



Universidade Católica de Moçambique – Centro de Informação Geográfico

Mestrado em Ciência e Sistema de Informação Geográfica

**APLICAÇÃO DE SISTEMA de INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NA IDENTIFICAÇÃO DE
ÁREA PARA ATERRO SANITÁRIO**

Vitorino Vaz Pires Ribeiro

Rua Marquês Soveral

Beira – Moçambique

Janeiro, 2011

UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MOÇAMBIQUE
Centro de Informação Geográfica

Mestrado em Sistema de Informação Geográfica

Esta Dissertação esteve sob a minha supervisão sendo assim recomendo a sua defesa:

Nome do Estudante _____

Comentário:

Ser considerado para exame como parte dos requisitos para o Mestrado em SIG em CIG

Aprovado por _____ Data _____

SUPERVISOR

Agradecimentos

Os meus agradecimento vão para:

Meu supervisor o Professor Doutor. Nuno Neves, por ter aceitado supervisionar o meu trabalho e pela paciência durante a elaboração da dissertação;

Ao meu co-supervisor Doutor. Hafido Abacassamo, pela disponibilidade e por não ter mostrado dificuldade em me ajudar no momento que pedi a sua ajuda;

A Doutora Paula Curvelo, pela ajuda, sempre que necessitei, ela mostrou se disponível em me dar uma força;

Ao doutor António dos Anjos, que me facilitou na obtenção de dados que eu necessitava para o meu trabalho;

Ao doutor Ali Atumane, pela paciência e por ter se mostrado disponíveis durante todo o processo da minha dissertação;

Aos meus colegas do mestrado, por se mostrarem disponível em relação a qualquer tipo de ajuda;

As instituições do estado que contribuíram no fornecimento de dados e informação para o enriquecimento do trabalho;

Ao Projecto terra Viva, pela força;

Ao meu amigo e colega nomeadamente: Amade Gil, Nelson Amade, Albano Sousa Armando Artur, Jornão Lovane pela ajuda na dissertação;

A todos Docente deste mestrado;

Os meus agradecimentos são extensivos a todos aqueles que não foram mencionados nesta vasta lista.

Dedicatória

Dedico a todos que acreditaram em mim;

A Deus;

A minha namorada Epifania D. de Chaves, pela força e por me fazer acreditar que iria conseguir;

Aos meu pais, Silvério F. Ribeiro e Mita A. R. Ribeiro por me lembrar que o percurso que eu estava a percorrer era o mais certo, e sempre que senti-me cansado tinha umas palmadinhas nas costas;

Aos meus queridos irmãos.

E aqueles que me fizeram acreditar que:

Quem tropeça e não cai dá um passo maior

Índice

Agradecimentos	iii
Dedicatória	iv
Índice.....	v
Lista de Figuras.....	vii
Lista de Tabelas	viii
Lista de Abreviaturas.....	ix
Resumo.....	x
Abstract.....	xi
CAPÍTULO: 1 - Introdução	1
1.1 - Objectivo	2
1.1.2 - ENQUADRAMENTO.....	3
1.1.3 - Conceito de aterro sanitário	4
1.1.4 - Tipos de Aterro Sanitário	4
Aterro em Superfície	5
Vantagens.....	5
Desvantagens	6
Aterro em Trincheira	6
Vantagens.....	7
Desvantagens	7
1.1.5 - Classificação do Aterro Sanitário com Base no Tipo de Estudo de Impacto Ambiental	8
1.1.6 - Gestão dos Resíduos Sólidos	10
1.1.7 - Tratamento de lixos na cidade da Beira	12
1.1.8 - Lixeira da Munhava	13
1.1.9 - Localização de um aterro sanitário	16
1.2 - Impactos do Resíduos Sólidos.....	18
CAPÍTULO: 2 - SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E LOCALIZAÇÃO DE ATERROS SANITÁRIOS	20
2.0 - Conceito de SIG	20
2.1 - Componentes e Funcionalidades Principais de um SIG.....	22

2.1.1 - Terminologias em SIG	24
2.1.2 - Dados geo-espaciais	25
2.1.3 - Modelos de Dados.....	25
2.1.4 - Estruturas de Dados Espaciais - Vectorial e Raster	28
2.1.5 – Vectoriais	28
2.1.6 – RASTER	29
2.1.7 - Geodatabase (bases de dados geográficos).....	30
2.1.8 - Análise Espacial	32
2.1.9 - Álgebra de mapas	33
Capítulo-3: Selecção de Área para Localização do Aterro Sanitário.....	34
3.0 - Área de Estudo	34
3.1 - Critérios para Selecção de Área para Localização do Aterro Sanitário	35
3.1.1 - Critérios Relevantes na Identificação de Área para Aterro Sanitário	40
CAPÍTULO: 4 - METODOLOGIA PARA IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO	
USANDO SIG.....	46
4.0 - Guião de Passos para a Selecção da Área para Aterro Sanitário	47
4.1 - Concepção de um modelo de dados espaciais	48
Mapa Reclassificado da Cidade da Beira.....	57
Mapa de Estradas da Cidade da Beira	58
Mapa de Solos da Cidade da Beira	60
Mapa de Elevações da Cidade da Beira.....	62
Mapa de Distâncias a Edifícios da Cidade da Beira	63
Mapa de Água da Cidade da Beira	64
Mapa de Aeroporto da Cidade da Beira.....	66
Mapa do Aterro Sanitário da Cidade da Beira.....	67
Conclusão	72
CAPÍTULO: 6 - Bibliografia	75

Lista de Figuras

Figura 1: Aterro em Superfície	5
Figura 2: Aterro em Trincheira	6
Figura 3: Mapa da Província e cidade da Beira	13
Figura 4: Distância entre a lixeira e a vala que dá acesso ao Porto da Beira	14
Figura 5: Localização da Lixeira em relação à habitação.....	14
Figura 6: Localização do Porto em relação à lixeira.....	15
Figura 7: Depósitos de lixo ao céu aberto	15
Figura 8: Lixeira da Munhava.....	16
Figura 9: Procedimentos para a seleção de áreas para um Aterro Sanitário	46
Figura 10: Modelo cartográfico simplificado de processos de análise espacial	56
Figura 11: Mapa reclassificado da cidade da Beira.....	57
Figura 12: Mapa de Estrada da cidade da Beira	59
Figura 13: Mapa de Solo da cidade da Beira	61
Figura 14: Mapa de Elevação da cidade da Beira.....	62
Figura 15: Avaliação da densidade de edifícios da cidade da Beira	63
Figura 16: Mapa de Água da cidade da Beira.....	65
Figura 17: Mapa de Aeroporto da cidade da Beira.....	66
Figura 18: Mapa Final	68
Figura 19: depositado na lixeira Municipal	78
Figura 20: Via de acesso ao Porto da Beira.....	79
Figura 21: Lixo depositados na proximidade do canal do rio	80
Figura 22: Poluição do ar	81
Figura 23: Contacto da população com o Lixo	82
Figura 24: Distância das casas em relação ao lixo	83
Figura 25: Distância do lixo em relação ao rio	84
Figura 26: Incineradora do Hospital da Beira	85

Lista de Tabelas

Tabela 1: Lixo Especial	11
Tabela 2 : Lixo Infectante	11
Tabela 3: Lixo Genérico	11
Tabela 4: Variáveis consideram com restrição.....	39
Tabela 5: Variáveis especiais consideradas de factores condicionais	39
Tabela 6: Critérios para a identificação de áreas candidatas.....	42
Tabela 7: Critérios ambientais para a avaliação de áreas candidatas	43
Tabela 8: Critérios sociais para a avaliação de áreas candidatas.....	44
Tabela 9: Critérios técnicos para a avaliação de áreas candidatas	44
Tabela 10: Critérios Económicos para a Avaliação de áreas candidatas.....	45
Tabela 11: Guião de passos para a selecção da área para aterro sanitário	47
Tabela 13: Classe de Entidades Altimetria_In.....	50
Tabela 12: Classe de Entidades Limites Administrativo.....	50
Tabela 14: Classe de Entidades Altimetria_pt.....	51
Tabela 15: Classe de entidades Redes Hidrográfica	51
Tabela 16: Classe de Entidades ocupação de Solo.....	52
Tabela 17: Classe de Entidade de Solos	52
Tabela 18: Tabela de Solo_Atributo	53
Tabela 19: Classe de entidade de equipamento	54
Tabela 20: Classe de Entidades Rede_Viaria.....	54

Lista de Abreviaturas

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CMB – Concelho Municipal da Beira

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

DINAGECA – Direcção Nacional de Geografia e Cadastro

DTAS – Directiva técnica de Aterro Sanitário

DSU – Direcção dos Serviços Urbanos

EIA - Estudo de Impacto Ambiental

EAS – Estudo Ambiental Simplificado

HCB – Hospital Central da Beira

MCE – Avaliação Multi-critério

SIG – Sistema de Informação Geográfica

Ton – Tonelada

UNEP - Programa de Meio Ambiente das Nações Unidas

Resumo

O desenvolvimento de modelos de localização de aterros sanitários encontra-nos processos de análise espacial em sistemas de informação geográfica um enquadramento metodológico que contribui para uma substancial melhoria do processo de suporte à decisão.

É efectuado um enquadramento do conceito de impactos dos resíduos sólidos, uma avaliação das tipologias de aterro sanitária e as suas vantagens e desvantagem orientada para a definição e formalização conceptual do quadro de requisitos funcionais e restrições de localização considerados mais adequados.

Com base na formalização teórica e conceptual foi definido um modelo de dados espaciais que serviu de base ao desenvolvimento dos processos de análise espacial. São descritas diversas abordagens de modelo conceptual de conjuntos de dados geográficos definidos em função de uma avaliação de requisitos de análise e qualificação do espaço para a localização de aterros sanitários.

Foi implementado um ensaio de análise espacial visando a categorização do espaço a partir da avaliação e integração de dados espaciais derivados em processo de modelação geográfica. A aplicação do modelo com base nos dados geográficos disponíveis é objecto de comentário e definição de perspectivas de desenvolvimento futuras.

Palavra-chave: **Aterro sanitário, SIG, análise espacial, modelação geográfica.**

Abstract

The development of location models for landfill finds in the processes of space analysis in systems of geographic information a methodological framework that contributes for a substantial improvement of decision support process.

A framing of the concept of impacts of the solid residues was integrated in an evaluation of the typologies of landfill and its advantages and disadvantages guided for the definition and conceptual formalization of functional requirements and adjusted considering the restrictions of the biophysical scenario.

A spatial data model was conceived based in a methodological formalism of geodatabase a considering the development of spatial analysis processes.

A formalization of a spatial data model accordingly to the spatial analysis requirements for the landfill spatial definition is described.

Several exploratory spatial analysis processes were implemented aiming territorial evaluation based in derived data generated through the modeling process. Integration of space data derivatives in process of geographic modeling. Results are presented and discussed and is also made some evaluation of future development perspectives.

Keywords: landfill, GIS, spatial analysis, geographic modeling

CAPÍTULO: 1 - Introdução

O crescimento populacional, a alteração do padrão de consumo, a urbanização e o rápido avanço tecnológico contribuíram para o aumento da quantidade e da diversidade dos resíduos provenientes dos sectores industrial, residencial e dos demais sectores.

Segundo Gandeline. L (2002). Cita que “As revoluções tecnológicas, as mudanças de hábitos e de costumes das populações e o desenvolvimento desenfreado da economia em diversas regiões do mundo, fazem com que o meio ambiente sofra consequências drásticas e muitas vezes difíceis de serem reparadas.

Um dos muitos problemas que surgiram em decorrência de tal contexto refere-se ao problema dos resíduos sólidos urbanos, ou seja, do lixo. Conforme a população mundial cresce, há necessidade de se produzir mais alimentos e outros bens de consumo directo. Assim, é indispensável a instalação de novas fábricas e indústrias para atender a essa demanda crescente; conseqüentemente, eleva-se a produção de resíduos sólidos que comprometem o meio ambiente se armazenados de forma inadequada.”

O presente trabalho divide-se em 6 capítulos.

No capítulo 1 temos a parte introdutória onde se foca o objectivo da elaboração da dissertação, o conceito relacionado com impactos dos resíduos sólidos, conceito de aterro sanitário, os tipos de aterro sanitários as suas vantagens e desvantagens e o respectivo método para identificação de aterro sanitário.

O capítulo 2 aborda conceito de sistemas de informação geográfica e análise espacial estabelecendo o quadro teórico e metodológico que serviu de base à elaboração da dissertação.

O capítulo 3, centra-se na preparação e estabelecimento do modelo de dados espaciais que serviu de base ao desenvolvimento dos processos de análise espacial. São descritas diversas abordagens de modelo conceptual de conjuntos de

dados geográficos definidos em função de uma avaliação de requisitos de análise e qualificação do espaço para a localização de aterros sanitários.

O capítulo 4, assenta na implementação de um ensaio de análise espacial visando a categorização do espaço a partir da avaliação e integração de dados espaciais derivados em processo de modelação geográfica. A aplicação do modelo com base nos dados geográficos disponíveis é objecto de comentário definição de perspectivas de desenvolvimento futuras.

No capítulo 5, é onde temos a análise e as recomendações e a revisão bibliográfica encontra-se no capítulo 6.

1.1 - Objectivo

O objectivo desta dissertação é de identificar o local adequado para a construção de aterro sanitário na cidade da Beira com o auxílio da ferramenta de Sistema de Informação Geográfica (SIG), especificamente irá centra-se na identificação de um local adequado para a construção de um aterro sanitário que respeite os padrões e normas nacionais e internacionais.

A localização deste local deve obedecer critérios socioeconómicos e ambientais, que sejam compatíveis com a legislação do ambiente que declara que “todos os procedimentos viáveis com vista a assegurar uma gestão ambientalmente segura, sustentável e racional dos resíduos, tendo em conta a necessidade da sua redução, reciclagem e reutilização, incluindo a separação, recolha, manuseamento, transporte, armazenagem e/ou eliminação de resíduos bem como a posterior protecção dos locais de eliminação, de forma a proteger a saúde humana e o ambiente contra os efeitos nocivos que possam advir dos mesmos”. Esta afirmação encontra-se prevista no decreto n.º 13/2006 de 15 de Junho, artigo 1, Alínea F.

1.1.2 - ENQUADRAMENTO

A deposição inadequada dos resíduos sólidos urbanos que muitas das vezes são associada aos surtos responsáveis por milhares de mortes nos centros urbanos, leva a muitos municípios a evidenciar esforços para o desenvolvimento de métodos sanitários adequados na deposição final dos resíduos produzidos pelos municípios. “Em Moçambique, a deposição de resíduos sólidos é, em geral, feita em lixeiras a céu aberto, sem qualquer instalação técnica para reduzir impactos negativos e sem qualquer controlo, com todos os inconvenientes de ordem estética e ambiental, pondo em causa a saúde pública e o ambiente” (DTAS, 2010).

“Países subdesenvolvidos predominam formas de deposição incorrectas como as “Lixeiras” ou menos aconselhadas como os “Aterros controlados”, responsáveis por grande poluição ambiental e pela veiculação de doenças” (Lino, *et. al.* 2008).

“A capacidade em criar muito lixo nos centros urbano tem vindo a crescer num ritmo bastante assustador, porque o nível de produção dos alimentos cresceu e automaticamente nota-se que o crescimento em relação ao consumo também irá aumentar. A proporcionalidade entre estes dois factores é directa, isto é o aumento na melhoria das condições de vida das populações se reflecte num aumento do consumo e, consequentemente, na produção de resíduos” (Morais, 2005).

Todavia, a Directiva Técnica de Aterro sanitário (DTAS, 2010), relaciona o crescimento da população, da produção e do consumo, como responsáveis pelo aumento progressivo da produção de resíduos sólidos e a necessidade de espaços destinados à sua deposição de forma mais adequada.

