

## **Identificação de áreas aptas à implantação de equipamentos urbanos causadores de impacto ambiental**

Nilene Bastos Viana Cersósimo

Universidade Federal da Bahia  
Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo - PPGAU  
Rua Rubem Berta, nº. 170/502 – Pituba, Salvador, Bahia  
nil.cersosimo@hotmail.com

**Resumo.** Este trabalho pretendeu aplicar o método de Ian McHarg de identificação de áreas aptas à implantação de empreendimentos urbanos potencialmente poluidores, adaptado às tecnologias de Sistemas de Informações Geográficas – SIG, com o objetivo de reforçar a necessidade de revisão metodológica no processo atual de licenciamento destes empreendimentos. Como estudo de caso, foi adotado o aterro sanitário de Salvador, conhecido como Aterro Metropolitano Centro – AMC.

**Palavras-chave:** empreendimentos poluidores, impacto ambiental, aterro sanitário, SIG.

**Abstract.** This work intended to rescue Ian McHarg's method for identification of capable areas to the implantation of enterprises potentially pollutant, adapting it to the technologies of Geographical Information Systems - GIS.

As case study was adopted the landfill of Salvador, known as Aterro Metropolitano Centro - AMC.

**Key-words:** enterprises potentially pollutant, environmental impact, landfill, GIS.

## 1. Introdução

O acompanhamento contínuo das transformações que ocorrem na ocupação do solo de cidades e regiões é um dos maiores desafios para um conhecimento mais profundo dos principais momentos de ruptura da sua qualidade ambiental e de vida.

Na dimensão físico-espacial, os problemas urbanos têm se agravado pela forma como o espaço vem sendo estruturado, submetido a uma lógica que pouco considera a questão ambiental no seu processo de planejamento. Além disto, observa-se também que os instrumentos legais aplicáveis ao processo de avaliação de impacto ambiental, mesmo quando aplicados adequadamente, carecem de adaptação às tecnologias de análises espaciais existentes e acessíveis aos órgãos públicos.

Esta situação abre precedentes para implantação de equipamentos potencialmente poluidores em locais impróprios, trazendo conseqüências de abrangência e dimensões muitas vezes inestimáveis e irreversíveis quanto à degradação de recursos naturais e comprometimento da qualidade de vida da população.

Pelo exposto acima, este trabalho pretende reforçar a importância da valiosa contribuição metodológica sobre avaliação de impacto ambiental oferecida pelo Professor Ian McHarg na década de 60, a qual é perfeitamente adaptável à tecnologia de Sistemas de Informações Geográficas – SIG, conforme foi previsto pelo próprio McHarg, em seu livro *Design With Nature* (1968). Este método propõe um estudo prévio de avaliação de impacto ambiental, considerando aspectos fisiográficos e sociais, numa abrangência regional e é especificamente orientado à planificação espacial.

