

IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG) PARA O MONITORAMENTO DO ATERRO SANITÁRIO DA CIDADE MONTE CARMELO – MG

Jaqueline Vicente Matsuoka

Mestre em Ciências Cartográficas; Fundação Carmelitana Mário Palmério; graduação em Engenharia Civil; Av. Brasil Oeste, s/n, Jardim Zenith, Monte Carmelo, Fone: (34) 3842 - 5272

Natália Ramos Porto Fernandes

Graduanda do curso de Engenharia Civil, Fundação Carmelitana Mário Palmério

RESUMO: O destino final dos resíduos sólidos é um grande problema enfrentado pela população nas áreas urbanas, e os grandes impactos causados por eles podem ser gerenciados através da implantação de um aterro sanitário. A aplicação de técnicas de geoprocessamento, para a seleção de áreas potenciais para a instalação do aterro otimiza e agiliza o processo. A estruturação de um banco de dados georreferenciado proporciona uma visão prática do aterro, auxiliando nas tomadas de decisão e no gerenciamento mais eficiente. O presente trabalho teve como objetivos principais, realizar a modelagem conceitual e a implementação de um Sistema de Informações Geográficas (SIG) para auxiliar no gerenciamento do aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos do município de Monte Carmelo. Para o desenvolvimento do projeto utilizou-se o aplicativo Mobile Topografer para coletar os pontos utilizados no georreferenciamento da planta do aterro. A modelagem conceitual do banco de dados foi realizada pelo OMTG designer on line: <http://aqui.io/omtg/>. As camadas referentes ao levantamento planimétrico (casa, PVs, piezômetro, biogás, limites, platôs, rodovia, represas, etc) foram convertidos do formato dwg para shape, tais camadas foram importadas para o QGIS, onde tabelas contendo os atributos foram criadas para cada uma. Um mapa de uso e cobertura do solo foi gerado com base nas imagens do satélite RapidEye, assim como um mapa de declividade utilizando os dados do SRTM.

PALAVRAS-CHAVE: Geoprocessamento; Georreferenciamento; Geoinformação; Gerenciamento.

ABSTRACT: The final destination of solid waste is a major problem faced by the population in urban areas, and the large impacts caused by them can be managed through the implementation of a landfill. The application of geoprocessing techniques for the selection of potential areas for landfill installation optimizes and streamlines the process. The structuring of a georeferenced database provides a practical view of the landfill, aiding in decision-making and more efficient management. The main objective of this work was to carry out the conceptual modeling and the implementation of a Geographic Information System (GIS) to assist in the management of the sanitary landfill of municipal solid waste in the municipality of Monte Carmelo, georeferencing the topographic survey of the landfill and implement a GIS for landfill management. For the development of the project the Mobile Topografer application was used to collect the points used in the georeferencing of the landfill plant. The conceptual modeling of the database was carried out by OMTG designer on line: <http://aqui.io/omtg/>. The layers for the planimetric survey (house, PVs, piezometer, biogas, boundaries, plateaus, highway, dams, etc.) were converted from dwg to shape, GETEC, v.7, n.15, p. 132 - 150 /2018

such layers were imported into QGIS, where tables containing the attributes were created for each an. A land use and land cover map was generated based on RapidEye satellite imagery, as well as a slope map using SRTM data.

KEY WORDS: Geoprocessing; Georeferencing; Geoinformation; Management.

1. INTRODUÇÃO

O maior e mais grave problema enfrentado pela população atualmente é o destino final dos resíduos sólidos, principalmente na área urbana. Porém, apesar de ser um fator grave e causar grandes riscos à saúde e ao meio ambiente essa questão ainda não tem a devida atenção dos governantes e da maioria da população (CAVALCANT et al., 2011).

Os resíduos devem ser considerados como um problema do cotidiano social, que diz respeito a todos, pois está fundamentalmente ligado a um padrão de consumo (NEVES, 2006). A produção de lixo nas cidades é um processo inevitável que ocorre diariamente em quantidades e composições que dependem do tamanho da população e do seu desenvolvimento econômico. Portanto os sistemas de limpeza urbana, de competência municipal, devem afastar o lixo das populações e dar um destino ambiental e sanitariamente adequado (SILVA, 2014).

Apesar da concentração, existem tecnologias e conhecimento para trabalhar com a questão dos resíduos sólidos, a legislação ambiental brasileira é uma das mais avançadas do mundo, porém o cenário ainda é de disposição inadequada do lixo (FERREIRA,2004). O problema da disposição de resíduos é grave. Considerando apenas os resíduos urbanos e públicos, o que se percebe é uma ação generalizada das administrações públicas locais ao longo dos anos em apenas afastar das zonas urbanas o lixo coletado, depositando-o por vezes em locais absolutamente inadequados (MONTEIRO,2001). De acordo com a Lei 12.305/2010 diversas medidas de controle ambiental são recomendadas para o descarte dos resíduos, eles devem ser geridos de forma integrada, desde sua origem até sua disposição final, com abordagens que incluem a redução da quantidade gerada, a reciclagem, a reutilização e o reaproveitamento dos materiais. A disposição final pode causar diversos danos ao homem e ao meio ambiente, principalmente se ocorrer de maneira inadequada, a céu aberto, poluindo o solo, a água e o ar.