Segundo (Morais, 2005), “em nenhuma fase do desenvolvimento humano se produziu tanto lixo como actualmente. A composição e a quantidade dos resíduos produzidos estão directamente relacionadas com o modo de vida dos povos, a sua condição socioeconómica e a facilidade de acesso aos bens de consumo”.

1.1.3 - Conceito de aterro sanitário

Para Silva e Zaidan, (2004) citado por Santos *et. al.* (2007), “o aterro sanitário é a forma de depor o lixo sobre o solo, compactando-o com tractor, reduzindo-o ao menor volume permissível e recobrando-o com camada de terra compactada, na frequência necessária de modo a ocupar a menor área possível”.

Para (Manahan, 1999) citado por (Morais, 2005), “o aterro sanitário corresponde à forma de deposição onde deve haver um controle dos impactos, através da impermeabilização do solo, o recobrimento dos resíduos, sistema de drenagem de águas pluviais, sistema de drenagem e de tratamento dos efluentes líquidos e gasosos produzidos durante o processo de degradação dos resíduos”.

1.1.4 - Tipos de Aterro Sanitário

Os tipos de aterro variam segundo a variação morfológica do local em estudo. Apesar de ainda ter outros factores bastante importantes que devesse ter em conta no processo de minimização das distâncias, os impactos da economia do aterro, e maximizar as distâncias das áreas de habitação, edifícios habitados e outros locais indesejáveis.

De acordo com o Manual técnico de aterro sanitário, classifica os aterros sanitários segundo “as técnicas de operação utilizadas que dependem das características geométricas do terreno, do material de cobertura, da hidrogeologia e dos acessos ao local” (Manual Técnico, 1994).

Os principais são:

- Aterro em superfície ou area method;
- Aterro em trincheira ou trench method.

Aterro em Superfície

“Este tipo de aterro é usado geralmente quando o nível freático da região é alto, as condições geológicas são adversas para escavação, há uma necessidade de trabalho em mais do que um nível diariamente e há perspectivas de utilização futura.

A operação começa com a construção de um talude de encontro ao qual serão depositadas as primeiras camadas de resíduos que se prolongam ao longo de uma estreita faixa cujo comprimento é medido de modo que ao fim do dia se atinja a altura desejada e se complete uma célula que possa ser coberta”, (Technical Manual Sanitary Landfill, 1994).

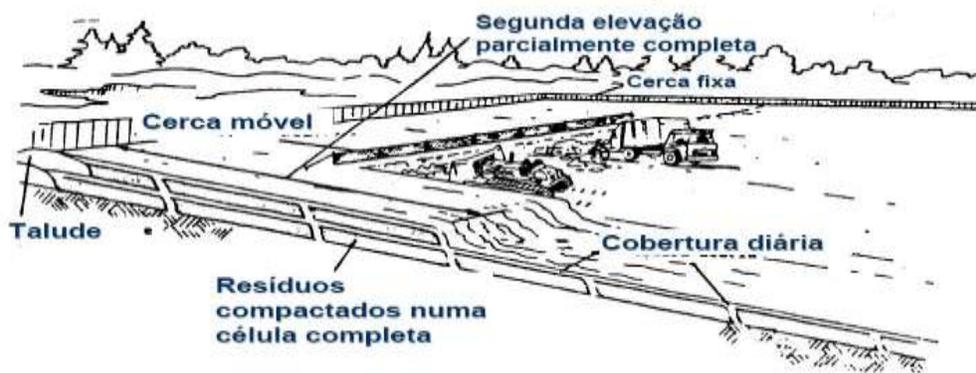


Figura 1: Aterro em Superfície

Fonte: *Technical Manual Sanitary Landfill*

Vantagens

- Possibilidade de trabalho em várias camadas, limitado apenas pela cobertura disponível e operacionalidade.
- Frente de trabalho facilmente ajustada consoante as necessidades.

Desvantagens

- Necessidade de transporte de material de cobertura a longa distância.
- Possibilidade de dispersão pelo vento de material exposto.

Aterro em Trincheira

“Este tipo de aterro é implementado em áreas ou declives suaves com níveis freáticos profundos de modo a permitir escavações. Os resíduos são colocados em trincheiras de 30 a 120 m de comprimento, 4 a 8m de largura e 1 a 2 m de profundidade, e compactados até a altura desejada. Ao fim do dia é escavada nova trincheira e o solo é armazenado para servir de cobertura para o dia”, (Technical Manual Sanitary Landfill,1994).

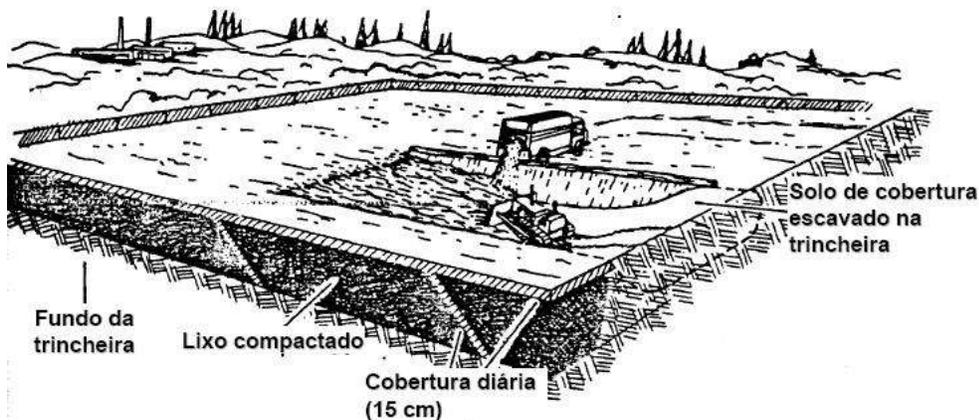


Figura 2: Aterro em Trincheira

Fonte: *Technical Manual Sanitary Landfill*

Vantagens

- Menos impacto do vento;
- Permite visualizar o volume de enchimento;
- O nível de terreno é minimamente preservado;
- Frente de trabalho menor.

Desvantagens

- Necessidade de mais equipamento e pessoal;
- Menor volume de aterro devido à necessidade de deixar paredes de suporte entre trincheiras.
- Área de trabalho limitada.

Todavia a DTAS (2010) divide o aterro sanitário de acordo com “o tamanho, basicamente, o modo futuro de operação e o grau de compactação de resíduos sólidos depositados”.

- **Aterros Rurais (R)** – são operados manualmente ou com maquinarias básica, resultando numa compactação baixa com uma densidade de 0.3 t/m³;
- **Aterros Pequenos (P)** – são operados com maquinaria, resultando, de vez em quando, numa compactação baixa a média, com uma densidade de cerca de 0.5 t/m³;
- **Aterros Médios (M)** – são operados com maquinaria para empurar regularmente os resíduos com um buldózer, resultando numa compactação média com uma densidade de 0.6 – 0.8 t/m³;

- **Aterros Grandes (G)** – são operados com maquinaria especial e adequada, para a compactação eficiente de resíduos com um compactador, resultando numa compactação alta com uma densidade de 0.8 – 1.0 t/m³.

1.1.5 - Classificação do Aterro Sanitário com Base no Tipo de Estudo de Impacto Ambiental

Segundo a Estudo de Impacto Ambiental (EIA) em Moçambique, divide os impactos ambientais em três categorias:

“**Categoria A:** que realçar a necessidade de conduzir um Estudo de Impacto Ambiental (EIA), analisando técnica e cientificamente as consequências da implementação de actividades de desenvolvimento sobre o ambiente.

No caso de aterro sanitário, esta categoria albergar diariamente a deposição de resíduos acima de 500 toneladas e corresponde à categoria G: G

Categoria B: nesta categoria tem a necessidade de conduzir um Estudo Ambiental Simplificado (EAS), uma vez que as actividades não afectam significativamente populações humanas nem áreas ambientalmente sensíveis.

No caso de aterro sanitário, esta categoria albergar diariamente a deposição de resíduos inferior a 500 toneladas e corresponde à **classe G: G e G: M.**

Categoria C: não a necessidade de realizar nenhum EIA ou EAS, uma vez que são actividades cujos impactos negativos são negligenciáveis, insignificantes, mínimo ou mesmo inexistentes, devido à categorização dos aterros referente a **classes G: R e G: P.**

No caso de aterro sanitário, podem agrupar-se nesta categoria aterros rurais (G:R) com quantidades inferiores a 5 ton/dia e, em casos correspondentes, aterro da **classe G: P**” DTAS (2010).

Segundo a Lei n° 20/97 de 1 de Outubro, que declara que a constituição do nosso país confere a todos os cidadãos o direito de viver num ambiente equilibrado assim como o dever de o defender a materialização deste direito passa necessariamente por uma gestão correcta de ambiente e dos seus componentes e pela criação de condições propícias à saúde e ao bem-estar das pessoas ao desenvolvimento sócio económico e cultural das comunidades e à preservação dos recursos naturais que as sustentam.

Todavia a situação da população que vive em torno da lixeira, é bastante preocupante isso porque mesmo sabendo que estão sujeitas ao mau cheiro e a conviver com insectos, usam a lixeira como sua fonte de rendimento. A necessidade de diminuir este contacto entre a população e o local do depósito do lixo e por eles estarem sujeitos as doenças diversas como a Cólera e malária. A deposição do lixo de uma forma desadequada é proibida por lei.

No entanto as normas que regulam o ambiente no artigo 14, n°1, que proíbe a implantação de infra-estruturas habitacionais ou para outro fim que, pela sua dimensão, natureza ou localização, provoquem um impacto negativo significativo sobre o ambiente, o mesmo se aplicando à deposição de lixos ou materiais usados.

Segundo (Cunha, 2001 *apud* GANDELINI. L, 2002, p.12) aponta que o aterro controlado é menos prejudicial que a lixeira, pois os resíduos, depois de dispostos no solo, são cobertos com terra, fazendo com que a poluição local se reduza. Entretanto, esta é uma solução com menor eficácia em relação à dos aterros sanitários, pois ao contrário destes, o aterro controlado não dispõe de impermeabilização de base (comprometendo a qualidade das águas subterrâneas), nem sistemas de tratamento de lixiviado ou de dispersão dos gases gerados.

1.1.6 - Gestão dos Resíduos Sólidos

Definição

É o processo de controlar e manusear qualquer material em estado sólido ou semi-sólido, que venha a contribuir para a poluição ambiental consequentemente por em perigo a saúde pública.

Tipos de Lixo/Resíduos

Segundo a legislação ambiental no artigo n.º. 1, na alínea: e, f e g no decreto n.º. 8/2003 de 18 de Fevereiro que define o resíduos (Lixo) da seguinte forma:

- Lixo Anatómico – é todo o lixo constituído por fluidos, despojados de tecidos, órgãos, membros, partes de órgãos ou membros de seres humanos e animais de qualquer espécie, que são removidos ou libertados durante cirurgias, partos, biopsias e autópsias.
- Lixo bio-médico – é qualquer tipo de lixo que tenha entrado em contacto com tecidos humanos, sangue ou tecidos do corpo humano e animal. O lixo infeccioso pode também ser designado como lixo contaminado, lixo patológico, lixo bio-prejudicial ou qualquer outra terminologia usada para descrever lixo infeccioso.
- Lixo Genérico/comum – é todo o lixo que não tenha estado em contacto ou sido contaminado por tecido humano, sangue ou outros fluidos corporais, e que não esteja incluso em qualquer das categorias precedentes.

Lixo Anatômico

Tecido Humano	Membro ou parte dos membros
Amostras biopsias	Fetos
Placenta	Órgãos ou parte dos órgãos
Grandes quantidades de sangue	Grandes quantidades de fluido contaminado com sangue
Dentes	

Tabela 1: Lixo Especial

Fonte: *Colectânea de Legislação do Ambiente*

Lixo bio-médico

Condimentos	Ligaduras
Almofadas infectadas com tecido, sangue ou fluidos do corpo	Papel infectado com tecido, sangue ou fluidos do corpo
Fraldas	Sacos de Sangue
Sacos IV e doação de conjuntos sem lixo contundentes	Sacos de drenagem
Garrafas de drenagem	Tubos de drenagem
Tubos naso-gástricos	Seringas sem agulha
Recipientes de esputo	

Tabela 2 : Lixo Infectante

Fonte: *Colectânea de Legislação do Ambiente*

Lixo Genérico

Resto de Comida	Lixo geral de Cozinha
Material orgânico de origem não humana	Latas de bebidas, vidros e garrafas plásticas
Jornais/Magazines	Papel de escritório
Material de embrulho	Toalhas de papel não contaminadas
Embrulhos de comida	Pacotes de cigarros/tabacos
Beatas de cigarros	Clipes metálicos de papel/apertadores
Lapiseiras, Lápis e borrachas	Cartuchos de impressoras usados

Tabela 3: Lixo Genérico

Fonte: *Colectânea de Legislação do Ambiente*

Sendo assim, de acordo com a informação cedida pelo DSU (Direcção dos Serviços Urbanos), indica que entre os três tipos de lixo o conselho municipal se responsabiliza apenas pelo lixo comum, sendo assim tanto lixos infectante e especiais são da responsabilidade do próprio HCB (Hospital Central da Beira) a instituição encarrega-se de cuidar pessoalmente deste dois tipos de resíduos. De acordo com o Artigo 5 da lei sobre a gestão do lixo bio- médico no nº. 1, na alínea a, b e c, que cita que todas as unidades sanitárias, institutos de investigação e empresas abrangidas por este regulamento, deverão desenvolver um plano de gestão do lixo bio-médico por elas produzido. Isto dá-nos a perceber que todo o resíduo considerado perigoso não poderá ser dispostos no meio ambiente sem tratamento prévio que assegure:

- A eliminação das características de periculosidade do resíduo;
- A preservação dos recursos naturais e o atendimento aos padrões de qualidade ambiental e de saúde pública.

Este processo de incineração dos resíduos infectante no HCB é feito através de uma incineradora existente nesta unidade hospitalar.

1.1.7 - Tratamento de lixos na cidade da Beira

Actualmente a cidade da Beira não dispõe de nenhum aterro sanitário, os resíduos sólidos são depositados numa lixeira a céu aberto, causando grandes impactos ambientais, que vão desde a poluição do ar até a contaminação das águas superficiais e do subsolo.



Figura 3: Mapa da Província e cidade da Beira

Fonte: http://www.sofala.gov.mz/informacao/perfil-dos-distritos/img/sofala_large.jpg

1.1.8 - Lixeira da Munhava

A lixeira está localizada na zona da Munhava Matope na redondeza da cidade da Beira, a mesma não oferece condições adequadas tanto para o meio ambiente e a saúde da população que se encontra em torno da mesma. A lixeira encontra-se bem próximo de uma pequena vala de esgoto que tem ligação com o Porto da Beira, a distância entre o local onde o lixo é depositado e o canal acima citado, é de 18 à 20 m, e a população que para além de ter a lixeira como o seu meio de sustento, eles vivem nas mediações da mesma a uma distância que varia entre 15 à 20 m.



Figura 4: Distância entre a lixeira e a vala que dá acesso ao Porto da Beira

Fonte: *Própria*



Figura 5: Localização da Lixeira em relação a habitação

Fonte: *Própria*



Figura 6: Localização do Porto em relação a lixeira

Fonte: *Própria*

Na lixeira da Munhava, os resíduos são depositados ao relento e encontram-se directamente dispostos sobre o solo, desta feita, concluo que os critérios que são estabelecidos na legislação ambiental na alínea f do artigo 1, não são aqui seguidos. Isto é, a instituição que trabalha directamente com os resíduos sólidos, não está a ter em conta os danos que causam a saúde pública e ao meio ambiente.



Figura 7: Depósitos de lixo ao céu aberto

Fonte: *Própria*

A figura abaixo mostra o mapa do bairro da Munhava e a localização da lixeira municipal.



Figura 8: Lixeira da Munhava

1.1.9 - Localização de um aterro sanitário

A necessidade em albergar os resíduos sólidos como forma de minimizar o impacto ambiental e salvaguardar a saúde pública, culmina com a construção do aterro sanitário como forma de minimizar os impactos causados pelo resíduo que necessitam de uma gestão adequada.