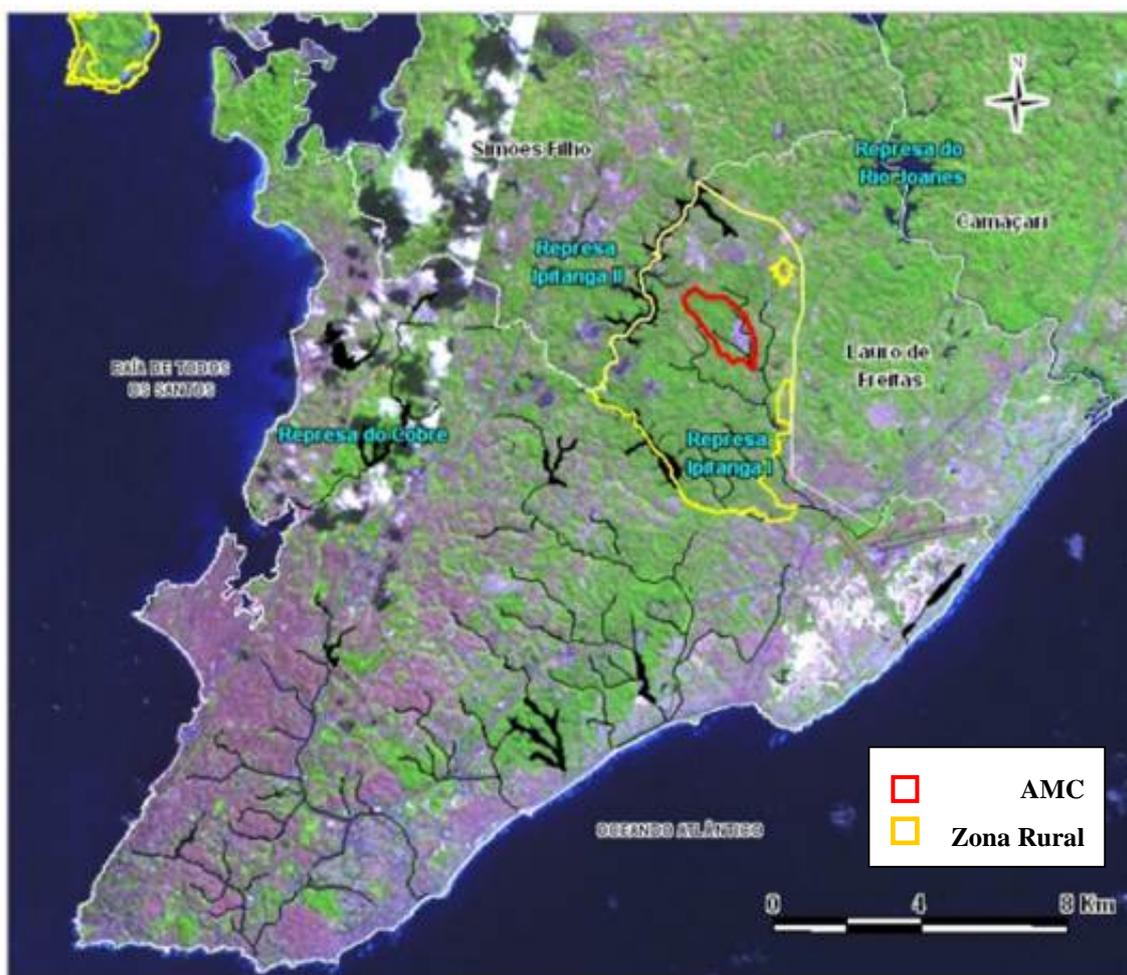
Para aplicação do método proposto por McHarg, foi utilizado como estudo de caso o aterro sanitário de Salvador, conhecido como Aterro Metropolitano Centro – AMC, que atende também os municípios de Lauro de Freitas e Simões Filho.

O aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos é um dos exemplos mais didáticos e ilustrativos de equipamentos potencialmente poluidores. Conforme Resolução nº. 001, de 23 de janeiro de 1986, do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, a realização de Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e de seu respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) é obrigatória, além de licenciamento junto aos órgãos públicos competentes.

O maior impacto ambiental que um aterro sanitário pode provocar é a contaminação dos recursos hídricos. Isto porque, mesmo obedecendo aos procedimentos legais, alguns especialistas alertam que é quase inevitável o vazamento do lixiviado pelo fundo das células do aterro, o que significa a contaminação do solo e das águas subterrâneas, comprometendo a fauna, flora e a saúde da população.

Com uma área de 2,1 milhões de m<sup>2</sup>, o AMC é o primeiro aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos de Salvador, implantado entre duas represas que abastecem o município (Figura 1), com defasagem espacial e temporal de mais de uma década em relação à elaboração do seu projeto. A área eleita para sua implantação foi definida em 1985, quando a população do município era de 1.505.383 habitantes (IBGE/Censo 1981), o EIA e o RIMA foram realizados em 1993 e o início da sua operação ocorre a partir do ano 2000, quando o Município de Salvador tinha aproximadamente 2.443.107 habitantes (IBGE/Censo 2000).

Atualmente, o Ministério Público está questionando judicialmente o funcionamento do aterro.



Fonte: Imagem da Região Metropolitana de Salvador - SPOT/2002, cedida pela Engesat, 1985.

**Figura 1.** Localização do Aterro Metropolitano Centro - AMC

## 2. Objetivo

Este trabalho teve como objetivo principal reforçar a importância e aplicabilidade do método de avaliação de impacto ambiental do professor McHarg no processo de eleição de áreas e aprovação de empreendimentos urbanos potencialmente poluidores.

## 3. Material e Métodos

Segundo o próprio McHarg, o seu método visa “incorporar dados ambientais ao processo de planejamento, através da definição de critérios atribuídos a valores e submetidos a uma hierarquia cronológica, permitindo a representação espacial dos mesmos” (McHarg, 2000, p. XII).

