBR 13896.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, lei 12.305/2010, dentre outros objetivos, pretende acabar com os “lixões”, onde os resíduos são dispostos de forma inadequada e implantar os aterros sanitários para a destinação final de rejeitos⁴.

Com base nas premissas expostas acima, o Sistema de Informações Geográficas (SIG) utilizando um conjunto de informações georreferenciadas e um conjunto de técnicas de análises espacial pode ser uma ferramenta importante no apoio de tomadas de decisões, pois apresenta informações geográficas rápidas e confiáveis.

Com base no conhecimento existente, objetiva-se nesse estudo, demonstrar o potencial do geoprocessamento na análise e definição de áreas potencialmente restritas para instalação de um aterro sanitário na ilha do Maranhão, com o enfoque nas APPs, APAs, hidrografia e classes de solos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A Ilha do Maranhão é constituída pelos municípios de São Luís, São José de Ribamar, Paço do Lumiar e Raposa. Esta ilha encontra-se situada na Região Costeira do Estado do Maranhão e limita-se ao norte com o Oceano Atlântico; ao sul, com a baía de São José e o Estreito dos Mosquitos; a leste com a baía de São José e a oeste com a baía de São Marcos.

A Ilha do Maranhão no nordeste do Brasil foi selecionada como estudo para identificação de áreas não favoráveis para instalação de aterro sanitário. A referida ilha, também conhecida como Ilha de São Luís ou Ilha de Upaon Açú é um arquipélago com mais de 50 ilhas de vários tamanhos e procedências, localizada na costa norte do litoral brasileiro, na Amazônia brasileira entre 2°24'10"S-2°46'37"S e 44°24'30"W-43°59'43"W. A ilha possui 184,73 km² de manguezais⁷ e é densamente ocupada. Inclui a cidade de São Luís, capital do Maranhão e os municípios de São José de Ribamar, Raposa e Paço de Lumiar (Tabela 1).

O Estado do Maranhão possui um número de habitantes da ordem de 6.574.789 e sua capital São Luís está entre as 13 capitais brasileiras com maior população - 1.014.837 habitantes⁸. Em relação à densidade demográfica, se encontra na 16ª posição do maior para o menor,

ficando Fortaleza em primeiro lugar com 7.786,52 hab./km²⁹. Na região da Ilha do Maranhão, São Luís apresenta a maior densidade demográfica concentrando, aproximadamente, 94,45% da sua população na área urbana.

Tabela 1. População e densidade demográfica dos municípios que constituem a Ilha do Maranhão.

Município	Pop. Total	Pop. Urbana	Pop. Rural	Densidade demográfica
São Luís	1.014.837	958.522	56.315	1215,69
São José de Ribamar	163.045	37.709	125.336	419,82
Paço de Lumiar	105.121	78.811	26.310	842,63
Raposa	26.327	16.675	9.652	409,10

Fonte: IBGE, 2010⁸

O relevo da ilha é caracterizado por ondulações suaves com altitudes máximas em torno de 60 metros¹⁰ o que favorece intensa intrusão marinha nos rios e extensas áreas estuarinas¹¹. O litoral é intensamente recortado, com um perímetro de aproximadamente 626 km, ocupado em 90% por manguezais (Figura 1).

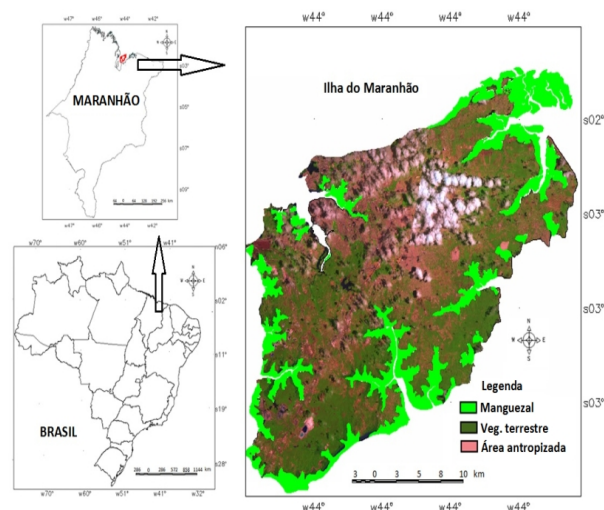


Figura 1. Área do estudo: Ilha do Maranhão (MA), região Nordeste do Brasil. Destaque para a área de manguezal presente na Ilha do Maranhão. Fonte: BEZERRA, 2008¹².