É notável a necessidade de proporcionar um local adequado para a gestão dos resíduos sólidos seguindo critérios que não comprometam o ambiente e a saúde humana, desperta na sociedade a necessidade de construir um aterro sanitário.

Porque o aterro sanitário é uma infra-estrutura que reduz a deposição do lixo ao céu aberto, no entanto pode também ser uma infra-estrutura que evita o contacto com o lençol de água e as águas superficiais e contribui para a redução da poluição do meio ambiente.

Quando se tratar de áreas para aterro sanitário, devem ser feitos estudos apropriados para garantir as condições sanitárias do aterro e o não comprometimento do lençol freático da área em questão. “O principal objectivo do aterro sanitário é depor os resíduos sólidos no solo, de forma segura e controlada, garantindo a preservação do meio ambiente, a higiene e a saúde pública. Mas, sem dúvida, os aterros também servem para recuperar áreas deterioradas, tais como: pedreiras abandonadas, grutas, escavações oriundas de extracção de argila e areia e regiões alagadiças”, Fonseca, (1999), citado por Santos *et. al.*, (2007).

Para Kataoka (2000) citado por Teixeira *et. al.* (2006) “a deposição dos resíduos em aterros sanitários podem ter consequência em relação ao meio hidro-geológico isto sobretudo devido ao elevado teor de poluição, mesmo quando o processo segue os procedimento de protecção do meio ambiente. No entanto é necessário fazer um estudo aprofundado sobre aspecto de ordem físicas onde o solo é o epicentro do estudo, isto porque o tipo de solo exercerá influência na taxa de percolação do líquido gerado por resíduos e na retenção dos contaminantes presentes, além disso o solo é usado para cobertura diária dos resíduos e fechamento do aterro, para a fundação e estabilidade adequada no local e adjacências”.

Este ponto também é comentado por Calças *et al.* (2001) citado por Teixeira *et. al.* (2006), que frisa sobre os “mecanismos de atenuação da contaminação em um meio poroso, no caso de solo, são: físico por meio da filtração, difusão e dispersão, diluição e absorção; químico por meio da precipitação/dissolução, absorção, complexação, reacções redox; microbiológico por meio da biodegradação aeróbia e anaeróbia”.

“A selecção de áreas para a deposição de resíduos sólidos urbanos, é uma tarefa complexa a ser cumprida no processo de implantação de um aterro sanitário, dado o aumento da complexidade da composição dos resíduos em função do avanço tecnológico constante. Assim em vários países os pesquisadores têm adoptado critérios próprios para decidir qual a melhor área para a implantação de aterros sanitários” (MOREIRA, 2002).

Segundo a DTAS (Directiva Técnica para a Implantação e Operação de Aterro Sanitários em Moçambique), afirma que “os critérios estabelecidos para a selecção de um local para um aterro incluem a consideração de aspectos técnicos, financeiros, ambientais e a aceitação pública”.

Aspectos económicos – consideram distâncias à geração de resíduos sólidos, dimensões da área necessária e disponibilidade de terreno; os aspectos técnicos incluem os esforços necessários para preparar o terreno e o acesso;

Aspectos ambientais – referem-se ao risco de contaminação das águas subterrâneas e ao uso de terras vizinhas.

Aceitação pública – deve ser alcançada durante consultas públicas, cujo processo de aprovação ambiental é conduzido pelo MICOA.

“O emprego de aterro sanitário como uma forma definitiva de deposição de resíduos sólidos é amplamente aceite e cada vez mais utilizada no mundo inteiro. Isto porque correspondem à forma de deposição de resíduos sólidos mais utilizada nas últimas décadas” (Leahy et al., 2000; Ding et al., 2001; Castilho et al., 2001; Tyrrel et al., 2002).

A construção de uma infra-estrutura capaz de reduzir às agressões em relação ambientais provocadas pelas lixeiras tradicionais representa uma grande evolução no mundo actual em termos da deposição de resíduos.

1.2 - Impactos do Resíduos Sólidos

Para a construção de aterro sanitário devesse preparar um estudo de impacto ambiental do local seleccionado. O estudo deve descrever detalhadamente os impactos possíveis e as medidas de mitigação.

Os impactos ambientais podem ser separados em:

Impactos a curto prazo – este tipo de impacto é todo aquele que pode ser reversível. Como: “mosca, odore, poeiras, má aparência, resíduos espalhados, geralmente encontrados durante a fase de operação activa do aterro” (DTAS, 2010).

As medidas eficientes para a operação que pode mitigar este impactos, e depois do encerramento do aterro.

Impacto a longo prazo – no caso de impacto ao longo prazo é todo aquele que considera-se irreversível.

Como: “contaminação da água subterrânea que estão ligados à inapropriada selecção do local, preparação do desenho e construção do aterro. A mitigação deste impacto é difícil, só é possível a custos elevados” (DTAS, 2010).

“ A necessidade em minimizar os impactos ambientais e salvaguardar a saúde pública, tem sido um dos factores em estudo no mundo inteiro. A deposição desordenada dos resíduos sólidos são apontadas como os responsáveis pela degradação ambiental, à liberação de maus odores e a poluição das águas superficiais e subterrâneas, pela infiltração do chorume” (Nagali, 2005) citado por (Morais, 2005).

Todavia a mesma afirmação é defendida por (Fent, 2003), também citado por (Morais, 2005), “que foca os resíduos sólidos como a fonte mais importante de insalubridade. A gestão inadequada (colecta, transporte e destino final) dos mesmos, pode favorecer o desenvolvimento de vectores e germes causadores de diversas doenças, e originam a formação de gases que causam mau odor e afectam seriamente a paisagem”.

“Por outro lado os impactos provocados pelos resíduos sólidos municipais podem estender-se para a população em geral, por meio da poluição e contaminação dos corpos de água e dos lençóis subterrâneos. A presença dos resíduos sólidos municipais nas áreas urbanas é muito significativa, gerando problemas de ordem estética, de saúde pública, pelo acesso a vectores e animais domésticos, obstruindo rios, canais e redes de drenagem urbana, provocando inundações e potencializando epidemias entre outras” (Ferreira e Anjos, 2001), citado por (Morais, 2005).

No entanto a lei do ambiente que vigora no nosso país, no seu artigo 4, na alínea a, apela a uma utilização e gestão racionais dos componentes ambientais, com vista à promoção da melhoria da qualidade de vida dos cidadãos e à manutenção da biodiversidade e dos ecossistemas.

Segundo (Ramos, 2004), citado por (Morais, 2005) é de opinião que o “tratamento do resíduos sólidos urbanos significa prepará-los para algum tipo de reaproveitamento, reduzir seu volume, reduzir seu potencial de poluição ambiental e/ou de agressão à saúde humana”.

Sendo assim os resíduos sólidos necessitam de uma gestão adequada a fim de diminuir os impactos ambientais causados pela deposição inadequada no meio ambiente. Para minimizar este impacto tem como solução albergar os resíduos num local onde se pode fazer a sua gestão, neste caso uma das soluções em foco e a construção de um aterro sanitário.

CAPÍTULO: 2 - SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E LOCALIZAÇÃO DE ATERROS SANITÁRIOS

2.0 - Conceito de SIG

Os Sistemas de Informação Geográfica, abreviadamente conhecidos por SIG, são sistemas de informação especialmente concebidos para armazenar, analisar e manipular dados geográficos, ou seja, dados que representam objectos e fenómenos em que a localização geográfica é uma característica inerente e indispensável no seu tratamento. Os dados geográficos podem ser recolhidos a partir de diversas fontes e são compilados e armazenados nas chamadas bases de dados geográficos (Câmara G. *et al*, 1996).

Os SIG são ferramentas valiosas utilizadas nas mais diversas áreas e por vários tipos de especialistas, que fazem uso das suas potencialidades para a análise, interpretação

e representação do mundo geográfico e para compreender e avaliar os comportamentos e os fenómenos espaciais segundo as suas perspectivas.

Devido ao amplo espectro de aplicação dos SIG e à sua múltipla gama de funcionalidades (recolha, armazenamento, manipulação e análise de dados geográficos) ocorrem algumas diferenças na forma de caracterização, que se distinguem, sobretudo, pelos fins para os quais são utilizados e são particularmente influenciadas pelo contexto em que são inseridas. Nomeadamente, e segundo Gilberto Câmara (1996), se o objectivo principal de utilização do SIG é a base de dados, define-se como sendo um Sistema de Gestão de Base de Dados (SGBD) não convencional, geográfico e que garante a gestão dos dados geográficos; numa abordagem do tipo “*toolbox*” considera o SIG como sendo um conjunto de ferramentas e algoritmos para a manipulação de dados geográficos, tal como a produção de mapas; se os SIG são orientados para processos, consideram-se como sendo um conjunto de subsistemas integrados, onde os dados espaciais passam por uma sequência de processos de conversões – recolha, armazenamento e manipulação; finalmente, algumas definições dão prioridade às aplicações dos SIG, caracterizando os sistemas segundo o tipo de dados manuseados, ou segundo a sua utilização, tais como sistemas espaciais para o apoio à tomada de decisões ou sistemas para análise de dados espaciais (Câmara G. *et al*, 1996).

As várias definições dos SIG reflectem a multiplicidade de usos, visões e aplicações destas tecnologias, no entanto o seu maior potencial está na conjugação das várias metodologias com uma perspectiva interdisciplinar da sua utilização. De uma forma geral, é possível identificar duas importantes características dos SIG comuns a estas diferentes abordagens, nomeadamente a da possibilidade de integração, numa única base de dados, de informações geográficas provenientes de fontes diversas e da possibilidade de recuperar, manipular e visualizar estes dados através de algoritmos de manipulação e análise (Câmara G. *et al*, 1996).

2.1 - Componentes e Funcionalidades Principais de um SIG

De uma forma abrangente, os componentes principais de um SIG podem resumir-se na interface com o utilizador; na entrada e integração de dados; nas funções de consulta e análise espacial; na visualização e apresentação de informação; no armazenamento e recuperação de dados – gestão de dados (Câmara G. *et al*, 1996).

Um SIG tem que ser capaz de trabalhar e fornecer informações acerca dos fenómenos geo-espaciais e, no seguimento desse objectivo, apresenta as seguintes funcionalidades (Abdul-Rahman A. & Pilouk M., 2007):

Interface – plataforma de *software* especializado em ambiente de SIG. É onde decorrem todas as funcionalidades do SIG, que se apresentam sobre a forma de menus e barras de ferramentas (toolboxes), num ambiente interactivo e de acessível manuseamento, em que se pode visualizar e inquirir (*querys*) sobre a informação espacial (referenciada com coordenadas) e sobre as respectivas bases de dados (atributos).

Captura – recolha e integração (*inputs*) de dados espaciais no sistema. As formas mais comuns de *input* de dados são: através dos aparelhos de localização por satélite, conhecidos por Global Positioning System (GPS); por digitalização óptica de varrimento (*scanners*); ou por digitalização “em mesa”, que é o processo mais utilizado para a entrada de dados a partir de cartografia. É um processo custoso e demorado e que envolve, por exemplo, a digitalização individual e identificação dos objectos geográficos através de vectores (linhas, pontos e polígonos), ou a geração da topologia do terreno.

Estruturação – etapa crucial na criação da base de dados espaciais, pois determina o leque de funcionalidades que podem ser usadas para a manipulação e análise de dados.

Manipulação – as operações de manipulação de dados espaciais mais importantes são a generalização (generalisation) e a transformação. A generalização procede ao tratamento de dados espaciais e inclui por exemplo a suavização de linhas ou o filtro de pontos, entre outros. Já a transformação inclui por exemplo, a transformação de

coordenadas para uma projecção cartográfica ou escala específica.

Análise – é o âmago dos SIG e envolvem operações métricas¹ e topológicas² sobre os dados geométricos e sobre as bases de dados. A análise espacial refere-se às operações em vários conjuntos de dados espaciais, que dão origem a novas informações espaciais (*outputs*).

Apresentação – é a última etapa dos SIG, em que a informação e os resultados gerados podem ser apresentados e impressos sobre a forma de mapas, gráficos, tabelas ou relatórios, entre outros.

Os SIG são constituídos por uma integração de *hardware*, *software*, dados geográficos e de pessoas, possibilitando aos utilizadores capturar, armazenar, actualizar, manipular, analisar, visualizar e exibir vários tipos de informações geográficas espaciais e seus atributos. (Laurini *et al.*, 1999, in Soares J., 2004)

- Hardware – máquinas computacionais e periféricos onde funcionam os *softwares* de SIG. Os *hardwares* podem ser variados, que vão desde os grandes servidores centralizados, que fornecem o SIG através da internet, ou mais habitualmente através de computadores fixos ou portáteis, gerais ou especializados.
- Software – programa que possibilitam armazenar, analisar e visualizar informação geográfica através de ferramentas e funções. Os componentes principais de um *software* de SIG são:
 - Ferramentas para a entrada e manipulação da informação geográfica;
 - Um Sistema de Gestão de Base de Dados (SGBD) relacional, entre dados espaciais e descritivos ou atributos, que suporta uma grande quantidade e variedade de tipo de dados.

¹ Operações que envolvem o conceito de distâncias.

² Operações sobre a disposição dos objectos.

- Ferramentas de inquirição (*query*), análise e visualização de dados geográficos;
 - Uma interface gráfica com o utilizador (GUI – *Graphical User Interface*) para permitir o acesso simples e intuitivo às ferramentas e funcionalidades do SIG.
- Dados – os dados espaciais são a base sobre o qual funcionam os SIG e estes variam no espaço e no tempo. Existem várias formas de adquirir e integrar os dados espaciais que varia consoante a sua tipologia.
- Pessoas – um SIG é uma ferramenta no auxílio à resolução de problemas e de questões espaciais levantadas por utilizadores, que são dos mais variados campos e das mais diversas especialidades. A forma de utilização de um SIG varia consoante os objectivos pretendidos pelos utilizadores (Soares J., 2004).

2.1.1 - Terminologias em SIG

Segundo o autor João de Matos (2001), a diversidade de definições está desde logo ligada aos termos *entidade*, *objecto*, *característica* e *elemento gráfico*, sendo que este define:

- Entidade – como um fenómeno do mundo real, não divisível em entidades semelhantes;
- Objecto – como representação física da entidade;
- Característica – como o conjunto da entidade e do objecto;
- Elemento gráfico – como a representação gráfica do objecto;
- Atributos – são os dados alfanuméricos (textos e dados quantificados) que caracterizam as entidades;

A definição de *carta* ou *mapa* são sinónimos e referem-se ao conteúdo geométrico e propriedades gráficas de uma representação geográfica com estrutura de desenho ou destinada a uma visualização.

2.1.2 - Dados geo-espaciais

Existe uma distinção entre *Dados Espaciais* e *Informação Espacial*, pois os primeiros dizem respeito às representações geograficamente referenciadas de informação e a informação espacial é derivada de dados e útil na resolução de problemas e tomada de decisão (Neves N., 2007).

A *informação georreferenciada* é a informação que pode ser relacionada com localizações geográficas rigorosas e específicas. Ela inclui os objectos bem delimitados e definidos graficamente (entidades) e dados alfanuméricos (atributos) que os caracterizam (Machado J., 2000).

2.1.3 - Modelos de Dados

O *modelo de dados* é definido como a ferramenta conceptual que permite representar, interpretar e modelizar os aspectos estáticos e dinâmicos associados à informação relevante do mundo real. (Machado J., 2000)

Os SIG permitem conciliar através de representações computacionais, as estruturas e os processos observáveis num determinado espaço geográfico. Estas representações são criadas através de um processo designado por “construção do modelo – *model building*” e o sucesso destes sistemas (SIG) assenta na forma como as características e os elementos de um espaço geográfico são “emulados”. É fundamental que a

aparência, a estrutura e o comportamento do modelo SIG construído, represente adequadamente o que conhecemos e observamos da realidade, sendo que, a primeira etapa essencial de qualquer projecto SIG, consiste em identificar a porção do espaço geográfico em que nos debruçamos e transformá-la num modelo de dados espaciais (Neves N., 2007).