Trata-se de um método essencialmente baseado em análise espacial, que utiliza variáveis sócio-ambientais, as quais são classificadas como restrições ou fatores de aptidão e integradas numa única escala de valores, com pesos diferenciados em função da relação do empreendimento com cada variável.

A proposta principal deste método é construir um mapa síntese de aptidão de áreas para implantação de determinado empreendimento. Para o caso do AMC em Salvador, o método foi aplicado de acordo com as etapas a seguir.

**Primeira etapa - Trabalho de campo:** para conferências de localização de elementos dos mapas.

### Segunda etapa - Identificação e classificação das variáveis de análise

As variáveis foram de duas formas: (1) fisiográficas ou sociais e (2) quanto aos critérios que podem significar fatores de aptidão ou critérios restritivos, conforme descrito nos **Quadros 1 e 2**. Considerando os diversos níveis de importância de cada variável no estudo em questão, foi necessário atribuir pesos diferenciados a cada uma dessas variáveis, conforme descrito no **Quadro 3**. Cada variável considerada fator de aptidão teve valores qualitativos atribuídos previamente. Quanto maior for o valor qualitativo da variável, menor é a aptidão para implantação de aterro sanitário. Cada um desses valores foi multiplicado pelo peso de cada variável, conforme apresentado no **Quadro 4**.

**Quadro 1.** Variáveis consideradas como restrição

Variável	Descrição	Referência
<b>Variáveis Fisiográficas</b>		
Ocupação	Distância mínima de 1000 metros de núcleos de ocupação com mais de 200 habitantes.	NBR 10.157
Hydrografia	Distância mínima de 200 metros de cursos d'água relevantes Distância mínima de 50 metros de qualquer corpo d'água.	NBR 10.157
<b>Variáveis Sociais</b>		
Aeropostos	O aterro não pode estar situado dentro um raio de 20 Km em relação ao epicentro do aeroporto	Resolução CONAMA Nº 004, de 09/10/1995
Zona Rural	A área tem que se localizar numa região onde o uso do solo seja rural.	NBR 10.157
Unidades de Conservação	A área tem que se localizar fora de qualquer Unidade de Conservação Ambiental.	NBR 10.157

**Quadro 2: Variáveis espaciais consideradas fatores condicionantes**

Variável	Descrição	Referência
<b>Variáveis Fisiográficas</b>		
Condicionantes geofísicos	Permeabilidade natural do solo: quanto mais impermeável maior a aptidão da área para implantação de aterros sanitários.	NBR 10.157
Vegetação	Valor ecológico da vegetação: quanto maior o valor, menor a aptidão da área para implantação de aterros sanitários.	Em função do acentuado nível de degradação da vegetação e da escassez de áreas verde contínuas e da constante ameaça de desmatamento do remanescente de Mata Atlântica no Município de Salvador, no presente trabalho, considerou-se conveniente adotar esse critério como um <b>fator importante</b> na análise de aptidão de áreas à implantação de aterros sanitários.
Hydrografia: valores hídricos	Qualidade das bacias hidrográficas (água potável e disponível para consumo humano): quanto maior for o valor ecológico da bacia menor a aptidão da área para implantação de aterros sanitários.	Devido à comprovação científica de que o vazamento do lixiviado é inevitável, no presente trabalho, considerou-se conveniente adotar esse critério como um <b>fator extremamente importante</b> na análise de aptidão de áreas à implantação de aterros sanitários.
Declividade	Maiores declividades implicam em maior susceptibilidade à erosão e maiores custos com limpeza e manutenção dos sistemas de drenagem.	(Monteiro et al, 2001, p.151)
<b>Variáveis Sociais</b>		
Demografia	Quanto maior for a população da área, menor a aptidão para implantação de aterros.	(Monteiro et al, 2001, p.151)
Uso do solo	Quanto maior a predominância de uso residencial, menor a aptidão da área para implantação de aterros sanitários.	Por razões próprias dos inconvenientes e riscos à saúde humana.
Valores paisagísticos e recreativos	Quanto maior o potencial recreativo e paisagístico, menor a aptidão da área para implantação de aterros sanitários.	Os valores cênicos e recreativos foram considerados em função da ameaça de degradação de áreas de elevado potencial paisagístico do Município de Salvador, devido à forma de crescimento desordenado do Município.