Segundo o IMESC⁹, na página 32: “...em 1988 existia um pouco mais de 600km² com vegetação, aproximadamente 250km² de área ocupada e solo exposto e 50km² de águas superficiais. Após 20 anos de intensos processos de urbanização, resultado do crescimento dos grandes projetos econômicos, expansão imobiliária, aumento das ocupações desordenadas, exploração mineral e vegetal entre outros usos, existia o equivalente a 500km² de área com vegetação e quase 350km² de área ocupada e solo exposto, demonstrando uma perda de

vegetação de 25%, aproximadamente”.

Essa ocupação desordenada pode gerar forma mais impactante e mais utilizada de destinação final de resíduos no Brasil, que são os lixões, pois se apresentam como soluções baratas aos municípios.

A destinação final dos resíduos de São Luís é realizada no Aterro da Ribeira, localizado a 15 km de distância da sede municipal e a 1,27 km das residências⁹. Ele está em funcionamento há cerca de 15 anos. São destinadas ao aterro da Ribeira, em média 1.400 toneladas de lixo por dia¹³.

Estudo realizado no Aterro da Ribeira em São Luís, foi constatado que não vinha sendo operacionalizado procedimentos exigidos pelas normas técnicas, tais como, espalha, compactar e cobrir com terra os resíduos sólidos¹⁴.

Banco de dados

Com uso do software Spring 5.0.6 desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) foi organizado um banco de dados preliminar (Figura 2) que contém os Planos de Informação contendo o mapeamento de uso e cobertura do solo, o mapa das classes de solos e um mapa de drenagem e unidades de conservação. O mapeamento de áreas estuarinas feito inicialmente pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) para o ano de 2008, e que foi atualizado por Bezerra em 2008¹² através da interpretação visual de imagens ETM/LANDSAT 5 (220/62, 2012) obtidas do catálogo de imagens do INPE. Estas imagens Landsat também foram utilizadas para classificar as demais classes de cobertura do solo de estudo: água, área antrópica, vegetação de terra firme e praia. Como mapa de classes de solos, utilizou-se também no banco de dados inicial o mapeamento realizado pelo Zoneamento Costeiro do Estado do Maranhão, em escala 1:100.000⁷.

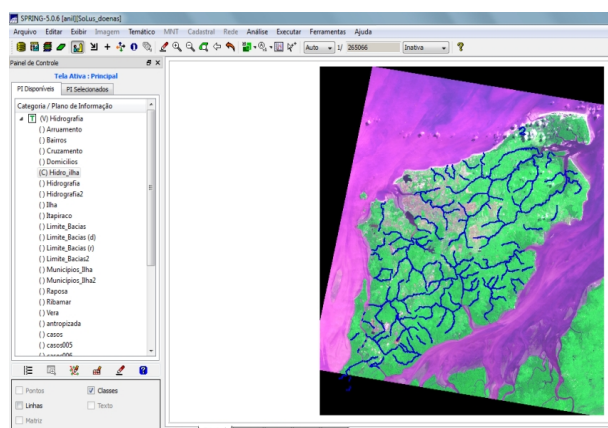


Figura 2. Banco de dados preliminar para a Ilha do Maranhão feito no software SPRING.

Fontes dos Dados:

- Imagens de satélite de média resolução LANDSAT/CBERS (catálogo de imagens do INPE);

- Imagens de satélite de alta resolução (Geo Catalogo MMA);
- Limite municipal da Ilha do Maranhão (IBGE);
- Dados hidrológicos da Ilha do Maranhão (IMESC);
- Limites das Unidades de Conservação (UC) e Áreas de Preservação Permanente (APP);
- Dentre outros.