Um modelo de dados é um conjunto de ferramentas conceptuais utilizado para estruturar dados num sistema computacional. O modelo descreve como a realidade geográfica será representada no computador (Câmara G., 1995, in Soares J., 2004). Um modelo de dados fornece as ferramentas formais para descrever a organização lógica de uma base de dados, assim como, define as operações de manipulação de dados que são permitidas (Câmara G. *et al.*, 1996).

Basicamente um modelo de dados é a estrutura, ou o esquema formal, que replica os processos do mundo real que tenta modelar (Neves N., 2007).

Os modelos espaciais podem corresponder a duas ou três dimensões da realidade: no primeiro caso, apenas tem em consideração a dimensão espacial – onde qualquer entidade é fisicamente localizada num sistema de georeferenciação apropriado; e uma dimensão temática – onde toma em consideração o carácter, quer da localização, quer do objecto que ocupa essa localização (informação de atributos). No segundo caso, considerando um modelo de três dimensões, é necessário contemplar também a dimensão temporal – onde ocorre uma comparação da informação ao longo do tempo (monitorização). Para estes casos é necessário que exista uma sequência de modelos (Neves N., 2007).

Nos SIG, um dos modelos de dados mais utilizados é o chamado Modelo Relacional, que historicamente é sucessor do Modelo Hierárquico e do Modelo em Rede, sendo o que melhor funciona enquanto Sistema de Gestão de Base de Dados (SGBD).

Um Sistema de Gestão de Bases de Dados (SGBD) é um sistema informático com funcionalidades para descrever os dados e os seus atributos, e estabelecer relações entre itens de dados, manipulá-los e geri-los. Um SGBD actua como uma interface entre a base de dados e os utilizadores e as aplicações. Disponibiliza espaço de

armazenamento, implementa níveis adequados de segurança e assegura todos os requisitos tradicionais dos sistemas de ficheiros (Painho M. et al, 2002).

Os SIG realizam, através dos modelos de dados, operações computacionais sobre os dados geográficos, em que armazenam as suas formas geométricas espaciais e os seus atributos numa base de dados relacional e georreferenciada. Isto é, a informação espacial e a informação descritiva (atributos) está associada/interligada conforme um SGBD, e geo-localizada na superfície terrestre com representação segundo uma projecção cartográfica.

O modelo de dados mais habitual na organização das bases de dados de um SIG é o modelo geo-relacional ou de arquitectura dual, que utiliza um SGBD relacional, como um DBASE® ou ACCESS® para armazenar em tabelas os atributos dos objectos geográficos e, em separado, mas relacionados, armazena os arquivos gráficos, onde guarda as representações geométricas desses objectos.

No modelo relacional, os atributos descritivos de cada objecto são organizados na forma de uma tabela, onde as linhas correspondem aos dados e os nomes das colunas correspondem aos nomes dos atributos. Cada linha da tabela corresponde aos valores associados a um objecto geográfico; cada objecto geográfico está associado a um identificador único (*id*) ou rótulo, através do qual é feita uma ligação lógica entre os seus atributos e a sua representação geométrica (Druk S. et al, 2004).

A estrutura dos dados geográficos contém basicamente dois tipos de informações principais: a informação espacial, que descreve o formato do objecto geográfico, bem como a sua relação espacial com os outros objectos, e a informação descritiva dos objectos, ou seja, a descrição das características não espaciais de cada objecto representado. A maneira como a informação espacial é tratada nos sistemas de informação geográfica constitui a modelagem lógica dos dados, que trata da representação geométrica dos dados (Soares J., 2004).

- Informação Espacial – descreve a localização e a forma dos objectos geográficos e as relações espaciais com outros objectos;

➤ Informação Descritiva – refere-se aos atributos associados aos objectos geográficos.

É importante lembrar que os computadores necessitam de ser instruídos como construir modelos de dados espaciais e a sua correcta implementação num SIG condiciona o sucesso do mesmo. Ao processo de modelação de dados (desenhar e construir o modelo) está implícita uma série de etapas na abstracção de dados que vão desde a realidade até ao armazenamento codificado desses dados em computadores.

2.1.4 - Estruturas de Dados Espaciais - Vectorial e Raster

Posteriormente à definição das entidades espaciais é necessário instruir explicitamente o computador no processo de criação de estruturas de armazenamento digital das entidades e/ou fenómenos geográficos

Em SIG existem duas estruturas principais para armazenar e representar geometricamente as entidades espaciais em formato digital, que são os formatos Vectorial, também tratados por *Shapefile*, ou ainda *Feature*, e os formatos Raster, também conhecidos por *Grid*.

Os dados raster são caracterizados pela sua estrutura de células em quadrícula, enquanto os dados vectoriais exprimem uma tentativa de representar as entidades a partir da localização exacta em termos de coordenadas das entidades espaciais ou de pontos que as constituem (Neves N., 2007).

2.1.5 – Vectoriais

Nos modelos Vectoriais, a representação de um elemento ou objecto é uma tentativa de reproduzi-lo o mais exactamente possível, quando comparado com a realidade, através de um ou mais vectores. Neste modelo, qualquer entidade ou elemento gráfico do mapa é reproduzido em três formas básicas de vectores: pontos, linhas ou polígonos.

- Pontos – toda a informação demasiadamente pequena para ser representada por linhas ou áreas e que possa ser descrita somente por um par de coordenadas (x,y);
- Linhas – conjunto ordenado de pontos interligados por segmentos de recta ou por linhas e são utilizadas na representação de objectos sem largura suficiente para serem consideradas áreas;
- Áreas ou Polígonos – conjunto ordenado de pontos interligados, em que o primeiro ponto e o último coincidem, utilizados quase sempre na representação de zonas que possuem uniformemente uma dada propriedade; ou seja, figura fechada, cujos limites encerram uma área homogénea. Podem ser adjacentes quando partilham a fronteira com pelo menos outro polígono, ou encaixados quando se encontram totalmente circundados por outro polígono.

Uma grande vantagem dos formatos vectoriais é a forma muito rigorosa com que cada objecto é descrito pelos vectores e, também, porque ocupam pouca memória nos sistemas. No entanto, a principal desvantagem é não serem capazes de descrever por si só qualquer informação relativa aos objectos na sua vizinhança.

2.1.6 – RASTER

A representação *raster* consiste no uso de uma malha quadriculada regular sobre a qual se constrói, célula a célula, o elemento que se está sendo representado. A cada célula é atribuído um código referente ao atributo estudado, de tal forma que o computador saiba a que elemento ou objecto pertence determinada célula.

Cada célula da matriz *raster* contém atributos que definem as características do terreno na vizinhança do ponto a que correspondem (Machado J., 2000). Sendo que, segundo o autor citado, esta é a principal vantagem da técnica *raster*, pois permite correlacionar fácil e rapidamente a informação de um ponto com a informação existente na sua vizinhança.

A localização de cada célula, ou pixel, na grelha, ou rede (*grid*), é definida por um par de coordenadas x e y que são o identificador da linha e da coluna respectivamente.

Este tipo de estrutura de dados suporta informação proveniente das técnicas de captação remota, como os sensores dos satélites, ou pelos equipamentos de digitalização automática (ou de varrimento), os “*raster-scanners*”, que lêem e convertem a cartografia tradicional impressa em papel (informação analógica) e a transformam e gravam em suportes digitais (Machado J., 2000). Assim, da mesma forma qualquer imagem em formato digital (por exemplo JPEG ou TIF) pode ser convertida num SIG em formato *raster*, sendo que a matriz da *grid* corresponde aos *pixéis* da imagem e, por isso, o rigor da informação está subjacente à resolução da mesma, ou seja, do número de pontos por polegada ou em inglês *dots per inch* (dpi).

A resolução da *grid* nos formatos *raster* tem uma grande relevância, uma vez que quanto menor for a área representada por cada célula, maior será a resolução da informação representada. Desta forma ocorre também que o tamanho do ficheiro aumenta com a resolução da *grid*, o que pode ser apontado como uma desvantagem destes formatos, pelo excesso de ocupação de memória nos sistemas.

2.1.7 - Geodatabase (bases de dados geográficos)

A possibilidade de trabalhar com um único ficheiro onde é alojada toda a base de dados geográfica e que ao mesmo tempo fosse um sistema de gestão de bases de dados (SGBD) relacional, independente da interface SIG e funcional e compatível com outros SGBS mais específicos e característicos, foi um avanço positivo alcançado pela empresa americana Environmental Systems Research Institute (ESRI), através do software ArcGis e da invenção do conceito Geodatabase.

Todos os utilizadores de SIG trabalham fundamentalmente com três tipos de grupos de dados independentemente do sistema (ou interface) utilizado. Estes três grupos são: um conjunto de dados vectoriais (muito semelhante a uma pasta cheia de ficheiros *shapefile* da ESRI), uma grande quantidade de imagens e dados raster, e por último os

dados referentes às tabelas de atributos (tais como dBase files, tabelas Microsoft Access, ou folhas de Excel, entre outros). Fundamentalmente todas as bases de dados geográficas incluem estes tipos de conteúdos e esta colecção de grupos de dados é um paradigma universal enquanto ponto de partida para os designers de modelos SIG

Uma das características fundamentais do modelo de dados geodatabase é a sua estrutura tabular explícita, constituindo-se como uma forma de armazenamento completa que faz referência às características espaciais, atributos e regras de associação entre os elementos ou características informativas armazenadas.

A construção do modelo de dados integralmente sobre uma estrutura tabular permite tirar notáveis vantagens que se centram na simplicidade da estrutura final e na existência de poderosos mecanismos de associação e exploração das bases de dados. Uma vez que toda a informação está armazenada numa estrutura tabular é possível desenvolver um conjunto muito vasto de procedimentos de associação, baseados no modelo relacional em base de dados.

Este tipo de aproximação torna possível um conjunto de processos de compatibilização e exploração analítica da informação, bem como a aplicação de metodologias de classificação e modelação geográfica mais complexas.

Outra vantagem efectiva da informação a integrar estar expressa sobre uma estrutura tabular na geodatabase, prende-se com o facto de que todo o processo de compatibilização das bases informativas ficar mais simplificado, uma vez que o ambiente de implementação e desenvolvimento passa a estar perfeitamente normalizado e integrado no sistema.

Uma concepção bem sucedida de um modelo de dados espaciais em SIG deve considerar as seguintes condições (Neves, N., et al, 2006):

- Que elementos do território ou cenário geográfico, ou ainda descrições espaciais de fenómenos, são necessários para correctamente representar o sistema em estudo;
- Que aproximação (modelo de dados espaciais) deve ser usada para gerir e representar estas entidades espaciais;

- Que conjunto particular de instruções e informação (estrutura de dados) irá ser necessária em termos computacionais para construir o modelo de dados espaciais em formato digital.

2.1.8 - Análise Espacial

O que distingue os SIG de outros sistemas de informação e faz sobressair de um simples SGBD são as suas potencialidades de análise espacial e de modelação espacial. Estas ferramentas potenciam a compreensão, avaliação e gestão do espaço geográfico e até contribuem para a possibilidade de simulação/previsão e projecção de acontecimentos espaciais.

A análise espacial, no sentido lato da palavra, corresponde à abordagem que o utilizador faz do SIG, na medida em que a utilização destes sistemas, já implica por si só uma perspectiva de avaliação e análise do espaço geográfico por parte deste. No entanto, no sentido teórico-prático, as técnicas de análise espacial são executadas por ferramentas específicas dentro dos SIG, que integram informação espacial e atributos alfanuméricos com vista à modelação espacial.

Segundo os autores Neves e Condessa (*in* Soares J., 2004: 19) *“a noção de análise espacial num SIG comporta a ideia da integração de dados espaciais e atributos alfanuméricos e traduz-se numa série de funções relacionadas com a selecção e pesquisa de dados por um lado e, com modelação por outro”*.

A modelação espacial pretende simular fenómenos e processos que têm uma dimensão espacial explícita. Decorre essencialmente, mas não só, sobre temas em

formato *raster* e divide-se basicamente em duas componentes, nomeadamente o comportamento do pixel em função das suas propriedades/atributos e o comportamento do pixel em função das propriedades/atributos dos pixéis vizinhos (Soares J., 2004)

Uma das grandes vantagens da análise espacial dentro dos SIG decorre da possibilidade de separar, por camadas, as diversas entidades geográficas e de poder trabalhá-las individualmente ou em conjunto. De facto, o espaço geográfico real é composto por diversas entidades que se integram como um todo, no entanto, as várias abordagens sobre este espaço são sectoriais e abrangem apenas algumas componentes específicas do espaço, dependentes dos propósitos do utilizador. Através da análise espacial é possível intervir separadamente sobre cada entidade (tema), ou agrupar conjuntos de entidades (temas) segundo diferentes objectivos. Esta abordagem torna-se verdadeiramente eficaz na perspectiva de retirar informações integradas (diferentes temas que se sobrepõe geograficamente), ou seja, que têm a mesma ocorrência espacial.

Assim, dentro das operações de análise espacial distinguem-se dois grupos. Nomeadamente aquelas que decorrem sobre uma única camada de mapa de cada vez – operações espaciais de camada única, e aquelas decorrentes de mais do que uma camada simultaneamente - operações espaciais de camada múltipla.

2.1.9 - Álgebra de mapas

O conceito de Álgebra de Mapas, também conhecido como Modelação Cartográfica, ou ainda “Mapemantics”, deve a sua origem ao facto dos conceitos que a sustentam

basearem-se muito na matemática. De uma forma geral, a álgebra de mapas tem uma aproximação processual à combinação de camadas, que permite desenhar o esquema de análise para os dados espaciais.

A álgebra de mapas é uma forma genérica de expressar e organizar os métodos pelos quais as variáveis e as operações espaciais são seleccionados e utilizados para desenvolver o modelo SIG (Neves N., 2007).

A álgebra de mapas é uma metodologia geográfica e de processamento de dados, que olha para os mapas e para os componentes dos mapas como partes de equações algébricas, usando operadores matemáticos como somar, subtrair, multiplicar e dividir. Os mapas são transformados ou combinados em novos mapas usando operações espaciais específicas (Neves N., 2007). Esta metodologia de modelação cartográfica decorre dentro do modelo de dados e incide apenas sobre as estruturas de dados do formato raster.

Capítulo-3: Selecção de Área para Localização do Aterro Sanitário

3.0 - Área de Estudo

Com aproximadamente 431,583 mil / habitantes, Beira foi construída em terreno plano e abaixo do nível médio do mar, estendendo-se da linha costeira desde o Porto até ao farol do Macúti. E localiza-se sobre a margem esquerda do rio Púngue, na sua saída para o Índico, com uma Latitude $19^{\circ} 50' S$ e longitude $34^{\circ} 50'E$. De acordo como a carta hidrológica (1997) a cidade da Beira tem um terreno argiloso incluindo por vezes areias, possuindo áreas de inundação marinhas geralmente com mangal.

Diariamente esta cidade produz entre 100 a 150 toneladas de resíduos sólidos, de acordo com os dados fornecido pela empresa Terra Nova, o que equivale a 3000 - 4500 toneladas de lixo produzido mensalmente pelos cidadãos desta urbe. Esta quantidade não pode ser mantida como uma constante porque sofre uma variação de acordo com os períodos do ano isto é o período seco e chuvoso. A tal variação de quantidade dos resíduos sólidos normalmente acontece pela condição da via de acesso, que não permite a movimentação dos transportes do lixo para a lixeira existente, isto acontece mais no período chuvoso, porque o local onde se deposita o lixo é bastante lamacento.