**Quadro 3.** Valores de pesos do mapa de aptidão de áreas para implantação de aterros sanitários

	Pesos				
	1	2	3	4	5
Níveis de importância	Importância baixa	Importância média	Importante	Muito importante	Extremamente importante

**Quadro 4.** Valoração do mapa de aptidão de áreas para implantação de aterros sanitários

Variáveis Fisiográficas	Valor qualitativo	Aptidão	Peso	Valor
Declividade	1 - Baixa	3	2	6
	2 - Média	2	2	4
	3 - Alta	1	2	2
Condicionantes geofísicos: permeabilidade dos solos	1 - Baixa	3	2	6
	2 - Média	2	2	4
	3 - Alta	1	2	2
Hidrografia: valores hídricos	1 - Baixo	3	5	15
	2 - Médio	2	5	10
	3 - Alto	1	5	5
Vegetação	1 - Baixo	3	3	9
	2 - Médio	2	3	6
	3 - Alto	1	3	3
Variáveis Sociais	Valor qualitativo	Aptidão	Peso	Valor
Demografia: população	1 - Baixa	3	2	6
	2 - Média	2	2	4
	3 - Alta	1	2	2
Uso do solo: predominância de uso residencial	1 - Baixa	3	3	9
	2 - Média	2	3	6
	3 - Alta	1	3	3
Valores paisagísticos e recreativos	1 - Baixo	3	3	9
	2 - Médio	2	3	6
	3 - Alto	1	3	3

### Terceira etapa: Construção de mapas síntese com uso de ferramentas SIG

Para as variáveis classificadas como “restrições”, foram utilizadas operações *booleanas*, usando a lógica do tipo “verdadeiro” ou “falso”, ou seja, a área está apta à implantação do empreendimento ou existem restrições que impossibilitam a sua implantação.

Para as variáveis classificadas como “fatores”, com níveis diferenciados de aptidão numa superfície contínua de análise, foram usadas funções de álgebra de mapas para os diferentes aspectos relacionados no **Quadro 2**, os quais, quando analisados espacialmente sobre um território, indicarão as áreas mais ou menos aptas à implantação do empreendimento.

O modelo foi implementado com o pacote de aplicativos ARC GIS, o qual dispõe das ferramentas necessárias para construção dos mapas de acordo com as variáveis definidas na etapa anterior. Além desta, existem outras opções de ferramentas SIG no mercado, a exemplo do Spring, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE disponibilizado por este órgão no modo *freeware*.

### 4. Resultados e Discussão

Os resultados alcançados demonstram que o território do Município de Salvador praticamente não possui áreas aptas à implantação de um aterro sanitário. Além disso, evidenciam que, do ponto de vista urbano-ambiental, a área na qual o AMC está inserido, possui baixíssimos valores de aptidão para a implantação de aterro sanitário e sob alguns aspectos legais, restrições absolutas.

O método demonstra também que os critérios de eleição de áreas para implantação de aterros sanitários, definidos pelos órgãos competentes, quando analisados espacialmente, realçam incompatibilidades entre si. O Fundo Nacional do Meio Ambiente, por exemplo, sugere que os aterros não estejam a uma distância superior de 20km dos centros atendidos pelo aterro, conforme descrito no **Quadro 1**. Por outro lado, a Resolução CONAMA Nº 004, de 09 de outubro de 1995, diz que um aterro sanitário não pode estar situado dentro de um raio de 20km em relação ao epicentro do aeroporto de Salvador.

O método de Ian McHarg demonstrou-se perfeitamente aplicável para análises de locais para implantação de empreendimentos potencialmente poluidores.

## 5. Conclusões e Sugestões

O quadro de agravamento na degradação de recursos naturais das regiões metropolitanas e reservas naturais de alto valor ecológico no Brasil aponta para a necessidade de revisão dos procedimentos metodológicos adotados no processo de eleição e aprovação de áreas de empreendimentos potencialmente poluidores.

Se de um lado, a legislação vigente exige a elaboração de EIA e RIMA para tais empreendimentos mas não especifica os critérios mínimos a serem considerados nem os instrumentos que devem ser utilizados visando-se obter maior precisão e ampliação das possibilidades de análise, por outro, os recursos tecnológicos de análise espacial atualmente disponíveis ainda não foram incorporados a tais exigências.