Os possíveis impactos causados na disposição dos resíduos podem ser

minimizados e gerenciados através da implantação de um aterro sanitário, considerando não somente técnicas para a acomodação dos resíduos, mas um local adequado para se implantar um empreendimento desse porte. A aplicação de técnicas de geoprocessamento, para a seleção de áreas potenciais para instalação do aterro otimiza e agiliza o processo. Com a estruturação de um banco de dados georreferenciados, que proporcionam uma visão prática do município, auxiliando na localização das áreas (CRESPO, 2006).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA – SIG

Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) são sistemas automatizados utilizados para armazenar, analisar e manipular dados geográficos, ou seja, dados que representam objetos e fenômenos em que a localização geográfica é uma característica inerente à informação e indispensável para analisá-la. Num sentido mais restrito, refere-se a um software especializado para gerenciamento e análise de dados espaciais e seus atributos (CARVALHO, 2001).

O processamento de dados em um SIG pressupõe que os mesmos estejam organizados em planos de informações individuais, de acordo com a natureza dos diversos temas a serem representados, como forma de efetuar análises que possam considerar separadamente as características específicas de cada um. A informação de cada plano é composta de basicamente duas partes. Uma delas é a informação espacial, referenciada a um sistema de coordenadas e com localização e delimitação das classes da área de interesse. A outra parte é composta pelos atributos não espaciais e reúne dados descritivos de natureza diversas obras e classes, geralmente tabulados e organizados em um sistema gerenciador de banco de dados (WEBER et al., 2004). Esses sistemas devem, além disso, fornecer ferramentas computacionais que permitam analisar e integrar essas informações com o objetivo de se obter soluções rápidas e precisas para problemas relacionados ao comportamento espacial dos dados contidos no sistema (FRASSON, 2001).

Os sistemas de informações geográficas são ferramentas poderosas e extremamente úteis que viabilizam resultados práticos consistentes e replicáveis,

podendo sugerir ações integradas de gestão do espaço geográfico sobre a perspectiva sustentável. Mas, é importante ressaltar, que um SIG é uma ferramenta que descreve as formas e a estrutura da paisagem em um ou vários momentos, cabendo ao analista geográfico a interpretação e a derivação das funções e dos processos subjacentes, permitindo o entendimento do conjunto expresso pelo espaço geográfico (REGO,2007).

2.1.1. Arquitetura de um SIG

Para CÂMARA (1995) um SIG tem os seguintes componentes:

- Interface com o usuário;
- Entrada e integração de dados;
- Funções de consulta e análise espacial;
- Visualização e plotagem;

Esses componentes se comportam como uma hierarquia. O nível que está próximo ao usuário, a interface homem e máquina define a forma que o sistema é operado e controlado. No nível intermediário, um SIG deve ter mecanismos de processamento de dados espaciais (entrada, edição, análise, visualização e saída). No nível mais interno do sistema, um sistema de gerência de banco de dados geográficos oferece armazenamento e recuperação dos dados espaciais e seus atributos.

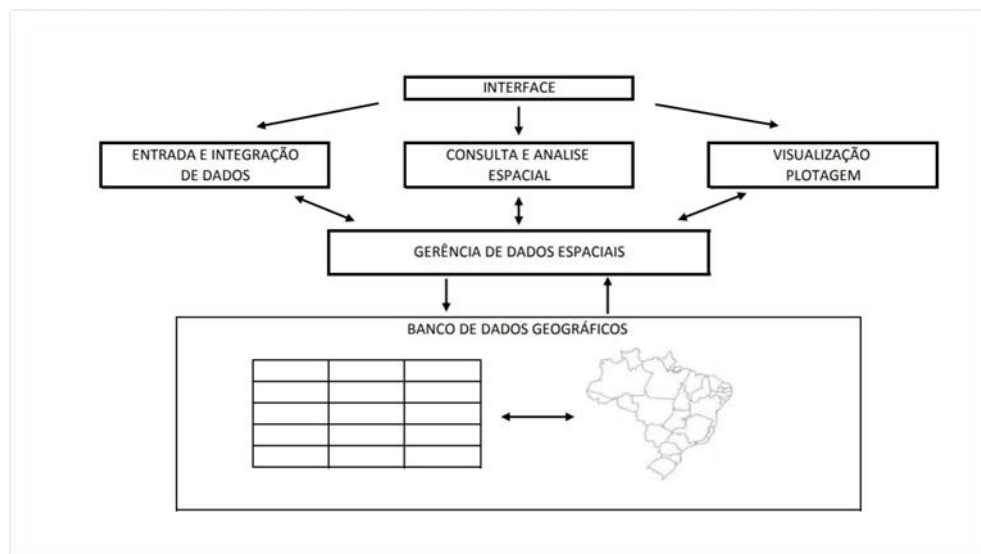


Figura 1: Estrutura Geral de Sistemas de Informação Geográfica.
Fonte: Modificado de CAMARA (2016)

2.1.2. Gerência de Dados em um SIG

A diferença principal entre os SIGs é a maneira como os dados geográficos são gerenciados. São basicamente três diferentes arquiteturas de SIGs que utilizam os recursos de um SGBD (Sistema Gerenciador de Banco de Dados): dual, integrada baseada em SGBDs relacionais e integrada baseada em extensões espaciais sobre SGBDs objeto-relacionais.