3.1 - Critérios para Selecção de Área para Localização do Aterro Sanitário

Existem factores que influenciam directamente na tomada de decisão para selecção de área para a localização do aterro sanitário. Um deles é o factor económico que neste contexto esta relacionada com o custo do transporte. A necessidade de minimizar os custos influencia bastante na localização de um local. Neste contexto, um dos critérios é que o local escolhido, deve estar próximo dos locais onde se produzem os resíduos.

Segundo a DTAS (2010), afirma que é aconselhável que a distância de locais de deposição seja a mais curta possível em relação ao centro de produção de resíduos. A distância deve ser inferior a 15 km para reduzir o desgaste de equipamento e o custo de transporte de resíduos sólidos.

O outro factor está relacionado com o ambiente que é do conhecimento mundial que existe um esforço enorme em salvaguardar os recursos ambientais e a saúde pública. É necessários que durante o estudo de localização tenham em conta os factores sobre o meio ambiente. Sendo assim de acordo com a mesma directiva citada no parágrafo acima, sublinha alguns dos critérios ambientais que influenciam na tomada de decisão para a selecção da área para o aterro sanitário. A DTAS (2010), frisa que: “ No caso de água:

- As áreas não se podem situar a menos de 3 km de curso de água, tais como, rios, lagos, lagoas e oceanos.
- Cursos de água superficial, fora da linha mais alta de cursos de água e de zonas potenciais de inundações, distância mínima de 500 m a águas superficiais em geral”.

Todavia para o caso do solo:

“As áreas têm que se localizar numa região onde o uso de solo seja de qualquer unidade de conservação.

Em caso de solo permeável (areia), a profundidade deve ser igual ou superior a 5 m da base de futuro aterro, com um nível relativamente estável.

Em caso de solo relativamente impermeável, a profundidade deve ser igual ou superior a 2.5 m da base do futuro aterro com nível relativamente estável.”

Porém de acordo com o Centro de Estudos e Pesquisas Urbanas - CPU/IBAM citado por Santos, e tal. (2007), a firma que é necessário analisar vários critérios para indicar áreas apropriadas a aterro sanitário.

Dois órgãos, baseados em estudos técnicos, propõem os aspectos mais importantes para a escolha adequada de local para aterro sanitário. É preciso observar os seguintes aspectos: propriedade (se a área é governamental ou se está disponível para compra), tamanho da área (a utilidade deve ser de, no mínimo, 10 anos), localização da área (não deve estar localizada a mais de 15 km da zona de colecta e deve estar afastada no mínimo 2 km de zonas residenciais), apresentar vias de acesso em boas condições, estar afastado de aeroportos, estar longe de nascentes e cursos de água, apresentar redes de energia, telefone e outros serviços. Deve-se observar também características topográficas, tipos de solo e águas subterrâneas.

Para Samizava, et. al.(2008) os critérios por ele usado foram: os compartimentos geomorfológicos, identificados a partir da foto interpretação, na qual foram classificados em topos suavemente ondulados, domínio das vertentes e planície aluvial e alvéolos.

As características das rochas e solos, possuindo as classes dos depósitos cenozóico de topos e encostas, solos rasos escaváveis, solos rasos escarificável, solos aluviais e aterros e bota-foras. Outra variável é a profundidade do nível freático, estimada a partir de amostras pontuais irregulares. Dando importância ao recurso hídrico, também se utilizou como variável das distâncias de cursos de água. O declive é outro factor importante, já que se relaciona com a inclinação do relevo e, conseqüentemente, com a velocidade de escoamento superficial das águas. Outros factores que se referem aos aspectos sociais e económicos são as distâncias da malha urbana, distâncias de rodovias e estradas vicinais.

Sendo assim, para Santos, et. al. (2007), os critérios analisados para o seu trabalho foram o tamanho da área e tempo de vida útil do aterro sanitário de, no mínimo, 20 anos, proximidade da zona de colecta (no máximo a 20km de distância), via de acesso em boas condições, distância de mais de 1,5km de aeroportos, afastamento mínimo de 2km de zonas residenciais, distância de mais de 200m de nascentes, corpos de água e rios, posicionamento adequado em relação aos ventos dominantes e concordância com as leis ambientais.

Para (EPA, 1993) citado por Lino (2008), definiu critérios regionais para selecção de áreas para localização de aterro sanitário. Esses critérios incluem distância de segurança de:

- Aeroporto,
- Planícies de inundação,
- Áreas alagadas,
- Zonas de falhas,
- Zonas de impacto sísmico e áreas de risco.

Segundo o Instituto de Pesquisa Tecnológica - IPT/SP citado também por Santos, et al, afirma que os critérios para selecção são: dados geológicos, geotécnicos, pedológicos,

geomorfológicos, dados sobre águas subterrâneas e superficiais, sobre clima e dados sobre a legislação e socioeconómicos.

Weber et al (*Citação*), frisa que a selecção de áreas aptas à implantação de um aterro sanitário implica em uma decisão entre várias alternativas possíveis, com base em alguns critérios. De acordo com a teoria da decisão, um critério é alguma base mensurável e avaliável para uma decisão, e pode constituir um factor ou uma restrição.

Restrições são aqueles critérios que cerceiam ou limitam a análise em foco a regiões geográficas específicas, constituindo normalmente mapas booleanos com classes do tipo apto / inapto. As restrições diferenciam áreas ou alternativas que podem ser consideradas aptas para destinação final de resíduos sólidos daquelas que não são aptas sob condição alguma.

E os factores, por outro lado, são critérios que definem algum grau de aptidão para a área considerada. Eles definem áreas ou alternativas em termos de uma medida contínua de aptidão, realçando ou diminuindo a importância de uma alternativa em consideração naqueles locais fora das restrições absolutas.

A combinação destes dois pontos (**Restrição e Factores**) tem um papel fundamental na identificação do local adequado para o aterro sanitário.

Variáveis Consideradas como Restrição

Variável	Descrição	Referência
Variáveis Fisiográficas		
Ocupação	Distância mínima de 1000 metros de núcleos de ocupação com mais de 200 habitantes.	NBR 10.157
Hidrografia	Distância mínima de 200 metros de cursos d'água relevantes Distância mínima de 50 metros de qualquer corpo d'água.	NBR 10.157
Variáveis Sociais		
Aeroportos	O aterro não pode estar situado dentro um raio de 20 Km em relação ao epicentro do aeroporto	Resolução CONAMA N° 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

Tabela 4: Variáveis consideram com restrição

Fonte: *Anais 1º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, extraído de Cersósimo (2006)*

Variáveis Espaciais Consideradas de Factores Condicionantes

Variável	Descrição	Referência
Variáveis Fisiográficas		
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 fator importante na análise de aptidão de áreas à implantação de aterros sanitários.
Hidrografia: 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 fator extremamente importante 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)
Variáveis Sociais		
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.

Tabela 5: Variáveis especiais consideradas de factores condicionais

Fonte: *Anais 1º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, extraído de Cersósimo (2006)*

3.1.1 - Critérios Relevantes na Identificação de Área para Aterro Sanitário

Critérios económicos

- Transporte,
- área ,
- vias de acesso,
- factores socioeconómica,
- custo da construção da infra-estrutura

Critérios ambientais:

- Distancias do corpo de água,
- Cuidado com as águas Subterrâneas,
- Permeabilidade do solo,
- Disponibilidade de material de cobertura,
- factores ecológicos,
- factores climático.

Critérios públicos:

- Proximidade de áreas residências,
- deslocamento dos residentes,
- visibilidade,
- direcção do vento,

No caso de Moçambique os critérios usando para a identificação de locais candidatos seguem diversos pontos de âmbito social, ambiental, económicos.

Segundo a DTAS (2010), aborda os seguintes critérios para a localização do local adequado para o aterro sanitário:

Critérios para a Identificação de Áreas Candidatas

Critérios para a Identificação de Locais candidatos	Observações
Uso do Solo	As áreas têm que se localizar numa região onde o uso de solo seja de qualquer unidade de conservação.
Proximidade a cursos de água	<ul style="list-style-type: none"> • As áreas não se podem situar a menos de 3 km de curso de água, tais como, rios, lagos, lagoas e oceanos. • Cursos de água superficial, fora da linha mais alta de cursos de água e de zonas potenciais de inundações, distância mínima de 500 m a águas superficiais em geral.
Proximidade a núcleos residenciais urbanos	<ul style="list-style-type: none"> • Casas e outras instalações individuais: 200 m a partir da vedação. • Zonas/desenvolvimentos/núcleos residenciais: 500 m a partir da vedação. • As residências não devem estar na direcção predominante do vento.
Zonas de ordenamento urbano	Distância mínima de 1km dos limites da vedação
Proximidade de aeroportos	As áreas não devem localizar próximas de aeroportos, a uma distância menor ou igual a 3 km, e devem respeitar a legislação em vigor no país.
Zonas de interesse histórico ou ecológico	A distância mínima a igrejas, monumentos históricos e outros locais de valor cultural deve ser de 500 m.
	<ul style="list-style-type: none"> • Em caso de solo permeável (areia),

Profundidade do lençol freático	<p>a profundidade deve ser igual ou superior a 5 m da base de futuro aterro, com um nível relativamente estável.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Em caso de solo relativamente impermeável, a profundidade deve ser igual ou superior a 2.5 m da base do futuro aterro com nível relativamente estável.
Geologia	Zonas geologicamente instáveis não são aconselháveis (Zonas sísmicas, geotectónicas com fracturas). Veja-se o anexo 5 para um resumo das actividades da investigação geológica/hidrogeológica.
Permeabilidade do solo natural	É desejável que o solo da área seleccionada tenha uma certa impermeabilidade natural, com vista a reduzir as possibilidades de contaminação de aquíferos.
Extensão da bacia de drenagem	A bacia de drenagem das águas pluviais deve ser pequena, de modo a evitar a entrada de volumes elevados de água da chuva na área do aterro sanitário.
Água potável	Locais candidatos devem estar fora de zonas de captação de água potável.
Outras restrições	Os locais devem estar fora de zonas de direitos de trânsito para electricidade, água, estradas e qualquer outra zona que possa impedir o desenvolvimento de um aterro, excepto os custos demasiado altos.

Tabela 6: Critérios para a identificação de áreas candidatas

Fonte: *Directiva Técnica para a Implantação e Operação de Aterro Sanitário em Moçambique*

Critérios Ambientais para a Avaliação de Áreas Candidatas

Critérios Ambientais para a Avaliação de áreas candidatas	Observação
Distância a águas superficiais e ao lençol freático	Risco de ser poluído pelas emissões líquidas.
Importância da zona como área de recarga de água subterrânea	Alto valor a ser protegido.
Flora/Fauna	Presença de animais ou plantas sensíveis e protegidos

Tabela 7: Critérios ambientais para a avaliação de áreas candidatas

Fonte: *Directiva Técnica para a Implantação e Operação de Aterro Sanitário em Moçambique*

Critérios Sociais para a Avaliação de Áreas Candidatas

Critérios sociais para a Avaliação de áreas candidatas	Observação
Visibilidade do local	O local deve ter uma barreira visual de protecção com árvores (se possível).
Consideração da direcção do vento	As zonas residenciais não devem estar situadas na direcção predominante do vento.
Distância a zonas residenciais	A distância mais longa é a preferida.
Aceitação pública	É aconselhável que, nas proximidades da área seleccionada, não tenha havido problemas do conselho municipal ou do distrito com organizações não governamentais e outros intervenientes, para evitar conflitos.
Trânsitos	Os impactos de trânsito aumentado pelos camiões de frota de recolha devem ser considerados. O tráfego de veículos transportando resíduos tem sido um transtorno para os moradores das ruas por onde estes passam, sendo aconselhável que o acesso área do aterro sanitário se faça por locais de baixa densidade demográfica.

Planos urbanos	Os locais preferidos têm que ser considerados nos planos de ordenamento.
----------------	--

Tabela 8: Critérios sociais para a avaliação de áreas candidatas

Fonte: *Directiva Técnica para a Implantação e Operação de Aterro Sanitário em Moçambique*

Critérios Técnicos para a Avaliação de Áreas Candidatas

Critérios Técnicos para a Avaliação de áreas candidatas	Observação
Vias de acesso	O acesso ao terreno deve ser de boa qualidade, de forma a minimizar o desgaste dos veículos colectores e permitir o seu livre acesso ao local, mesmo durante a época chuvosa.
Topografia	<ul style="list-style-type: none"> • Tomando em consideração a inclinação do terreno para facilitar a drenagem de águas superficiais e lixiviadas. • Considerando a topografia do terreno para minimizar obras de terraplanagem.

Tabela 9: Critérios técnicos para a avaliação de áreas candidatas

Fonte: *Directiva Técnica para a Implantação e Operação de Aterro Sanitário em Moçambique*

Critérios Económicos para a Avaliação de Áreas Candidatas

Critérios Económicos para a Avaliação de áreas candidatas	Observação
Distância ao centro de produção de resíduos	É aconselhável que a distância de locais de deposição seja a mais curta possível em relação ao centro de produção de resíduos. A distância deve ser inferior a 15 km para reduzir o desgaste de equipamento e o custo de transporte de resíduos sólidos.
Preferência de implantação de aterros de grandes dimensões, regionais	Para justificar os custos de investimento devido ao princípio de “Economia de

	Escala”.
Planificação de uma vida útil de pelo menos, 10 anos (para aterros pequenos e médios) ou 15 a 20 anos (para aterros grandes).	Para justificar os custos relativamente altos de investimentos.
Acesso ao aterro	A necessidade de construir uma nova estrada de acesso aumenta os custos
Disponibilidade de material da cobertura para os resíduos depositados	A área deve situar-se próxima de pontos de exploração de material de cobertura, de modo assegurar a permanente cobertura de resíduos sólidos a baixo custo.
Disponibilidade de terreno	Os custos da aquisição do terreno podem aumentar, significativamente, os custos de operação. O local deve ser, preferencialmente, propriedade do Município ou distritos em locais cuja aquisição não acarrete custos elevados.

Tabela 10: Critérios Económicos para a Avaliação de áreas candidatas

Fonte: *Directiva Técnica para a Implantação e Operação de Aterro Sanitário em Moçambique*

CAPÍTULO: 4 - METODOLOGIA PARA IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO USANDO SIG

No mundo inteiro os métodos usados para identificação do local para aterro sanitários são diversos, em Moçambique os procedimentos para a identificação do local para erguer uma infra-estrutura que visa albergar os resíduos sólidos devem seguir os seguintes passos:

De acordo com a DTAS (2010), este processo passa por:



Figura 9: Procedimentos para a selecção de áreas para um Aterro Sanitário

Fonte: *Directiva Técnica para a Implantação e Operação de Aterro Sanitários em Moçambique (DTA's, 2010)*

Segundo TSUHAKO (2004), “a análise estratégica de decisão, também conhecida como análise multi-critério ou ainda, análise multi-objectivo, consiste em um processo de tomada de decisão, onde se avalia diversos critérios de acordo com a sua importância e seu peso relativo que exercem em relação ao fenómeno analisado”.

“De um modo geral, os processos de tomada de decisão, pretendem satisfazer a um ou múltiplos objectivos e são desenvolvidos avaliando-se um ou vários critérios, que podem ter aspectos económicos, sociais, políticos, ambientais entre outros. A selecção de áreas para a implantação de aterros sanitários, é um processo de decisão de natureza multi-critério, no qual são avaliados e hierarquizados diversos atributos para orientar a selecção de áreas aptas, entre diversas alternativas, com base nos critérios adoptados “(CALIJURI *et al.*, 2002).

Para XAVIER (2001) citado por TSHUAKO (2004), “a análise multi-critério ou (*Multi Criteria Evaluation MCE*) é uma ferramenta de apoio a decisão em SIG que envolve simultaneamente a combinação de vários dados geográficos, possibilitando a sistematização de todos os critérios envolvidos no processo de tomada de decisão, assim como uma interacção do analista com todas as etapas intermediárias. Nas aplicações em ambiente SIG, os dois principais tipos de análises realizadas são, a análise booleana e a análise envolvendo factores em escala contínua de adequabilidade”.