O estudo foi realizado entre Agosto e Dezembro de 2014, onde os procedimentos metodológicos adotados foram baseados na manipulação de informações técnicas e ambientais no SIG. Foi criado um banco de dados, em seguida foram formado mapas, através do cruzamento de informações.

O cruzamento de dados com restrições (Figura 3) foi realizado utilizando o Spring 5.0.6 e ao final, foram gerados mapas que englobavam as atividades antrópicas, tipos de solos e unidades de conservação, área de preservação permanente e hidrografia da ilha, a partir do qual foi possível visualizar as áreas potencialmente inadequadas para a construção do aterro. Os resultados quantitativos absolutos foram obtidos através do cálculo de áreas do Spring, posteriormente foram tabuladas no Excel para cálculo das porcentagens.

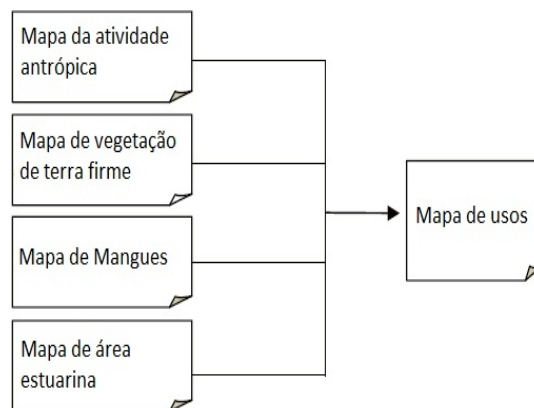


Figura 3. Esquema representando o cruzamento dos mapas temáticos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir serão apresentados os resultados obtidos na determinação de áreas não prioritárias para instalação de um aterro sanitário na Ilha do Maranhão, utilizando e demonstrando o potencial do geoprocessamento para análise geoespacial.

A Figura 4 demonstra a atividade antrópica, onde a região Centro-Norte é a que mais sofreu influência da atividade humana.

A Tabela 2 apresenta os resultados da análise geoespacial realizada para o estudo de caso em termos quantitativos. Os valores calculados indicam que quase metade da ilha já sofreu alguma ação do homem e 22% (16% dos mangues e 6% das áreas estuarinas) são regiões vetadas para instalação de aterro sanitário pois apresentaram-se como Área de Preservação Permanente- APP, de acordo com a Lei n. 12.651/2012 e CONAMA n. 303/02.

Os locais que representam a vegetação de terra firme representa quase 1/3 da ilha e não áreas muito indicadas para instalação de aterro, pois além de abrigarem UCs, são áreas que ainda não foram modificadas pelo ação humana. Assim, vale realizar um estudo mais criterioso nas áreas antropizadas a fim de evitar supressões desnecessárias.

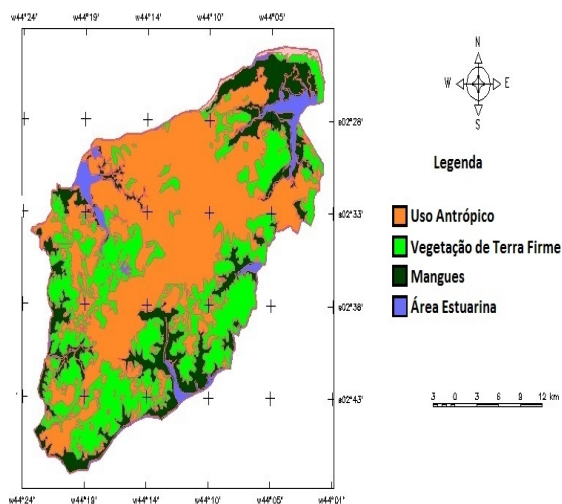


Figura 4. Uso antrópico da Ilha do Maranhão

Tabela 2. Resultados quantitativos da análise geoespacial da atividade antrópica.

Usos	Área (ha)	Área (%)
Manguezal	15813	16%
Vegetação De Terra Firme	30398,60	32%
Área Estuarina	5739,60	6%
Uso Antrópico	43874,80	45%
Outros	627,18	1%
Total	96453,18	100%

As características pedológicas da ilha recebem influência da deposição de sedimentos dos rios e das marés, resultando em três classes predominantes de solos¹⁵: solos indiscriminados de mangue, latossolo amarelo textura média e podzólico vermelho-amarelo concrecionário, (Figura 5) descritos a seguir¹⁶.