Arquitetura Dual X Arquitetura Integrada

Um SIG implementado com a estratégia dual utiliza um SGBD (Sistema Gerenciador de Banco de Dados) relacional para armazenar os atributos convencionais dos objetos geográficos (no formato de tabelas) e arquivos para guardar as representações geométricas destes objetos. No modelo relacional, os dados são organizados na forma de uma tabela onde as linhas correspondem aos dados e as colunas correspondem aos atributos.

A entrada dos atributos não-espaciais é feita por meio de um SGBD relacional e para cada entidade gráfica inserida no sistema é imposto um identificador único ou rótulo, através do qual é feita uma ligação lógica com seus respectivos atributos não-espaciais armazenados em tabelas de dados no SGBD. A principal vantagem desta estratégia é poder utilizar os SGBDs relacionais de mercado. No entanto, como as representações geométricas dos objetos espaciais estão fora do controle do SGBD, esta estrutura dificulta o equacionamento das questões de otimização de consultas, gerência de transações e controle de integridade e de concorrência. Exemplos de sistemas comerciais baseados em estratégia dual são o ARC/VIEW, MGE e o SPRING (CÂMARA et al., 1996).

De acordo com Câmara e Ribeiro (1997) a arquitetura integrada consiste em armazenar todo o dado espacial em um SGBD, tanto sua componente espacial como a parte alfanumérica. Sua principal vantagem é a utilização dos recursos de um SGBD para controle e manipulação de dados espaciais, como gerência de transações, controle de integridade e concorrência. Sendo assim a manutenção de integridade entre a componente espacial e alfanumérica é feita pelo SGBD.

A arquitetura integrada baseada em um SGBD relacional utiliza campos

longos, chamados de BLOB (Binary Large Object) ou em português (Objeto binário grande) para armazenar a componente espacial do dado, ela possui algumas desvantagens pois, não é capaz de capturar a semântica dos dados espaciais: como o SGBD trata o campo longo como uma cadeia binária, não é possível conhecer a semântica do seu conteúdo; métodos de acesso espacial e otimizador de consultas devem ser implementados pelo SIG: como o SGBD trata os dados espaciais como uma cadeia binária, não possui mecanismos satisfatórios para o seu tratamento; limitações da linguagem SQL para a manipulação dos dados espaciais: a SQL padrão oferece recursos limitados para o tratamento de campos longos.

O outro tipo de arquitetura integrada consiste em utilizar extensões espaciais desenvolvidas sobre SGBDOR que são o Sistema gerenciador de Banco de Dados de objetos-relacionais. Estas extensões contêm funcionalidades e procedimentos que permitem armazenar, acessar e analisar dados espaciais de formato vetorial. Como desvantagens dessa arquitetura podem ser citadas as faltas de mecanismos de controle de integridade sobre os dados espaciais e a falta de padronização das extensões da linguagem SQL. Os SGBDs objeto-relacionais, também chamados de SGBDs extensíveis, oferecem recursos para a definição de novos tipos de dados e de novos métodos ou operadores para manipular esses tipos, estendendo assim seu modelo de dados e sua linguagem de consulta. Por isso um SGBDOR é mais adequado para tratar dados complexos, como dados geográficos, do que um SGBDR, o qual não oferece esses recursos.

2.2. MODELAGEM CONCEITUAL – GEO-OMT

No modelo conceitual estão agrupados de forma unificada as primitivas geográficas, além de introduzir novas primitivas que suprem algumas deficiências percebidas, como por exemplo, a representação de múltiplas visões das entidades geográficas. A opção de estender o modelo de objetos OMT, se deu devido a sua capacidade de representar os aspectos semânticos de uma aplicação, em função de adotar a abordagem de orientação a objetos e, também devido ao seu amplo uso na modelagem de aplicações geográficas (DUALDE, 2004).

O modelo Geo-OMT tem como principais características:

1. Segue o protótipo de orientação a objetos suportando os conceitos de classe, herança, objeto complexo e método;

2. Caracteriza as classes em contínuas e discretas, utilizando os conceitos de visão de campos e visão de objetos;
3. Representa a dinâmica da interação entre os vários objetos, explicitando tanto as relações espaciais como as associações simples;
4. Fornece uma visão integrada do espaço modelado, representando e diferenciando classes com representação gráfica (georreferenciadas) e classes convencionais (não-espaciais), assim como os diferentes tipos de relacionamentos entre elas;
5. Representa os diversos fenômenos geográficos, utilizando conceitos natos que o ser humano tem sobre dados espaciais;
6. Não utiliza o conceito de camadas e sim o de níveis de informação (temas), não limitando o aparecimento de uma classe geográfica em apenas um nível de informação;
7. É independente de implementação.

2.1.1 Classes Básicas

O modelo Geo-OMT trabalha no nível representação e suas classes básicas são: Classes Georreferenciadas e Classes Convencionais. Através dessas classes são representados os três grandes grupos de dados (contínuos, discretos e não-espaciais) encontrados nas aplicações geográficas, proporcionando assim, uma visão integrada do espaço modelado, o que é muito importante na modelagem principalmente de ambientes urbanos (BORGES, 1997).