4.0 - Guião de Passos para a Selecção da Área para Aterro Sanitário

Características				
	R	P	M	G
Classificação do aterro necessário	O	O	O	O
Investigação da necessidade de células para resíduos perigosos	N	N	F	O
Eliminação de áreas não apropriadas	O	O	O	O
Identificação de locais candidatos	O	O	O	O
Priorização de locais candidatos	O	O	O	O
Confirmação do local mais apto	O	O	O	O
Zona de protecção (Buffer)	O	O	O	O
Mínimo 5m de distância ao lençol freático	N	F	O	O
Estudo de viabilidade	N	N	O	O
Descrição do local	O	O	O	O
Estudo hidrogeológico preliminar	N	N	F	O
Avaliação preliminar dos impactos ambientais	N	F	O	O
Consulta com instituições/ pessoas envolvidas	F	F	O	O
Identificação e investigação de áreas problemáticas	O	O	O	O
Consulta com MICOA	O	O	O	O

Tabela 11: Guião de passos para a selecção da área para aterro sanitário

Fonte: *Directiva Técnica para a Implantação e Operação de Aterro Sanitários em Moçambique*

Legenda

R- Zona Rural	O- obrigatório
P- Pequeno	N- não obrigatório
M- Médio	F- facultativo
G- Grande	

4.1 - Concepção de um modelo de dados espaciais

O processo conceptual de definição do modelo considerou uma solução adequada independentemente da informação existente para que pudesse servir de referência metodológica independentemente das restrições com que se constatou.

A criação de uma estrutura de informação geográfica orientada para a realização de processos de análise espacial considerados pertinentes permitiu a uma pré-avaliação dos requisitos referentes à informação geográfica a integrar, bem como a definição de estruturas e processos de relacionamento.

A criação de uma representação esquemática de entidades e relações seguiu de perto um formalismo de *design* associado ao processo de concepção e desenvolvimento de uma Geodatabase sendo descritos tanto a estrutura conceptual como os elementos de descrição lógica do modelo de dados espaciais desenvolvido.

Características do modelo de dados espaciais

Uma das características fundamentais do modelo de dados Geodatabase é a sua estrutura tabular explicita, constituindo esta forma de armazenamento uma completa referência das características espaciais, atributos e regras de associação entre os elementos ou características informativas armazenadas (Neves, N., et al, 2006).

A construção do modelo de dados integralmente sobre uma estrutura tabular permite tirar acentuadas vantagens que se centram na simplicidade da estrutura final e na existência de poderosos mecanismos de associação e exploração das bases de dados.

Uma das características fundamentais do modelo de dados Geodatabase é a sua estrutura tabular explicita, constituindo esta forma de armazenamento uma completa referência das características espaciais, atributos e regras de associação entre os elementos ou características informativas armazenadas (Neves, N., et al, 2006).

A construção do modelo de dados integralmente sobre uma estrutura tabular permite tirar acentuadas vantagens que se centram na simplicidade da estrutura final e na existência de poderosos mecanismos de associação e exploração das bases de dados.

Como toda a informação será armazenada numa estrutura tabular é possível desenvolver um conjunto muito vasto de procedimentos de associação, baseados no modelo relacional em base de dados (Neves, N., et al, 2006).

São de seguida descritas as entidades representadas no modelo de dados espaciais, os atributos de codificação que identificam de um modo único cada entidade e os atributos de codificação que permitem a associação com as tabelas de atributos.

As tabelas de atributos integram a informação descritiva considerada relevante para cada tipo de entidade geográfica. Baseada nos campos de codificação existentes nas tabelas de dados, as tabelas de atributos podem ser associadas às tabelas de dados permitindo a exploração analítica e representação gráfica.

Organização territorial:

O conjunto de entidades designado “organização territorial” integra as entidades espaciais susceptíveis de permitirem a representação das unidades administrativas e inerentemente toda a informação tabular de caracterização, nomeadamente informação estatística.

Simple feature class					Geometry	Polygon	
Limites Administrativos					Contains M values	No	
					Contains Z values	No	
Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
Shape	Geometry	Yes					
EnvID	Long Integer	Yes			0		
EnvCode	String	Yes					30
Pais	String	Yes					15
Provincia	String	Yes					15
Municipio	String	Yes					15
Ftype	String	Yes					30
Shape_Length	Double	Yes			0	0	
Shape_Area	Double	Yes			0	0	

Tabela 12: Classe de Entidades Limites Administrativo

Fonte: Projecto GEOALEX – Modelo de Gestão Ambiental e Territorial para a Área Transfronteiriça Alentejo-Estremadura, in Neves, N. et al, 2006.

Sistema Biofísico:

O conjunto de entidades designado “sistema biofísico” integra as entidades espaciais susceptíveis de constituírem suporte a processos de caracterização e avaliação biofísica. Foi integrado um conjunto de informação temática disponível considerada relevante para os processos de análise espacial desenvolvidos no modelo experimental de localização de um aterro sanitário.

Simple feature class					Geometry	Polygon	
Altimetria_In					Contains M values	No	
					Contains Z values	No	
Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
Shape	Geometry	Yes					
ELEVATION	Double	Yes			0		
Shape_Length	Double	Yes			0	0	

Tabela 13: Classe de Entidades Altimetria_In

Fonte: Projecto GEOALEX – Modelo de Gestão Ambiental e Territorial para a Área Transfronteiriça Alentejo-Estremadura, in Neves, N. et al, 2006.

Classe de entidades linear Altimetria_In, contendo a definição geométrica linear das curvas de nível e atributos de caracterização, nomeadamente a elevação das entidades lineares. Neste projecto foram integradas fontes de informação altimétrica com níveis de detalhe diferenciados.

Simple feature class Altimetria_pt				Geometry	Point		
				Contains M values	No		
				Contains Z values	No		
Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
Shape	Geometry	Yes					
ELEVATION	Double	Yes			0		

Tabela 14: Classe de Entidades Altimetria_pt

Fonte: Projecto GEOALEX – Modelo de Gestão Ambiental e Territorial para a Área Transfronteiriça Alentejo-Estremadura, in Neves, N. et al, 2006.

Classe de entidades pontuais Altimetria_pt, contendo a definição geométrica pontual e atributos de caracterização, nomeadamente a elevação das entidades pontuais. Neste projecto foram integradas fontes de informação altimétrica com níveis de detalhe diferenciados.

Simple feature class Rede Hidrografica				Geometry	Polylines		
				Contains M values	No		
				Contains Z values	No		
Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
Shape	Geometry	Yes					
EnvID	Long Integer	Yes			0		
EnvCode	String	Yes					30
Ftype	String	Yes					30
Bac_Dren	String	Yes					50
Shape Length	Double	Yes			0	0	

Tabela 15: Classe de entidades Redes Hidrográfica

Fonte: Projecto GEOALEX – Modelo de Gestão Ambiental e Territorial para a Área Transfronteiriça Alentejo-Estremadura, in Neves, N. et al, 2006.

Classe de entidades linear contendo a definição geométrica das linhas de água, atributos de caracterização das linhas de água e atributos de identificação e codificação EnvID e EnvCode.

Simple feature class				Geometry	Polygon		
Ocupação de solo				Contains M values	No		
				Contains Z values	No		
Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
Shape	Geometry	Yes					
EnvID	Short Integer	Yes			0		
EnvCode	String	Yes					30
Ftype	String	Yes					30
Code_00	String	Yes					3
Desig	String	Yes					30
Shape_Length	Double	Yes			0	0	
Shape_Area	Double	Yes			0	0	

Tabela 16: Classe de Entidades ocupação de Solo

Fonte: Projecto GEOALEX – Modelo de Gestão Ambiental e Territorial para a Área Transfronteiriça Alentejo-Estremadura, in Neves, N. et al, 2006.

Classe de entidades poligonal contendo a definição geométrica das entidades da carta de ocupação de solo e atributos de identificação e codificação EnvID e EnvCode.

Simple feature class				Geometry	Polygon		
Solos				Contains M values	No		
				Contains Z values	No		
Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
Shape	Geometry	Yes					
EnvID	Short Integer	Yes			0		
EnvCode	String	Yes					30
Ftype	String	Yes					30
Shape_Length	Double	Yes			0	0	
Shape_Area	Double	Yes			0	0	

Tabela 17: Classe de Entidade de Solos

Fonte: Projecto GEOALEX – Modelo de Gestão Ambiental e Territorial para a Área Transfronteiriça Alentejo-Estremadura, in Neves, N. et al, 2006.

Classe de entidades poligonal contendo a definição geométrica das entidades tipos de solo e atributos de identificação e codificação EnvID e EnvCode.

Table							
Solos_tributo							
Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
EnvID	Short Integer	Yes			0		
Cod1	String	Yes					6
Cod2	String	Yes					6
Cod3	String	Yes					6
Perc1	Double	Yes			0	0	
Perc2	Double	Yes			0	0	
Perc3	Double	Yes			0	0	
Textura	String	Yes					20
Perm	String	Yes					20
A_grossa	Long Integer	Yes			0		
A_fina	Long Integer	Yes			0		
Limo	Long Integer	Yes			0		
Argila	Long Integer	Yes			0		
MO	Long Integer	Yes			0		
Profund	Long Integer	Yes			0		

Tabela 18: Tabela de Solo_Atributo

Fonte: Projecto GEOALEX – Modelo de Gestão Ambiental e Territorial para a Área Transfronteiriça Alentejo-Estremadura, in Neves, N. et al, 2006.

Tabela contendo atributos de caracterização do solo e atributos de identificação e codificação EnvID e EnvCode.

Equipamentos e infra-estruturas:

O conjunto de entidades designado “equipamentos e infra-estruturas” integra as entidades espaciais que armazenam informação das principais redes de infra-estruturas, como a rede viária e a rede de abastecimento de água, bem como as entidades que armazenam informação dos equipamentos públicos associados às redes de infra-estruturas e de organismos de gestão territorial.

Simple feature class Equipamento						Geometry	Point
						Contains M values	No
						Contains Z values	No
Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
Shape	Geometry	Yes					
Desig	String	Yes					20
EnvID	Short Integer	Yes			0		
EnvCode	String	Yes					30
Ftype	String	Yes					30
Municipio	String	Yes					15

Tabela 19: Classe de entidade de equipamento

Fonte: Projecto GEOALEX – Modelo de Gestão Ambiental e Territorial para a Área Transfronteiriça Alentejo-Estremadura, in Neves, N. et al, 2006.

Classe de entidades linear contendo a definição geométrica dos equipamentos de apoio às redes de infra-estruturas e outras entidades de administração e gestão do território e atributos de identificação e codificação EnvID e EnvCode.

Simple feature class Rede_Viaria						Geometry	Polyline
						Contains M values	No
						Contains Z values	No
Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
Shape	Geometry	Yes					
EnvID	Short Integer	Yes			0		
EnvCode	String	Yes					30
Ftype	String	Yes					30
Tipo	String	Yes					20
Shape_Length	Double	Yes			0	0	

Tabela 20: Classe de Entidades Rede_Viaria

Fonte: Projecto GEOALEX – Modelo de Gestão Ambiental e Territorial para a Área Transfronteiriça Alentejo-Estremadura, in Neves, N. et al, 2006.

Classe de entidades linear contendo a definição geométrica das estradas e caminhos e atributos de identificação e codificação EnvID e EnvCode

Processos de análise espacial

A definição conceptual de entidades anteriormente descrita não pôde ser acompanhada por processos de aquisição de informação real com o mesmo nível de detalhe e qualidade.

Sendo conhecidas as dificuldades em utilizar informação geográfica com um bom nível de detalhe em Moçambique e querendo implementar uma análise de teste dos princípios do modelo foram utilizados alguns dados disponíveis embora reconhecendo que a sua escala de base e o detalhe nos dados não se afigura o mais adequado.

Sendo assim os dados usados no presente trabalho variam numa escala de 1: 5000 que correspondem aos dados de estradas, água, edifício, elevação, aeroporto e de 1:1000.000 correspondente aos dados de solo.

A padronização dos dados como forma de uniformizar os valores para a geração de mapa final passou por diversas fases, fases estas que foram desde da uniformização dos critérios de processamento e análise espaciais.

São de seguida apresentados os principais processos de análise espacial implementados e a caracterização da informação produzida.

Modelo cartográfico simplificado de processos de análise espacial

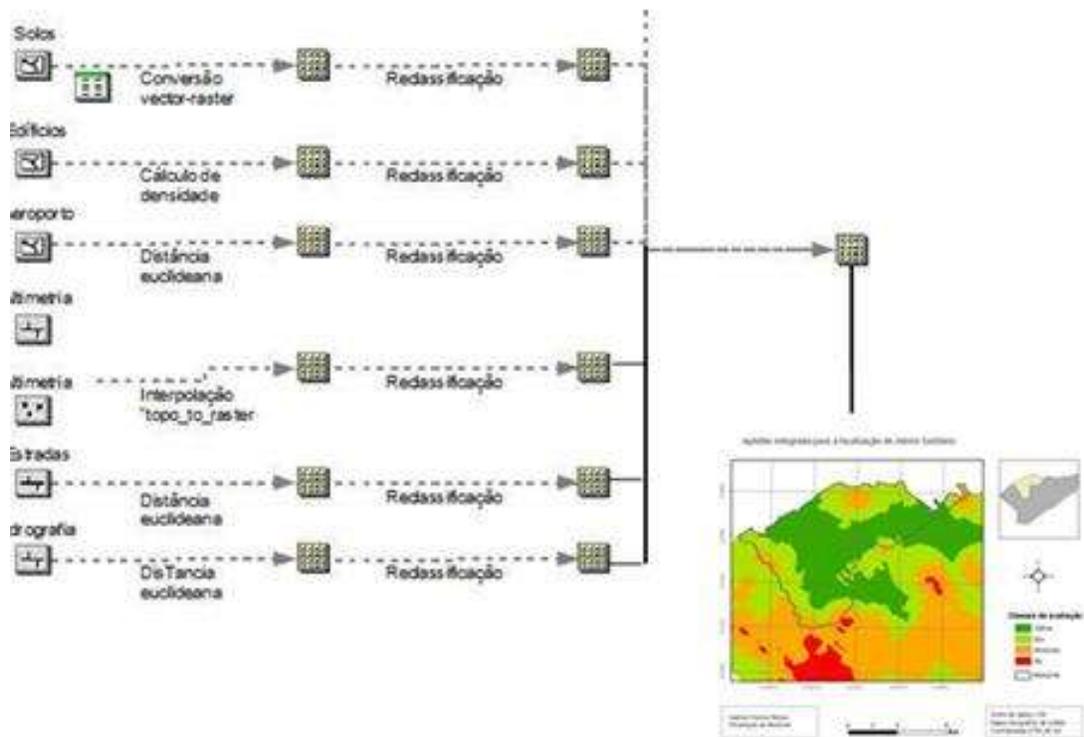


Figura 10: Modelo cartográfico simplificado de processos de análise espacial

Mapa Reclassificado da Cidade da Beira

Como forma de encontrar o local para implantação de aterro sanitário um dos critérios usado é que a mesma deve estar num local distante dos centros urbanos, o método usado para melhor identificar a área óptima para a implantação da infraestrutura, foi por meio de uma reclassificação do mapa da cidade da Beira como forma de identificar o local necessário. A figura abaixo mostra o mapa reclassificando onde mostra claramente os três pontos: O urbano que definitivamente esta fora de questão para área candidata, uma vez que um dos critérios é que o local escolhido não deve estar próximo dos centros urbanos. E os outros pontos são a zona peri-urbana e suburbana que estas zonas pelas condições que oferecem possam ter áreas apropriadas para a implantação do aterro.