Solo indiscriminado de mangue: típico da vegetação de mangue, com solos gleizados, muito mal drenados, com altos teores de sais provenientes da água do mar e de compostos de enxofre, formados em áreas sedimentares baixas e alagadas onde ocorre acúmulo de matéria orgânica no litoral. No litoral maranhense, os solos indiscriminados de mangues estão distribuídos ao longo da faixa costeira da baixada litorânea, nas proximidades das desembocaduras de rios e margens de lagoas sob influência das marés.

Latossolo amarelo de textura média: é uma unidade caracterizada por possuir horizonte B latossólico, de

coloração amarela e transições graduais ou difusas entre seus horizontes. São solos profundos de baixa fertilidade natural, baixa saturação de bases e ácidos a fortemente ácidos.

Podzólico vermelho-amarelo concrecionário: compreende solos com sequência de horizontes A - Bt - C, com grande quantidade de calhaus e cascalhos de origem laterítica, em parte ou ao longo de todo o perfil. Geralmente estão associados às áreas de relevo fortemente ondulado, recobertas por vegetação do tipo Floresta tropical subperenifólia dicótilo-palmácea (babaçal).

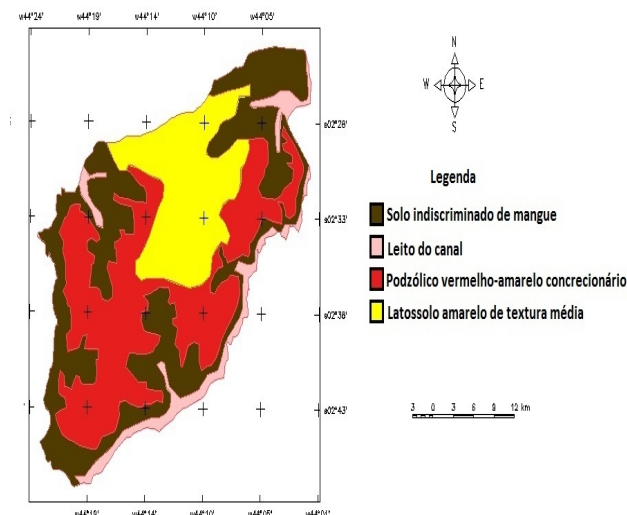


Figura 5. Critério eliminatório- Tipos de solos.

Levando em consideração os tipos de solos como critério eliminatório, foi obtido como resultado, de acordo com a Figura 5 e quantitativamente com a Tabela 3, que 43% da ilha é formado por solo indiscriminado de mangue e leito de canais. Essas áreas sofrem influência das mares e possuem grandes quantidades de matéria orgânica, sendo áreas propícias ao alagamento e formação de gases, além de abrigarem APP's, Com isso, não é recomendado a instalação de aterros nesses locais.

Tabela 3. Resultados quantitativos da análise geoespacial dos tipos de solo

Tipos de Solo	Área (ha)	Área (%)
Solo indiscriminado de mangue	36087,90	37%
Podzólico vermelho-amarelo concrecionário	33850,53	35%
Latossolo amarelo de textura média	20298,20	21%
Leito do canal	6216,55	6%
Total	96453,18	100%

Outros fatores de grande importância para análise de alocação de aterro sanitária, são as unidades de conservação e a hidrografia.

As Unidades de Conservação se caracterizam como sendo uma área de proteção ambiental e são legalmente instituídas pelo poder das três esferas (federal, estadual e municipal). As UC's estão legalmente divididas em dois grupos: Unidades de Conservação de Proteção Integral e Unidades de Conservação de Uso Sustentável, e apresentam níveis de proteção diferenciados. Para este trabalho foram mapeadas as APAs do Itapiracó e Maracanã, a Estação Ecológica do Rangedor e o Parque Estadual do Bacanga, em seguida foram cruzadas com dados de hidrografia e áreas de mangues (Figura 6).