A classe georreferenciada descreve um conjunto de objetos que possuem representação espacial e estão associadas a regiões da superfície terrestre (CÂMARA, 1995), representando a visão de campos e de objetos proposta por (GOODCHILD, 1992).

Já a classe convencional descreve um conjunto de objetos com propriedades, comportamento, relacionamentos, e semântica semelhantes, que possuem alguma relação com os objetos espaciais, mas que não possuem propriedades geométricas.

A diferença entre classes convencionais e classes georreferenciadas permite que variadas aplicações possam compartilhar dados não-espaciais, auxiliando em seus desenvolvimentos e na reutilização dos dados (OLIVEIRA et al., 1997).

As classes Georreferenciadas são divididas em classes do tipo Geo-Campo e Geo-Objeto. As classes do tipo Geo-Campo representam objetos distribuídos continuamente pelo espaço, correspondendo a grandezas como tipo de solo, topografia e teor de minerais. As classes do tipo Geo-Objeto representam objetos geográficos individualizáveis, que possuem identificação com elementos do mundo real, como lotes, rios e postes. Esses objetos podem ter ou não atributos não-espaciais, e podem estar associados a mais de uma representação geométrica, dependendo da escala em que é representado, ou de como ele é percebido pelo usuário (CÂMARA, 1995).

A inclusão de símbolos geométricos nas classes de entidades geográficas, em substituição aos relacionamentos que descrevem a geometria do objeto, simplifica significativamente o esquema final e de acordo com a semiologia gráfica (BERTIM 1967), a linguagem visual é mais intuitiva e expressiva proporcionando uma percepção imediata do conteúdo analisado. Representações gráficas que exigem demorada leitura tornam-se ineficazes. Portanto, o uso desse tipo de abstração, além de eliminar pelo menos um relacionamento por classe gráfica, elimina a necessidade de modelar a estrutura de dados geométrica que descreve a classe (BÉDARD et al., 1989).

Relacionamentos

Um problema frequente dos modelos de dados é o fato deles ignorarem a possibilidade de modelagem dos relacionamentos entre fenômenos do mundo real. Levando em consideração a importância das relações espaciais e não espaciais na compreensão do espaço modelado, o modelo Geo-OMT representa os seguintes tipos de relacionamentos entre suas classes: associações simples, relações topológicas de rede e relações espaciais (OLIVEIRA et al., 1997).

Generalização e Especialização

Generalização tem a função de definir classes mais genéricas (superclasses) a partir de classes com características semelhantes (subclasses). A especialização é o processo inverso, classes mais específicas são detalhadas a partir de classes genéricas, adicionando-se novas propriedades na forma de atributos (LISBOA, 1997).

As abstrações de generalização e especialização se aplicam tanto a Classes Georreferenciadas como a classes Convencionais, seguindo a definição e a notação do modelo OMT, onde um triângulo interliga uma superclasse à suas subclasses.

Uma generalização seja espacial ou não, pode ser especificada como total ou parcial (LAENDER., et al 1994).

Agregação

Agregação é uma forma específica de associação entre objetos, um deles é considerado composto por outros. O relacionamento entre objeto primitivo e seus agregados é chamado de “é-parte-de” e o relacionamento inverso “é-competente-de” (ELMASRI et al.,1994).

Uma agregação pode ocorrer entre Classes Convencionais, entre Classes Georreferenciadas e entre Classes Georreferenciadas e Classes Convencionais.

Agregação Espacial

A agregação espacial é um caso especial de agregação onde são explicitados relacionamentos topológicos ”todo-parte” (ABRANTES et al.,1994). Esse tipo de agregação impõe restrições de integridade espacial a respeito da existência do objeto agregado e dos sub-objetos. Além do modelo ganhar mais clareza e expressividade, a observação das regras contribui para a manutenção da integridade semântica do banco de dados geográfico. A estrutura topológica “todo-parte” foi subdividida em: subdivisão espacial, união espacial e contém. A estrutura subdivisão espacial, o todo é subdividido em partes de mesma natureza geométrica e a geometria do todo é coberta pela geometria das partes. A união espacial é o inverso da subdivisão espacial. O todo é formado a partir da união das partes. Na estrutura contém, a geometria do todo contém a geometria das partes. Objetos de natureza geométrica diferentes podem estar contidos no todo.

Generalização Cartográfica

A generalização pode ser interpretada como uma série de transformações em algumas representações das informações espaciais, com o intuito de melhorar a legibilidade e compreensão dos dados. Como exemplo podemos citar uma entidade geográfica que pode ter diversas representações espaciais conforme a escala utilizada. Uma cidade pode ser representada por um ponto num mapa de escala pequena e por um polígono num mapa de escala grande (MEDEIROS et al.,1996).

Restrições Espaciais

A maioria das aplicações geográficas usam dados que dependem de relacionamentos topológicos que precisam ser representados explicitamente no banco de dados. Cuidados especiais devem ser tomados para que a consistência espacial seja mantida, os devidos cuidados interferem não só na entrada de dados geográficos como também na manutenção da integridade semântica do banco de dados.