A realização desse trabalho permitiu chegar a algumas conclusões sobre o processo de eleição de áreas para implantação de aterros sanitários:

- Há uma necessidade premente de promover uma integração espacial das restrições quanto à instalação de equipamentos potencialmente poluidores;
- Tal integração deve considerar as restrições legais e normativas existentes nas três esferas de poder;
- As normas técnicas que definem critérios de seleção de áreas para aterros sanitários, apresentam inconsistências e devem ser atualizadas;
- Deve ser obrigatório ao poder público municipal, bem como aos órgãos responsáveis pelo licenciamento e aprovação de empreendimentos potencialmente poluidores, a construção de mapas de aptidão permanentemente atualizados dos municípios, contendo o maior conjunto possível de variáveis necessárias à análise espacial de viabilidade locacional do equipamento, considerando os seus possíveis impactos sobre o meio ambiente, a população e a estrutura urbana do município;
- Como sugerido no método do professor Ian McHarg, esta análise deve considerar a melhor relação custo/benefício social na escolha da área de implantação de um aterro sanitário e deve ter autonomia para impedir a aprovação do projeto quando concluir que o município não comporta a implantação do mesmo;
- O método do professor Ian McHarg e as tecnologias SIG têm um grande potencial de aplicação na construção de cartas de aptidão para implantação de aterros sanitários.