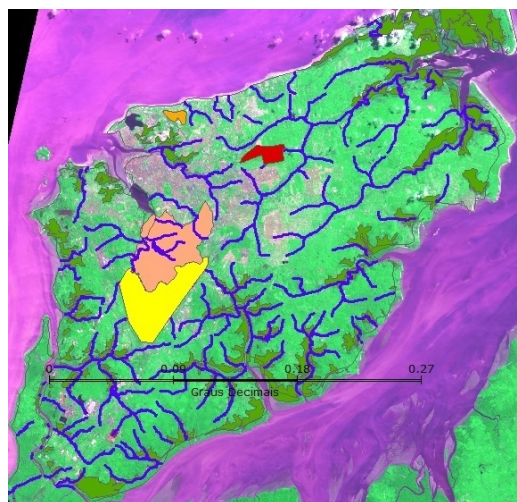


Figura 6. Critérios eliminatórios- UCs, APPs e hidrografia

Baseando-se no critério de distanciamento que atende a Portaria nº 124 de 20/08/80 do Ministério do Interior a qual estabelece que “quaisquer indústrias potencialmente poluidoras, bem como as construções ou estruturas que armazenam substâncias capazes de causar poluição hídrica, devem ficar a uma distância mínima de 200m de coleções hídricas ou cursos d’água mais próximos”¹⁷. E também a NBR 8419 de 03/84, onde é citada a necessidade de avaliação da bacia e sub-bacia hidrográfica onde se localizará um aterro sanitário.

A hidrografia da região é formada pelos rios Anil, Bacanga, Tibiri, Paciência, Maracanã, Calhau, Pimenta, Coqueiro e Cachorros. São rios de pequeno porte que deságuam em diversas direções abrangendo dunas e praias, a extensão total dos principais canais das bacias hidrográficas da Ilha do Maranhão é de 368,55 Km. Sendo que o rio Anil com 12,63km de extensão, e Bacanga com 233,84km drenam para a Baía São Marcos tendo em seus estuários áreas cobertas de mangues¹⁸.

A Figura 6 mapeia as principais unidades de conservação, mangues e hidrografia, e a tabela 4 demonstra a área e o perímetro das bacias hidrográficas da ilha do Maranhão, demonstrando assim, o potencial do geoprocessamento em análises de ordenamento territorial e evidencia a dificuldade para localizar área ambientalmente adequada para disposição dos rejeitos no ambien-

te estudado.

Tabela 4. Área e perímetro das bacias hidrográficas da ilha do Maranhão

Bacias Hidrográficas	Áreas (Km ²)	Perímetro (Km)
Anil	40,94	33,39
Bacanga	105,9	48,86
Tibiri	140,04	52,88
Paciência	153,12	73,95
Inhaúma	27,52	26,15
Parque Estadual do Bacanga	61,05	69,90
APA do Maracanã	100,46	60,04
Estação Ecológica Sítio Rangedor	41,65	36,92
APA do Itapiracó	81,18	60,36
Santo Antônio	16,48	24,98
Estiva	65,00	38,49
Geniparana	48,60	49,18
Guarapiranga		
Cachorros		
Itaqui		
Total	1.290,00	-

Fonte: Adaptado de Araújo, 2009¹⁸.

4. CONCLUSÃO

A problemática da disposição ambientalmente adequada dos rejeitos é antiga, devido ao seu potencial poluidor tem que ser tomada como prioridade. Há no Brasil um grande desafio em determinar áreas ambientalmente adequadas para destinação dos rejeitos, pois a maioria dos municípios ainda utiliza formas impropriadas. Nesse contexto, o geoprocessamento aparece como uma ferramenta extremamente útil em fornecer informações rápidas e confiáveis a respeito do assunto.

O presente estudo não visa fornecer uma resposta definitiva na escolha de locais à implantação de aterros sanitários, e sim, apresentar ferramentas que possam apoiar tecnicamente essa seleção.