No modelo Geo-OMT são consideradas as seguintes restrições espaciais: regra de dependência espacial; regras de continência; regra de generalização espacial; regra de disjunção; regras de conectividade; regras de associação espacial; regras de geo-campo.

3. METODOLOGIA

Para a implementação do Banco de Dados Georreferenciado do aterro utilizou-se o software livre Quantum GIS (QGIS). Este é um software *open source* multiplataforma de sistema de informações geográficas (GIS) que provê visualização, edição e análise de dados georreferenciados. Com ele é possível ainda integração com outros pacotes GIS *free/open-source*, incluindo PostGIS, GRASS e MapServer para dar ao usuário a capacidade de estender suas funcionalidades. Além disso o QGIS permite a geração de diversos mapas utilizando as diferentes camadas de dados contidas no banco.

O modelo conceitual do banco de dados foi construído utilizando o modelo OMT-G *Designer*, que é uma aplicação *on line* para a geração de modelos conceituais ou diagramas de aplicação de sistemas de banco de dados geográficos e aplicações baseadas em OMT-G e pode ser acessado através do link: <http://aqui.io/omtg/>.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Primeiramente um modelo conceitual, contendo todas as classes (feições ou camadas) que farão parte do sistema de informação, assim como seus relacionamentos, foi construído. Esse modelo serve para “mapear” todas as feições existentes, os atributos referentes à cada uma delas e como elas se relacionam entre si. Isso se faz necessário para que o banco de dados possa ser manipulado, abastecido e gerenciado, já que o mesmo deve ser mantido em constante atualização. Nesse modelo estão contidos todos

os planos de informação que farão parte do sistema, assim como seus atributos, relacionamentos e restrições. Posteriormente, os atributos informados no modelo se transformarão em campos nas tabelas relacionadas a cada plano de informação.

O modelo de dados foi construído utilizando o OMT-G Designer, como informado anteriormente e o mesmo é apresentado na figura 2 a seguir.

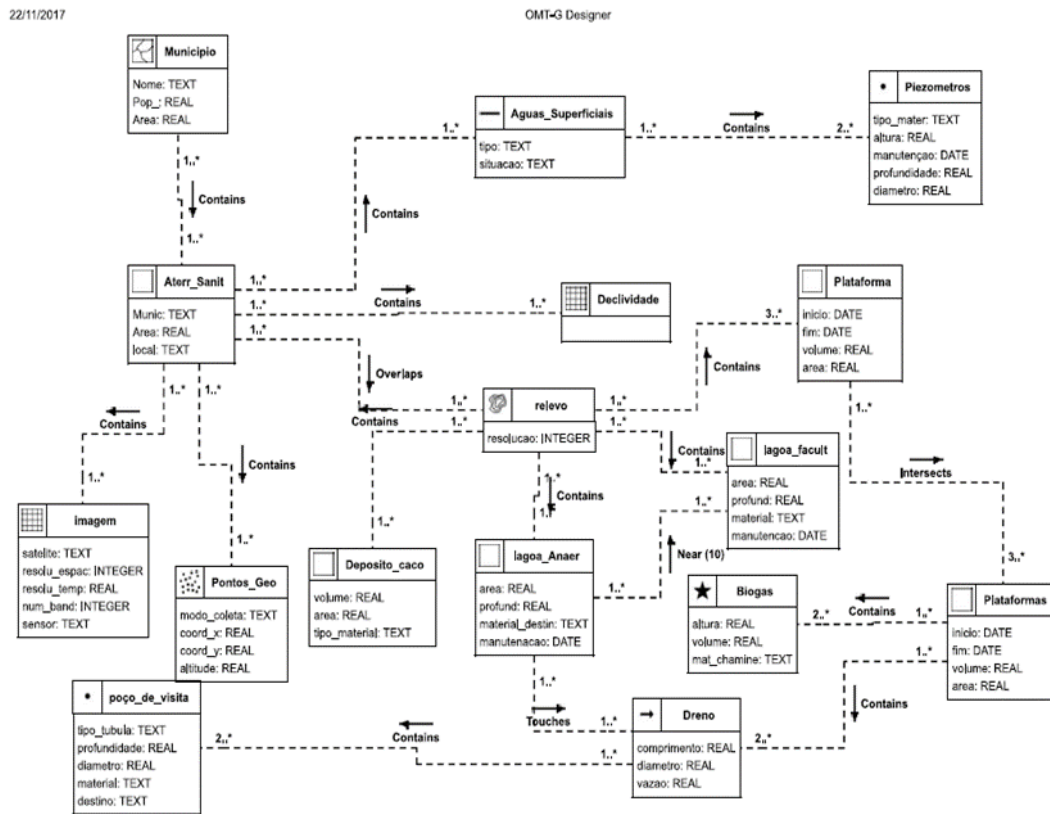


Figura 2: Modelo Conceitual OMT-G do Banco de Dados Georreferenciados

Posteriormente, utilizando o aplicativo *mobile topographer* foram coletadas as coordenadas de 22 pontos distribuídos por toda área do aterro, utilizando o sistema de referência SIRGAS 2000, assim como suas respectivas altitudes, como mostra a tabela 1.