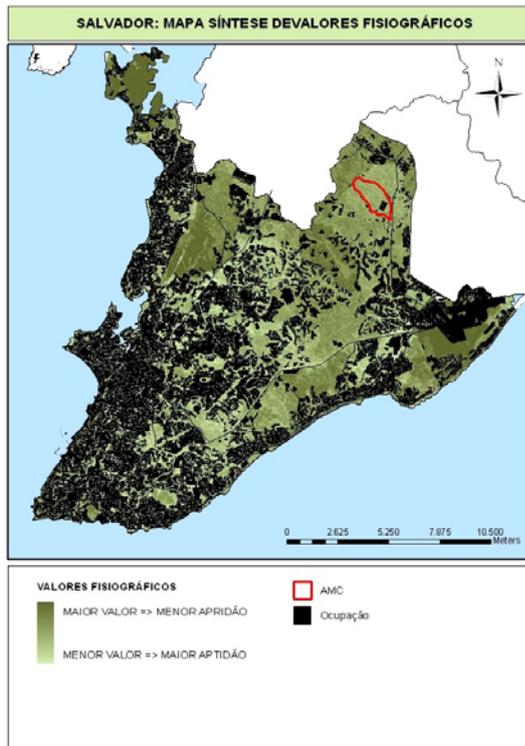


Figura 1. Mapa síntese de valores fisiográficos

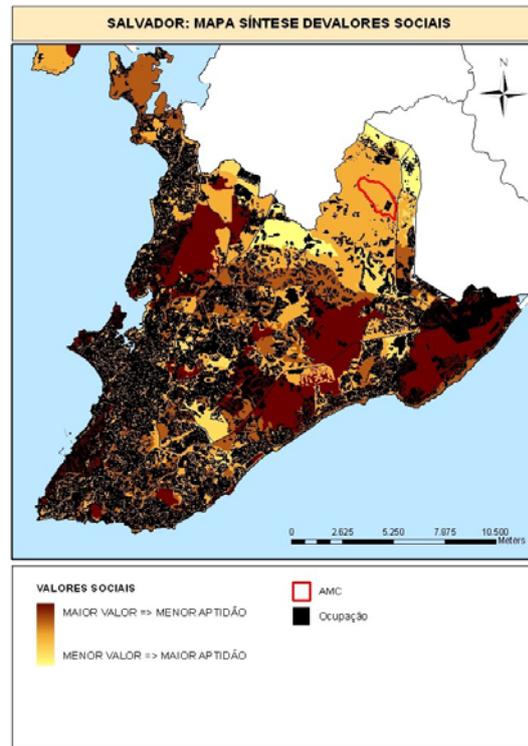


Figura 2. Mapa síntese de valores sociais

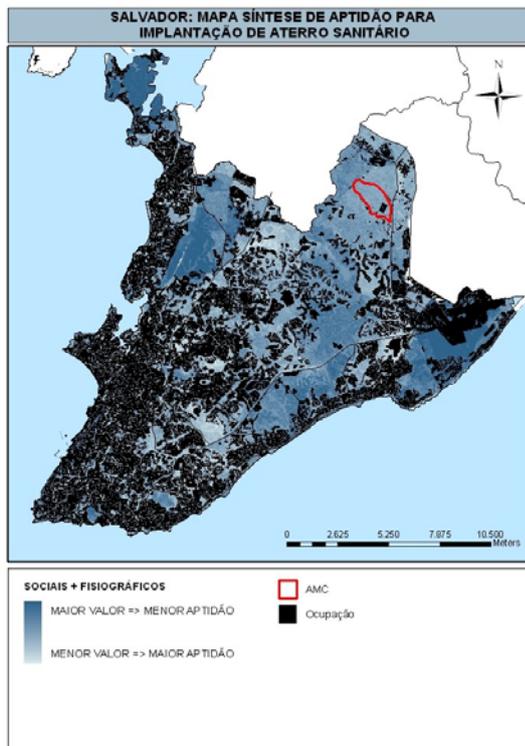


Figura 3. Mapa síntese de valores sociais e fisiográficos

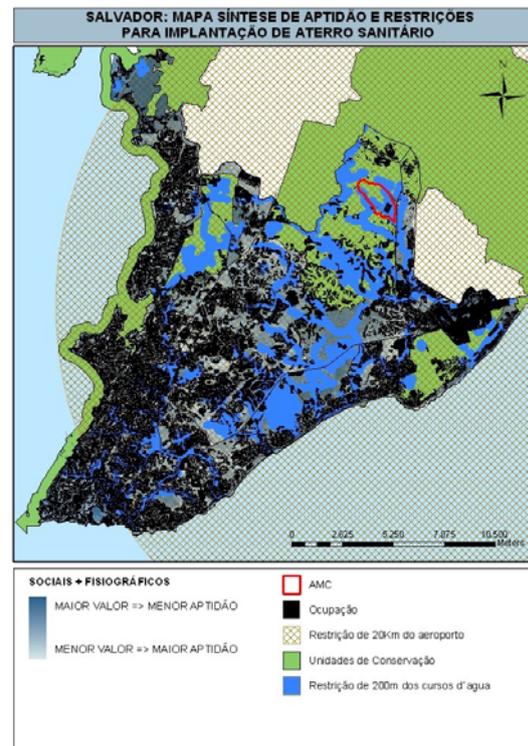


Figura 4. Mapa síntese de valores sociais e fisiográficos e restrições

## 6. Referências

Bahia. Seplantec. Centro de Recursos Ambientais. *Relatório de Impacto Ambiental / RIMA do Aterro Metropolitano Centro*. Governo da Bahia, 1993.

Brasil. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA Nº 001, de 23 de Janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 17 de fevereiro de 1986.

Câmara, G. *Modelos, Linguagens e Arquiteturas para Bancos de Dados Geográficos*. Tese (Doutorado) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1995.

Environmental Research Foundation. *EPA says all landfills leak, even those using best available liners*. Revista semanal, n. 37, 10 de agosto de 1987, Annapolis, USA. Disponível em <<http://www.monitor.net/rachel/r37.html>>. Acesso em 25 de dezembro de 2005.

\_\_\_\_\_. *Analyzing why all landfills leak*. Revista semanal, n. 116, 14 de fevereiro de 1989, Annapolis, USA. Disponível em <<http://www.monitor.net/rachel/r37.html>>. Acesso em 25 de dezembro de 2005.

\_\_\_\_\_. *New evidence that all landfills leak*. In: Rachel's Environment and Health News, n. 316, 16 de dezembro de 1992, USA. Disponível em <<http://www.monitor.net/rachel/r316.html>> . Acesso em 25 de dezembro de 2005.

Esri. Environmental System Research Institute. Arc Gis 9.1. *Command Reference*. New York, 1994.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Censos 1980, 1991 e 2000.

Lee, F. *Deficiencies in the US EPA's Characterization of the Protection Provided by Subtitle D Landfilling of MSW*. California, USA, 2003. Disponível em <<http://www.gfredlee.com/plandfil2.htm>>. Acesso em 20 de setembro de 2005.

Lee, G. F., Jones R. A. *Municipal Solid Waste Management: Long-Term Public Health and Environmental Protection*. University of California, California, Davis Landfills and Groundwater Quality Short Course Materials 1991, California, USA, 1992. Disponível em <<http://www.gfredlee.com/plandfil2.htm>>. Acesso em 20 de setembro de 2005.

McCharg, Ian. *Proyectar com la Naturaleza*. Barcelona, Gustavo Gilli, 2000.

Peggs, Ian. *PVC geomembranes in municipal waste landfill liners and covers:the facts*. Artigo técnico. Tech Papers, 2005. Disponível em <<http://www.geomembrane.com/TechPapers/PeggsPVC.htm>> Acesso em 20 de setembro de 2005.

Spring: *Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling*. Camara G, Souza RCM, Freitas UM, Garrido J Computers & Graphics, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.