Foi apresentada uma abordagem metodológica para estudo de alocação de aterros sanitários: a definição de áreas restritas através do cruzamento de dados. Ela

apresenta um potencial em fornecer informações e/ou dados que podem subsidiar a tomada de decisões. Essas informações são muito importantes em estudos que visem às definições de áreas aptas à instalação de aterros sanitários, uma vez que, com a determinação de locais não prioritário, o estudo mais criterioso utilizando toda a base da legal e técnica será direcionado.

REFERÊNCIAS

- [01] IBGE. Pesquisa nacional de saneamento básico, 1989/2008. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/impressa/ppts/0000000105.pdf>> Acesso em: 17 set. 2014.
- [02] FEAM. Orientações básicas para a operação de aterro sanitário / Fundação Estadual do Meio Ambiente. — Belo Horizonte: FEAM, 2006. 36p.
- [03] Bovea, M. D.; Ibáñez-Flórez, A.; Gallardo, A.; Colomer-Mendoza, F. J. Environmental assessment of alternative municipal solid waste management strategies. A Spanish case study. *Waste Management* 30 (2010), p. 2383-2395.
- [04] Brasil. Lei nº12.305, de 2 de agosto de 2010. Brasília, DF: [s.n], 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 21 set. 2014.
- [05] ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR - 8.419. Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos: Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1984. 7p.
- [06] ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13896: Aterro de resíduos não perigosos – Critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 1997.
- [07] ZCMA. Zoneamento Costeiro do Estado do Maranhão. Coord. (a). RebeloMochel, F. Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), CD-ROOM, 2003.
- [08] IBGE. Censo Demográfico 2010. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br>>. Acesso em: 21 set. 2014.
- [09] IMESC. Situação Ambiental da Ilha do Maranhão. Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos. São Luís: IMESC, 2011.
- [10] Pereira, E. D. & Zaine, J. E. 2007. Mapa geológico-geotécnico da bacia do rio Bacanga - São Luís (MA). *Geociências*, v. 26, n. 1: 45-54.
- [11] Silva Junior MG, Castro ACL, Soares LS & França VL. 2007. Relação Peso-comprimento de Espécies de Peixes do Estuário do Rio Paciência da Ilha do Maranhão, Brasil. *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia*, 20: 31-38.
- [12] Bezerra DS. O ecossistema manguezal em meio urbano no contexto de políticas públicas de uso e ocupação do solo na bacia do rio Anil, São Luís-MA. 2008. 122p. Dissertação (Mestrado em Saúde e Ambiente) Universidade Federal do Maranhão (UFMA), 2008.
- [13] Campos AEL, Nunes GS, Oliveira JCS. de and Toscano IAS. Avaliação da contaminação do Igarapé do Sabino (Bacia do Rio Tibiri) por metais pesados, originados dos resíduos e efluentes do Aterro da Ribeira, em São Luís, Maranhão. *Quím. Nova* [online]. 2009, vol.32, n.4, p. 960-964.
- [14] Campos AEL. Estudo Ambiental sobre o Aterro Sanitário da Ribeira, Edufma: São Luís, 1998.
- [15] EMBRAPA - MONITORAMENTO POR SATÉLITE (Campinas, SP). 2002. Zoneamento ecológico-econômico do Estado do Maranhão: Pedologia. Campinas. CD-ROM. Escala 1:500.000, Formato: Arquivo de Impressão (PRT), Projeções: UTM. (ZEEMA/02/053, Pedologia).
- [16] Rebelo-Mochel F, Castro ACL. Zoneamento Costeiro do Estado do Maranhão. Coord. (s). Rebelo-Mochel, F.; Castro, A. C. L. Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), CD-ROOM, 2003.
- [17] BRASIL. Ministério do Interior. Portaria nº 124 de 20 de agosto de 1980. Disponível em: <<http://ima.al.gov.br/wp-content/uploads/2015/03/Portaria-nb0-124.80.pdf>>. Acesso em: 16 de set. 2014.
- [18] Araújo EP, Teles MGL, Lago WJS. Delimitação das bacias hidrográficas da Ilha do Maranhão a partir de dados SRTM. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14, 2009. Anais. Natal: INPE, 2009, p. 4631-4638.