Posteriormente criou-se um script com o arquivo de coordenadas dos pontos, o qual foi inserido no software *AutocadMap* para a realização do georreferenciamento. As figuras 3 a e 3 b, mostram o levantamento, anteriormente no sistema arbitrário (não georreferenciado) e, depois no sistema de coordenadas UTM – SIRGAS 2000, respectivamente. Lembrando que essa etapa não estava prevista no projeto, mas fez-se necessário, já que a planta não se encontrava em um sistema de referência.

Tabela 1: Coordenadas UTM/SIRGAS_2000 e altitudes dos pontos.

Pontos	X UTM em metros	Y UTM em metros	Altitude_m
1	238405,6273	7932638,94	869
2	238302,5854	7932563,985	858
3	238424,4022	7932405,706	860
4	238453,1348	7932447,943	863
5	238524,0954	7932489,535	868
6	238503,4836	7932474,79	866
7	238499,3336	7932689,461	875
8	238320,3654	7932550,388	861
9	238336,9871	7932514,626	861
10	238358,8125	7932484,165	861
11	238398,8874	7932469,647	862
12	238406,0348	7932440,521	861
13	238517,9787	7932550,054	871
14	238294,3537	7932417,745	853
15	238283,5094	7932396,367	851
16	238327,4575	7932398,515	855
17	238315,4193	7932378,66	853
18	238353,5975	7932585,305	865
19	238327,5642	7932390,826	854
20	238337,0254	7932385,112	855
21	238330,7089	7932375,488	854
22	238321,2562	7932380,587	853

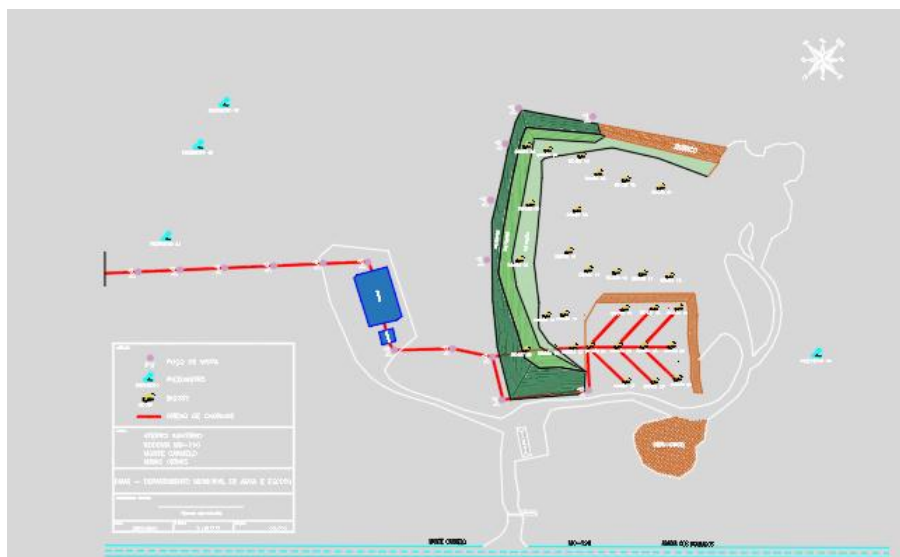


Figura 3 a: Levantamento no sistema arbitrário

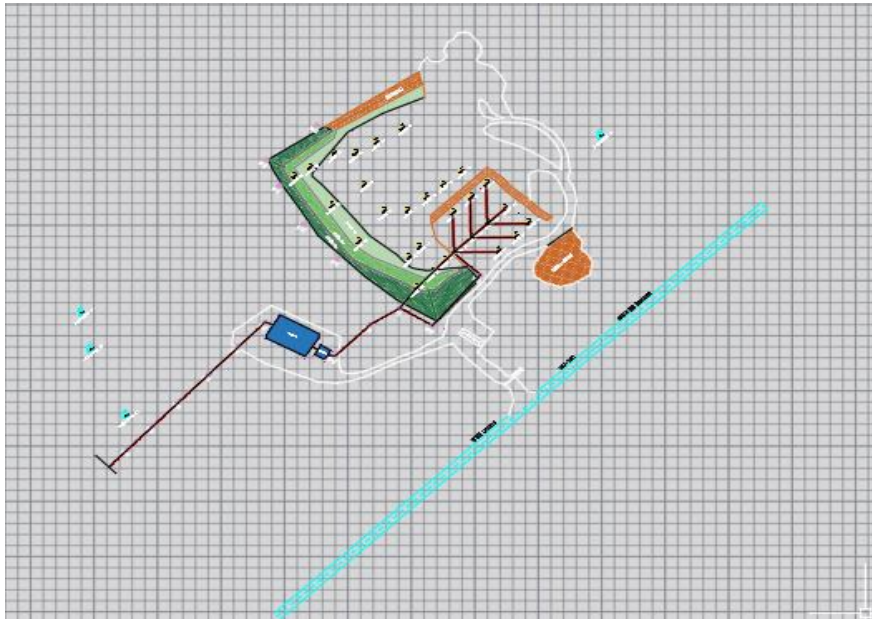


Figura 3 b - Levantamento Georreferenciado

Ainda utilizando o *AutocadMap*, todas as camadas existentes no arquivo de levantamento, as quais estão descritas no modelo conceitual, foram convertidas do formato *dwg* para *shape*, formato de arquivos aceito pelo QGIS e que possui tabelas associadas. Isto é, enquanto os arquivos no formato *dwg*, do CAD, possuem apenas características referentes à geometria, o formato *shapefile*, agrega tabelas à essas camadas podendo receber informações alfanuméricas relacionadas aos planos de informação.