Mapa reclassificado da cidade da Beira	
Escala/Resolução Espacial	1:250. 000
Imagem	 <p>Classes de Aptidão para localização de Aterro Sanitário</p> <p>Classe de Aptidão</p> <ul style="list-style-type: none">UrbanaPeri-UrbanaSub-Urbana <p>0 5 10 15 20 Kilómetros</p> <p>Autoria: Vitorino Ribeiro</p>
Modelo de dados	Raster

Figura 11: Mapa reclassificado da cidade da Beira

Sistema de Referência	Spatial Reference: WGS_1984_UTM_Zone_36s Datum: D_WGS_1984 Geographic coordinate system name: GCS_WGS_1984
Cobertura Espacial	Cidade da Beira
Descrição	Para a obtenção do mapa, efectuou-se uma conversão vector-raster de classes de ocupação de solo como ilustrado no mapa acima. Spatial Reference: WGS_1984_UTM_Zone_36S Datum: D_WGS- 1984 Data Type: File System Raster Format: Grid
Condições de Fornecimento	Grátis

Mapa de Estradas da Cidade da Beira

O crescimento urbano na cidade da Beira é o responsável pelo aparecimento de novas vias de comunicação.

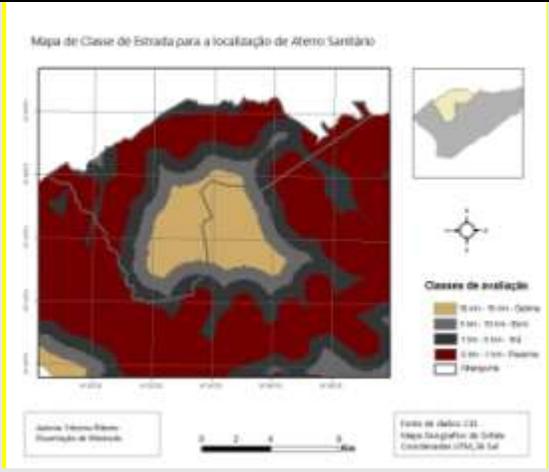
Sendo assim para além das estradas primárias (as principais), as secundárias e as terciárias, pode-se notar o aparecimento de pequenas ruelas. Para a elaboração deste mapa foram tomadas em considerações os três tipos de estradas;

- As primárias;

- As secundárias;
- As terciárias.

Para identificar as vias de comunicação acima citada, só foi possível com ajuda da ferramenta do software ArcGis 9.3.1. Onde foi possível calcular a distância necessária que possibilita criar mapa de modo a identificar o local para a construção do aterro sanitário, dados este que foi definida pela DTA'S (2010), que frisa que a distância em relação a via de acesso e o local onde o aterro sanitário vai ser instalado devesse se encontrar numa área com a distância maior ou igual a 200m.

Para o mapa reclassificado foi dividido em seis classes, onde o valor 1 é considerado ótimo e o valor 6 é considerado o péssimo.

Mapa de Estradas da Cidade da Beira	
Escala/Resolução Espacial	1:250. 000
Imagem	 <p>Figura 12: Mapa de Estrada da cidade da Beira</p>
Modelo de dados	Raster
Sistema de Referência	Spatial Reference: WGS_1984_UTM_Zone_36s Datum: D_WGS_1984 Geographic coordinate system name: GCS_WGS_1984

Cobertura Espacial	Cidade da Beira
Descrição	<p>Para a obtenção do mapa efectuou-se um cálculo de distâncias euclidianas (Straight Line) para raster, onde foi feita a reclassificação em Seis classes, onde o número 1 identifica a área óptima e o 6 indica o a área péssima.</p> <p>Spatial Reference: WGS_1984_UTM_Zone_36S</p> <p>Datum: D_ WGS- 1984</p> <p>Data Type: File System Raster</p> <p>Format: Grid</p>
Condições de Fornecimento	Grátis

Mapa de Solos da Cidade da Beira

Para o caso do solo também foi feito o processo de reclassificação apoiado da associação (join) de uma tabela de avaliação usando seis (6) classes.

Identificou-se três tipos de solo e o tipo de vegetação.

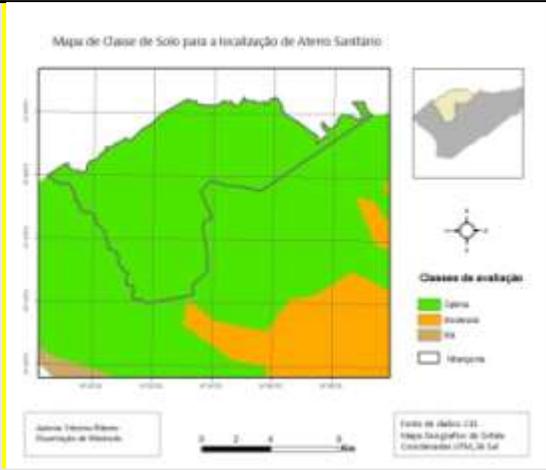
Para o solo de *sedimentos marinhos estuarinos* o tipo de vegetação é de *pradaria halo folia, mangal*;

O solo de aluviões argilosos e o tipo de vegetação é de pradaria, mangal;

E o solo de *mananga com cobertura arenosa* com a vegetação de *mata aberta ou matagal*.

O processo de classificação atribuí os pesos da seguinte forma:

Os solos considerado adequados têm o valor 1 e os não adequados tem o valor 6.

Mapa de Solos da Cidade da Beira	
Escala/Resolução Espacial	1:250 000
Imagem	 <p>Mapa de Classe de Solo para a localização de Aterro Sanitário</p> <p>Classes de avaliação:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1 (Verde) 2 (Amarelo) 3 (Laranja) 4 (Laranja escuro) 5 (Laranja muito escuro) 6 (Preto) <p>Figura 13: Mapa de Solo da cidade da Beira</p>
Modelo de dados	Raster
Sistema de Referência	<p>Spatial Reference: WGS_1984_UTM_Zone_36s</p> <p>Datum: D_WGS_1984</p> <p>Geographic coordinate system name: GCS_WGS_1984</p>
Cobertura Espacial	Cidade da Beira
Descrição	<p>Para a obtenção do mapa, efectuou-se um processo de avaliação por junção tabular considerando seis classes, onde o número 1 identifica a área óptima e o 6 indica o a área péssima. Foi de seguida efectuada uma conversão vector para raster.</p> <p>Spatial Reference: WGS_1984_UTM_Zone_36S</p> <p>Datum: D_WGS- 1984</p> <p>Data Type: File System Raster</p> <p>Format: Grid</p>
Condições de Fornecimento	Grátis

Mapa de Elevações da Cidade da Beira

Este mapa mostra a variação morfológica da cidade da Beira, este factor é bastante preponderante no processo de localização do melhor local para o aterro sanitário. Para que fosse facilitada esta identificação fez-se a reclassificação com 6 classes. Onde as áreas mais altas tem o valor 1 e as baixas de o valor 6 como mostra a figura abaixo.

O modelo digital de elevações foi obtido pelo processo “topo_to_raster” que implementação uma processo interpolativo, multi_resolução adaptativo, favorecendo a representação do terreno segundo as condições de drenagem efectiva.

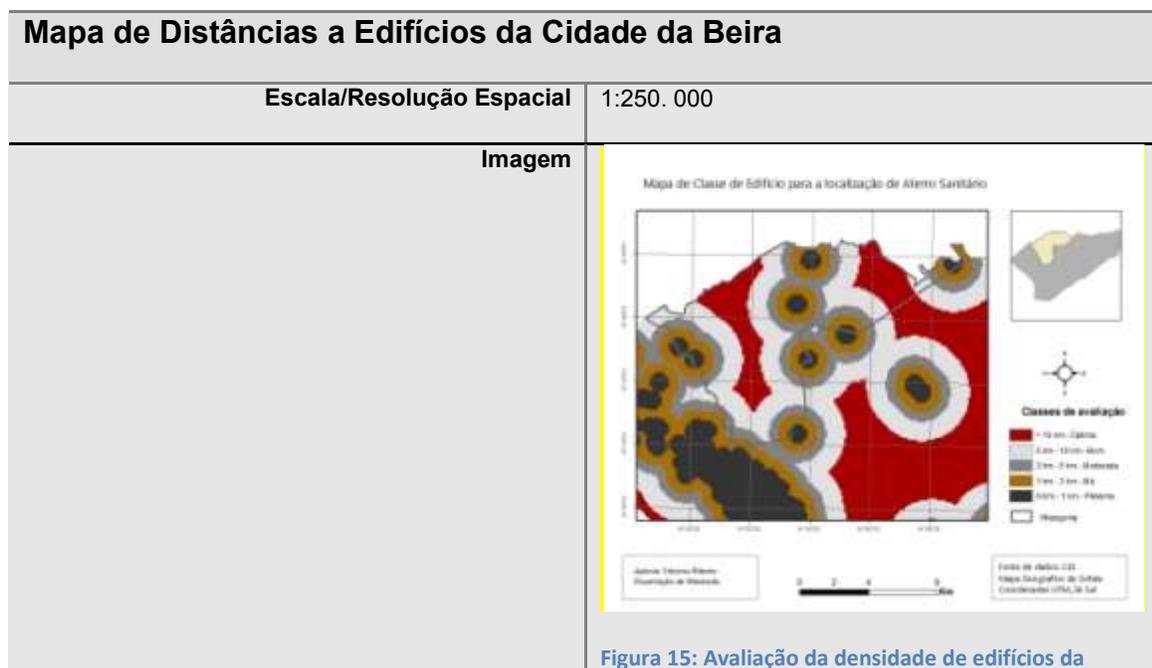
Mapa de Elevações da Cidade da Beira	
Escala/Resolução Espacial	1:250 000
Imagem	<p>Mapa de Classe de Elevação para a Localização de Aterro Sanitário</p> <p>Classes de avaliação:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1 2 3 4 5 6
Modelo de dados	Raster
Sistema de Referência	Spatial Reference: WGS_1984_UTM_Zone_36s Datum: D_WGS_1984 Geographic coordinate system name: GCS_WGS_1984
Cobertura Espacial	Cidade da Beira
Descrição	Foi efectuada a reclassificação em seis classes do modelo digital de elevações obtido por processo de

Figura 14: Mapa de Elevação da cidade da Beira

	<p>interpolação multi-resolução adaptativo “topo_to_raster, onde o número 1 identifica a área óptimo e o 6 indica o a área péssima.</p> <p>Spatial Reference: WGS_1984_UTM_Zone_36S</p> <p>Datum: D_ WGS- 1984</p> <p>Data Type: File System Raster</p> <p>Format: Grid</p>
Condições de Fornecimento	Grátis

Mapa de Distâncias a Edifícios da Cidade da Beira

Este mapa permite-nos saber como esta distribuído os edifício na cidade Beira. Para a obtenção do mapa tivemos que seguir critérios nacionais disponíveis na DTAS (2010), que frisa o seguinte ponto: que deve estar no raio não inferior a 500 m, para tal antes de fazer a reclassificação do mapa, foi feito efectuado um cálculo de distância euclidiana. Seguidamente fez-se a reclassificação do raster de distâncias em 6 classes. Onde o valor 1 identifica o local óptimo e o valor 6 é o local péssimo.



	cidade da Beira
Modelo de dados	Raster
Sistema de Referência	Spatial Reference: WGS_1984_UTM_Zone_36s Datum: D_WGS_1984 Geographic coordinate system name: GCS_WGS_1984
Cobertura Espacial	Cidade da Beira
Descrição	Para a obtenção do mapa, foi efectuado um processo de reclassificação de densidade de edifícios (rácio de procura 1000m e unidade:km2), em seis classes, onde o número 1 identifica a área óptimo e o 6 indica o a área péssima. Spatial Reference: WGS_1984_UTM_Zone_36S Datum: D_WGS- 1984 Data Type: File System Raster Format: Grid
Condições de Fornecimento	Grátis

Mapa de Água da Cidade da Beira

Um dos critérios na localização de aterro sanitário tem a ver com a contaminação das águas superficiais e subterrâneas. Segundo a directiva técnica sobre aterro sanitário em Moçambique diz que “ as áreas não se podem situar a menos de 3 km de curso de água, tais como, rios, lagos, lagoas e oceanos.

Cursos de água superficial, fora da linha mais alta de cursos de água e de zonas potenciais de inundações, distância mínima de 500 m a águas superficiais em geral”. Sendo assim o mapa abaixo mostra o mapa reclassificado, que demonstra as zonas consideradas óptima. Para permitir uma definição espacial de zonas óptimas e péssimas, foi efectuada uma reclassificação do raster de distâncias euclidiana, em seis classes, onde o valor 1 identifica o local óptimo e o valor 6 é o local péssimo.

Mapa de Água da Cidade da Beira	
Escala/Resolução Espacial	1:250. 000
Imagem	<p>Mapa de classe de água para identificação de Alentejo Santitão:</p> <p>Classes de avaliação:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1 - 2000 m 2 - 1000 m 3 - 500 m 4 - 200 m 5 - 100 m 6 - 50 m 7 - 20 m 8 - 10 m 9 - 5 m 10 - 2 m 11 - 1 m 12 - 0,5 m 13 - 0,2 m 14 - 0,1 m 15 - 0,05 m 16 - 0,02 m 17 - 0,01 m 18 - 0,005 m 19 - 0,002 m 20 - 0,001 m <p>Fonte de dados: IIG Mapa Geográfico de Sétim Coordenadas UTM, 36 Sul</p>
	Figura 16: Mapa de Água da cidade da Beira
Modelo de dados	Raster
Sistema de Referência	<p>Spatial Reference: WGS_1984_UTM_Zone_36s</p> <p>Datum: D_WGS_1984</p> <p>Geographic coordinate system name: GCS_WGS_1984</p>
Cobertura Espacial	Cidade da Beira
Descrição	<p>Para a obtenção do mapa, foi efectuado um processo de reclassificação do raster de distâncias euclidianas, em seis classes, onde o número 1 identifica a área óptimo e o 6 indica o a área péssima.</p> <p>Spatial Reference: WGS_1984_UTM_Zone_36S</p> <p>Datum: D_WGS- 1984</p> <p>Data Type: File System Raster</p> <p>Format: Grid</p>
Condições de Fornecimento	Grátis

Mapa de Aeroporto da Cidade da Beira

O critério usado para a obtenção deste mapa, foi usado os mesmos procedimentos para os restantes dos mapas acima citados. Fez-se o cálculo da distância estipulada na directiva técnica (DTAS), que frisa que o aeroporto deve estar a uma distância de superior a 3 km, e sendo assim reclassificou-se o mapa de modo a encontrar as melhores áreas para a implantação do aterro sanitário. O critério para identificação foi com base na divisão de classes em 6, e o valor 1 foi considerado o apropriado e o 6 o não apropriado para a implantação da infra-estrutura.

Mapa de Distância ao Aeroporto da Cidade da Beira	
Escala/Resolução Espacial	1:250.000
Imagem	<p>Mapa de Classe de Aeroporto para a localização de Aterro Sanitário</p> <p>Classes de avaliação:</p> <ul style="list-style-type: none"> 0 a 1000 m - Inapto 1000 a 2000 m - Não apto 2000 a 3000 m - Moderado 3000 a 4000 m - Bom 4000 a 5000 m - Muito bom 5000 a 6000 m - Excelente 6000 m - Não apto <p>Fonte de dados: DTAS Mapa Geográfico de Referência Coordenadas: UTM, 36 Sul</p>
Modelo de dados	Raster
Sistema de Referência	Spatial Reference: WGS_1984_UTM_Zone_36s Datum: D_WGS_1984 Geographic coordinate system name: GCS_WGS_1984
Cobertura Espacial	Cidade da Beira
Descrição	Para a obtenção do mapa, foi efectuada um processo de reclassificação do raster de distâncias euclidianas, em seis classes, onde o número 1

	identifica a área óptimo e o 6 indica o a área péssima. Spatial Reference: WGS_1984_UTM_Zone_36S Datum: D_ WGS- 1984 Data Type: File System Raster Format: Grid
Condições de Fornecimento	Grátis

Mapa do Aterro Sanitário da Cidade da Beira

Para obtenção do mapa final, considerando os critérios de distâncias estabelecidos pela DTAS (2010) que está em vigor em Moçambique, de modo a criar mapas que se adaptem à realidade do país, foi efectuado um processo de integração em Álgebra de Mapas, segundo uma fórmula aditiva poderada, em que o resultado final é obtido pela adição de variáveis V1 a Vn conforma ilustrado no modelo cartográfico.