O formato *shape* deve possuir em sua definição qual tipo de geometria possui (ponto, linha ou polígono), pois isso influenciará na formatação e nos relacionamentos entre as tabelas dos mesmos. Essa tipologia está descrita no modelo conceitual OMT-G.

As camadas oriundas do levantamento passaram a ser denominadas de planos de informação dentro do sistema, e são as seguintes:

- Represa 1 – polígono;
- Represa 2 – polígono;
- Deposito de caco – polígono;
- Casa – polígono;
- Buraco – polígono;
- Biogás – ponto;
- PV – ponto;
- MF – linha;

Implementação de um Sistema de Informações Geográficas (SIG)

- Platos – polígono;
- Piezômetro – ponto;
- Limites – linha;

As camadas agora, fazem parte do banco de dados geográficos e passam a ser denominadas como planos de informação. Para cada um dos planos de informação existente, criou-se uma tabela específicas associada, com os respectivos atributos, como mostra o exemplo da figura 4, abaixo. Nessa etapa, foram definidos quais os formato dos dados contidos em cada atributo da tabela, seguindo as definições do modelo conceitual, para todas os planos de informação.

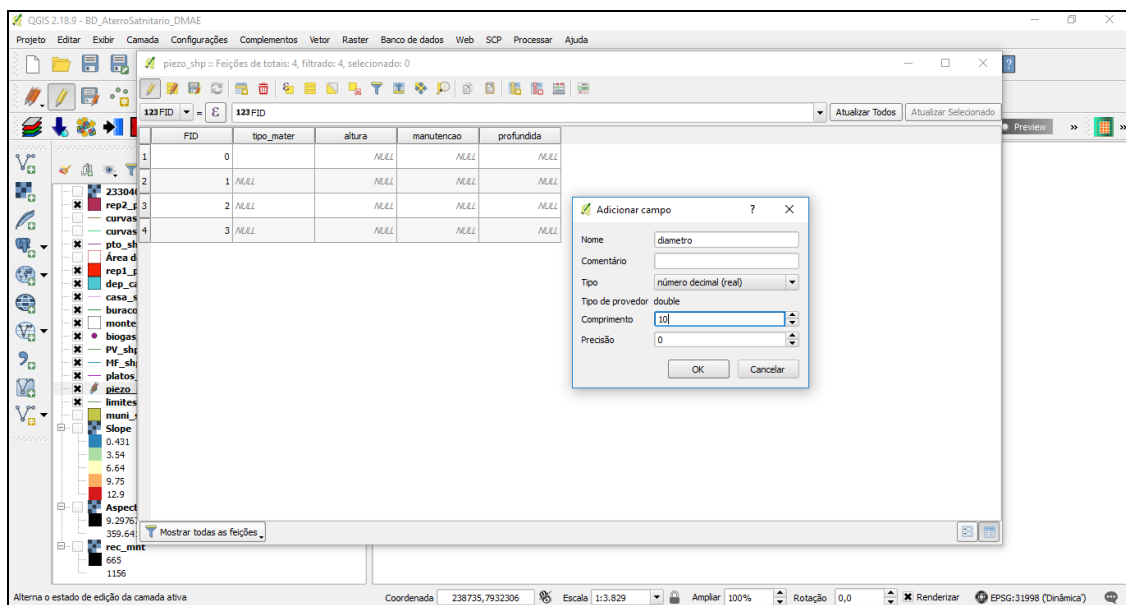


Figura 4: Criação das tabelas associadas às camadas do sistema

Assim, ainda referente ao exemplo da camada PIEZOMETRO, a qual contém quatro campos com identificadores diferentes (4 piezômetros distintos), cada um desses campos possui os seguintes atributos, como mostra a figura 5, logo abaixo.

Camada - PIEZOMETRO

- tipo_mater – texto;
- altura – número real;
- manutencao – data;
- profundidade – número real;
- diametro – número real;

	FID	tipo_mater	altura	manutencao	profundida	diametro
1	0					
2	1					
3	2					
4	3					

Figura 5: Criação das tabelas associadas às camadas do sistema

Outros planos, os quais não estavam relacionados nas camadas do levantamento topográfico, mas fazem parte do banco de dados e estão relacionados no modelo conceitual, foram inseridos no sistema, tais como: MNT (dados de altimetria oriundos do SRTM), imagem de satélite com resolução de 5 metros, limite do município de Monte Carmelo (site do IBGE), e outros que foram gerados com base no SRTM, como declividade, aspecto, curvas de nível e mapa de uso e cobertura do solo.

O mapa de declividade e o mapa de aspecto, gerados com base no SRTM, utilizando extensões do software QGIS, são mostrados sobrepostos na figura 6, abaixo, assim como as curvas de nível na figura 7 a seguir.