O processo de implementação da fórmula aditiva considera a aplicação de ponderações fazendo com que a função final seja do tipo $F(V1, V2, \dots, Vn) = ((V1*P1)+(V2*P2)+\dots+(Vn*Pn))$.

Os valores de P1,...Pn variam entre 0 e 1 na proporção directa das percentagens abaixo descritas.

A importância relativa de cada varável foi estabelecida através da afectação de um valor percentual (intervalo de 0 – 100%).

Estes pesos ou ponderações foram efectuados com base nos mapas de avaliação de solos, estradas, água, edifícios, aeroporto, elevação.

- Para a avaliação das condições do solo atribuiu-se um peso de 15%
- Para a avaliação da distância às estradas atribuiu-se um peso de 20% uma vez que as vias de comunicação devem estar em bom estado, para facilitar o transporte dos resíduos do local da produção para o local do depósito.

- Para a avaliação da distância às linhas de água atribui-se um peso de 20%, isto que o local onde o aterro sanitário vai ser implantado não deverá estar próximo e nem ter contacto com nenhum curso de água.
- Para a avaliação da densidade de edifícios o peso atribuído foi de 20%, uma vez que um dos critérios do aterro sanitário é que o mesmo deve estar distante das áreas habitacionais.
- Para o aeroporto atribui-se 10%.
- Um dos valores importante na identificação do local para o aterro sanitário, tem a ver com a morfologia do relevo. Neste caso, para a avaliação da elevação atribui-se o valor de 15%.

Este processo foi implementado em Álgebra de Mapas através da ferramenta “Raster Calculator”.

Mapa do Aterro Sanitário da Cidade da Beira	
Escala/Resolução Espacial	1:250. 000
Imagem	<p>Aptidão Integrada para a localização de Aterro Sanitário</p> <p>Classes de aptidão</p> <ul style="list-style-type: none"> Excelente Bom Médium Má Inapropriada <p>Fonte de dados: IIG - Mapa Topográfico de Portugal - Coordenadas UTM, 36 Sur</p>
Modelo de dados	Raster
Sistema de Referência	Spatial Reference: WGS_1984_UTM_Zone_36s

Figura 18: Mapa Final

	Datum: D_WGS_1984 Geographic coordinate system name: GCS_WGS_1984
Cobertura Espacial	Cidade da Beira
Descrição	O mapa final foi obtido através da distribuição de peso dos diferentes mapas segundo a sua importância. A variação da ponderação dos pesos ocorria num intervalo de 0 – 100%, sendo o resultado final normalizado posteriormente. Format: Grid
Condições de Fornecimento	Grátis

Para que o estudo tenha um impacto, principalmente na identificação da área para o aterro sanitário devemos ter em conta o período de vida útil na implantação da infraestrutura. Os cálculos abaixo mostram a área necessária que o local indicado deveria ter para albergar os resíduos no período de 10 anos.

Número da população entre 2010-2020

A estimativa do número da população em 2020 é o primeiro passo para encontrar o número da população num período de 10 anos, isso no intervalo entre 2010 - 2020

1 Passo - Cálculo da população em 2020

$$P_{2020} = P_0 * (1+d)^{10}$$

$$P_{2020} = 431.583. (1+ 0.024)^{10}$$

$$P_{2020} = 547.096 \text{ habitantes}$$

2 Passo - Quantidade do lixo em 2020

Segundo Mesquita, (1999), citado por Santos, e tal (2007). Sabendo-se a população em 2020, é preciso estimar o volume de lixo produzido. A quantidade de lixo produzida em 2020, portanto, será dada por:

$$\text{Lixo produzido por: kg/pessoa} = 150.000/431.583 = 0.4$$

$$Q_{2020} = P_{0p2020} * \text{kg/pessoa}$$

$$Q_{2020} = 547.096 * 0.4$$

$$Q_{2020} = 218.838 \text{ kg/dia}$$

3 Passo - Cálculo de volume em 2020

Segundo Haddad, (1994) citado por Santos. et al (2007), o peso específico do lixo compactado é = 500 e P a 700 kg/m^3 .

$$V_{2020} = Q_{2020} / P_e$$

$$V_{2020} = 218.838 / 500$$

$$V_{2020} = 0.438 \text{ m}^3$$

4 Passo - $V_{2020} = V_{\text{diário}} * N. \text{ dias/ano} * \text{vida útil}$

$$V_{2020} = 0.438 * 365 * 10$$

$$V_{2020} = 1598.7 \text{ m}^3$$

5 Passo - Cálculo de área desejada para aterro em 2020

De acordo com Santos *et al* (2007), a área mínima para o Aterro Sanitário pode ser calculada. Considerando-se uma altura máxima (h) de 6m na qual o lixo pode ser empilhado, tem-se:

$$A_{\min 2020} = V_{2020} / h$$

$$A_{\min 2020} = 1598.7 / 6$$

$$A_{\min 2020} = 266.45 \text{ hectares}$$

Conclusão

O desenvolvimento do modelo de dados espaciais permitiu um completo entendimento dos elementos e contextos de relações espaciais que enformam os cenários de relações territoriais ou geográficas, bem como dos processos de representação e formalização dos sistemas em estudo.

Num projecto como aquele em que nos debruçamos, os objectivos de análise espacial e as suas particularidades inerentes desempenham um papel significativo no que diz respeito à definição do modelo de dados.

Uma parte fundamental do processo de definição de um modelo de dados esteve relacionado com a definição das diferentes aproximações de análise espacial e, mais importante ainda, com a descrição da forma como essas aproximações implicam a concepção de um modelo de dados específico.

O modelo de dados deverá ser adaptável às diferentes exigências de análise considerando o necessário equilíbrio entre flexibilidade e especialização.

Tendo como objectivo a avaliação dos níveis variáveis de integração do SIG e da análise espacial seria também importante avaliar o nível de integração da análise espacial e de outros tipos de modelos e aplicações. Neste ponto de vista a atenção centra-se mais na análise espacial do que no SIG, visto de uma forma clássica como um conjunto operacional de ferramentas ou estrutura informativa.

A identificação das áreas para o aterro sanitário na cidade da Beira foi feita com base em análise multi-critério aplicada em contexto de modelação geográfica em álgebra de mapas.

O local apropriado para a instalação do aterro sanitário, segundo os critérios obtidos, que culminou obtenção do mapa final, indica o bairro de Nhangoma como sendo o local adequado para erguer esta infra-estrutura, a mesma localiza a 15 km do centro da cidade, e possui uma área de 9222.748 hectares.

Estudos feitos anteriormente indicam que a variação morfológica da cidade da Beira, é um dos factores que leva a vários estudiosos a afirmarem que não existe áreas para instalar o aterro sanitário.

A cidade da Beira por si só, já se encontra abaixo ou a mesmo nível das águas do mar. No entanto os estudos feitos mostram outra realidade, que a característica morfológica varia de acordo afasta-se dos centros urbanos. Sendo assim não pode dizer que não haja zonas adequadas para a instalação do aterro sanitário.

Tendo implementado um modelo experimental ou um ensaio de localização considera-se importante o desenvolvimento de análises de detalhe, nomeadamente visando definir um conjunto de elementos operacionais considerados pertinentes.

Um dos pontos bastante importante é saber a capacidade que o local tem de albergar resíduos que serão depositados. Para que possamos saber a capacidade necessária é necessário fazer um cálculo de forma a efectuar avaliações de maior detalhe que permitam por exemplo o estabelecimento de critério de área mínima e monitorização de efeitos ambientais.

A vida útil estabelecida na lei moçambicana para o aterro sanitário, é de 10 anos para aterro pequenos e 15-20 anos para aterro grandes. A quantidade de lixo produzido na cidade da Beira é de 150-200 toneladas e taxa de crescimento anual da população é 2.4%, a distância mínima do local onde se produzem os resíduos até ao local onde o depósito será feito deve ser 15 km.

Sendo assim, a área mínima que deve ser reservada para a implantação de um aterro sanitário com vida útil de 10 anos na cidade da Beira deve ser de 266.45 hectar

Como demonstram os cálculos apresentados, bem como um alargado conjunto de desenvolvimentos possíveis permitem-nos considerar que a aplicação de sistemas de informação geográfica na identificação de áreas adequadas para a localização de um aterro sanitário constituiu uma base de reflexão metodológica sobre a aplicação de processos de modelação geográfica em contextos efectivos de análise espacial e ordenamento do território.

Assim, considera-se que o trabalho desenvolvido permitiu ao autor um conhecimento mais profundo da problemática da localização de aterro sanitário, mais do que isso, o conhecimento de um âmbito alargado de análise e modelação de conhecimento espacial aplicado que constitui uma das vertentes de exploração teórica e aplicacional em Ciência e Sistemas de Informação Geográfica.

CAPÍTULO: 6 - Bibliografia

Acessado:http://www.funab.gov.mz/index.php?option=com_content&view=article&id=9&Itemid=15, 12:02, 30/09/10

CALIJURI, M. L., (2002). *Identificação de áreas para implantação de aterros sanitários com uso de análise estratégica de decisão*. Informática Pública, v.4, n. 2, p. 231-250.

CÂMARA G., BARBOSA C., *et al.*, (2001). Álgebra de Mapas. *Introdução à Ciência da Geoinformação*. São José de Campos, INPE

CÂMARA G., CASANOVA M., *et al.*, (1996). *Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica*. Rio de Janeiro, Brasil.

CANÇANDO, C. J., (2003). *Vulnerability Potential Analysis of Aquifers Aiming the Implementation of Sanitary Landfill*; Case study: Municipality of Descalvado (Brazil), São Carlos – SP: V.50, N. 1, P. 83 – 86.

Cersósino. N. B. V. *Identificação de áreas aptas à implantação de equipamentos urbanos causadores de impacto ambiental*, Campo Grande, Brasil: P. 585 - 592

DOUVEN W., BUURMAN J., *et al.*, (2003). Spatial Information for Coastal Zone Management: the Example of the Banten Bay Seagrass Ecosystem, Indonesia. *Ocean & Coastal Management* **46**, 6 - 7(Geo-information technology in Integrated Coastal Zone Management (ICZM)): 615-634.

DRUCK S., CARVALHO M. S., *et al.*, (2004). *Análise Espacial de Dados Geográficos*. Brasília, EMBRAPA.

FREIRE, M. *et al.*, (2001). *Projecto Landfill. Concepção e Desenvolvimento de uma Aplicação Sig para a Localização de um Aterro Sanitário*, Portugal, 7000 Évora: P. 1-8.

FUNAB., (2010). "Aterro Industrial de Mavoco" Av. Mao Tsé Tung N° 997. 25/03/2008. Disponível em:<>http://www.funab.gov.mz/index.php?option=com_content&view=article&id=9&Itemid=15... Acesso em 22.10.

GANDELINI, L., (2002). Localização de Aterro Sanitário e Lixões no Estado de São Paulo, Considerado Padrões Ambientais Distintos. *Uma Aplicação de Modelos Matemáticos de Optimização*; Estado de São Paulo – Brasil, Piracicaba. 123 Pag.

LINO, L. C., (2008) *Implantação de Aterro Sanitário: Comparação de Métodos de Selecção de Áreas*, São Paulo: V. 27, N.1, P. 53 – 62.

MATOS J., (2001). *Fundamentos de Informação Geográfica*. Lisboa, Lidel – Edições Técnicas Lda.

MORAIS, J. L., (2005). Estudo da Potencialidade de Processos Oxidativos Avançados, Isolados e Integrados com processos Biológicos Tradicionais, para Tratamento de Chorume de Aterro Sanitário. 2005, 229 f. *Tese (Doutor no curso de Pós – Graduação em Química) – Universidade Federal do Paraná*, Curitiba.

MOREIRA, M. A. A., (2008). Caracterização de Áreas Preferenciais para a Instalação de Aterros Sanitários no Município de Descalvado (SP), na Escala 1: 50 000, *Revista Brasileira de Cartografia*, São Paulo: N. 60/02, P. 177 – 194.

NETO P., (1998). *Sistemas de Informação Geográfica*. Lisboa, FCA - Editora de Informática Lda.

NEVES N., (2007). *Materiais de apoio sobre modelos de dados e operações de análise espacial em Sistemas de Informação Geográfica*. Texto Policopiado.

Neves N., Freire, M., Cabezas, J., Buyolo, T., Fernández, L., Fernández, I., Batista, T., 2006, *GESTA – Conceção e Desenvolvimento do Modelo de Dados Espaciais; in AMDE, Junta de Estremadura (Eds.) GEOALEX – Modelo de Gestão Ambiental e Territorial para a Área Transfronteiriça Alentejo-Estremadura*. Badajoz, pp. 253-280.

PAINHO M. and MARQUES F., (2002). *Mestrado em Ciência e Sistemas de Informação Geográfica - Bases de Dados*. Lisboa, Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação – Universidade Nova de Lisboa.

SANTOS, J. S. *et al.*, (2007). *Utilização de geoprocessamento para localização de áreas para aterro sanitário no município de Alegrete-RS, Brasil, Florianópolis*, p. 5491 – 5498,

SERRA, C. *Colectânea de Legislação do Ambiente*. 3º edição. Maputo: Centro de Formação Jurídica e Judiciária - Ministério da Justiça, 7 – 686.

SILVA M., (2007). *Análise Exploratória de Critérios de Implementação de Uma Rede Viária em Áreas de Montanha*. Tese de Mestrado. Lisboa, Universidade Nova de Lisboa.

SILVA, R. F; *et. al.*,(2005). *Aplicação Metodológica para Selecção de Áreas para Deposição de Resíduos Sólidos Industriais Cerâmicos. Estudo de Caso: Porto Ferreira – SP*. São – Paulo: V. 24, N. 3, 305 – 317.

Technical Manual: Sanitary Landfill., (1994). *Washington D. C, Headquarters Department of the Army*: 5 – 35

TEIXEIRA, R. S. *et al.*, (2006). *Potencial de Utilização do Estrato Superior do Solo Laterítico da Cidade Londrina, Estado de Paraná, como Material e Apoio de Aterro Sanitários*. Maringá: V. 28, N.1, P. 85 – 92.

TSUHAKO, E. M., (2004). *Selecção preliminar de locais potenciais à implantação de aterro sanitário na subbacia de Itapararanga (Bacia do Rio Sorocaba e Médio Tietê)*. 2004. 160p *Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) Departamento de Hidráulica. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos*,

Anexo I



Figura 19:depositado na lixeira Municipal

Comentário: *Estado do lixo depositado na lixeira Municipal no bairro de Munhava Matope, lixo depositado sobre o solo e ao relento*

Anexo II



Figura 20: Via de acesso ao Porto da Beira

Comentário: *Lixo depositado nas proximidades da via de acesso e do Porto da Beira*

Anexo III



Figura 21: Lixo deositados na proximidade do canal do rio

Comentário: *lixo na proximidade do canal que tem contacto com o rio chiveve*

Anexo IV



Figura 22: Poluição do ar

Comentário: *queimada do lixo, conseqüentemente contribuirá para a poluição do ar*

Anexo V



Figura 23: Contacto da população com o Lixo

Comentário: *Atentado a saúde pública, contacto da população e o lixo depositado*

Anexo VI



Figura 24: Distância das casas em relação ao lixo

Comentário: *Habitação localizada na proximidade da lixeira Municipal*

Anexo VII



Figura 25: Distância do lixo em relação ao rio

Comentário: *Proximidade da lixeira e do Rio que alimenta o Porto da Beira*

Anexo VIII



Figura 26: Incineradora do Hospital da Beira

Comentário: *Incineradora do Hospital Central da Beira (HCB)*