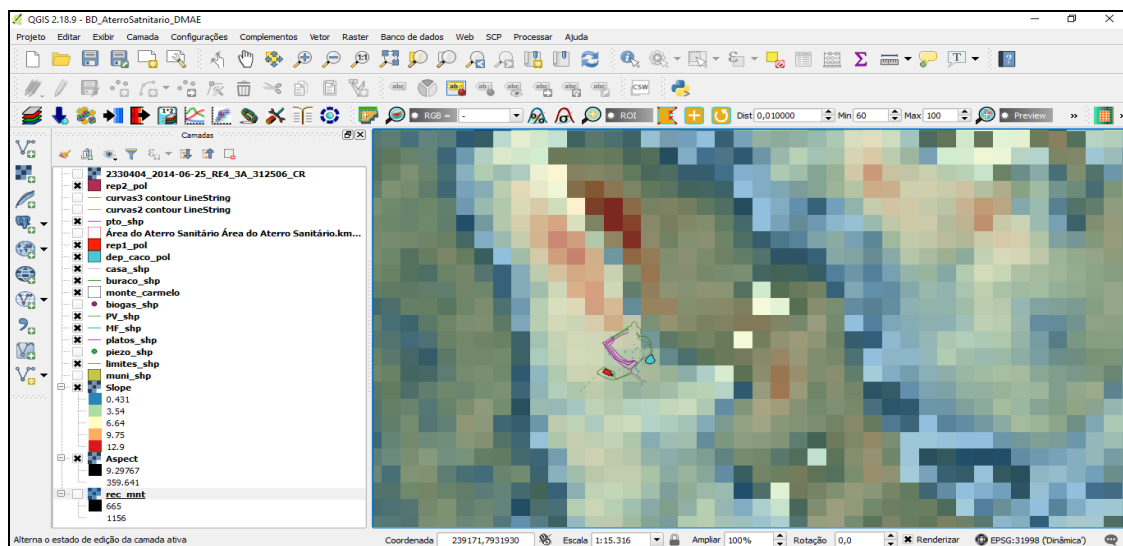


Figura 6: Sobreposição dos Mapas de declividade e aspecto

Implementação de um Sistema de Informações Geográficas (SIG)

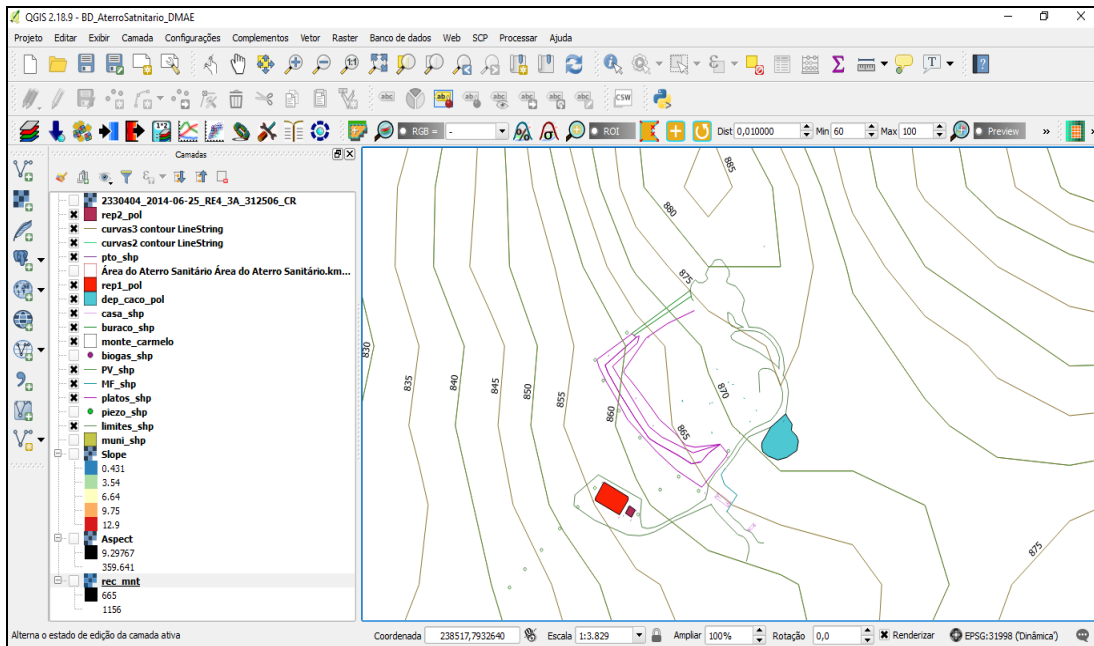


Figura 7: Curvas de Nível geradas com base no SRTM

Com base na imagem do satélite *RapidEye* gerou-se uma classificação supervisionada, utilizando também uma extensão específica do QGIS, o SAGAGIS, dando origem à um mapa de uso de cobertura do solo, como mostra a figura 8. O processo de classificação foi realizado, utilizando dois métodos bem conhecidos de classificação, o da distância mínima e o da máxima verossimilhança. O primeiro método apresentou um resultado visual melhor que o segundo, porém, seria necessária uma comparação matemática dos resultados para afirmar com certeza o desempenho de ambos. Isso não foi realizado, pois não se trata do foco da pesquisa. As classes geradas no processo de classificação permitem identificar diferentes tipos de culturas, pastagem, diferentes tipos de solo, mata ciliar e área urbana.

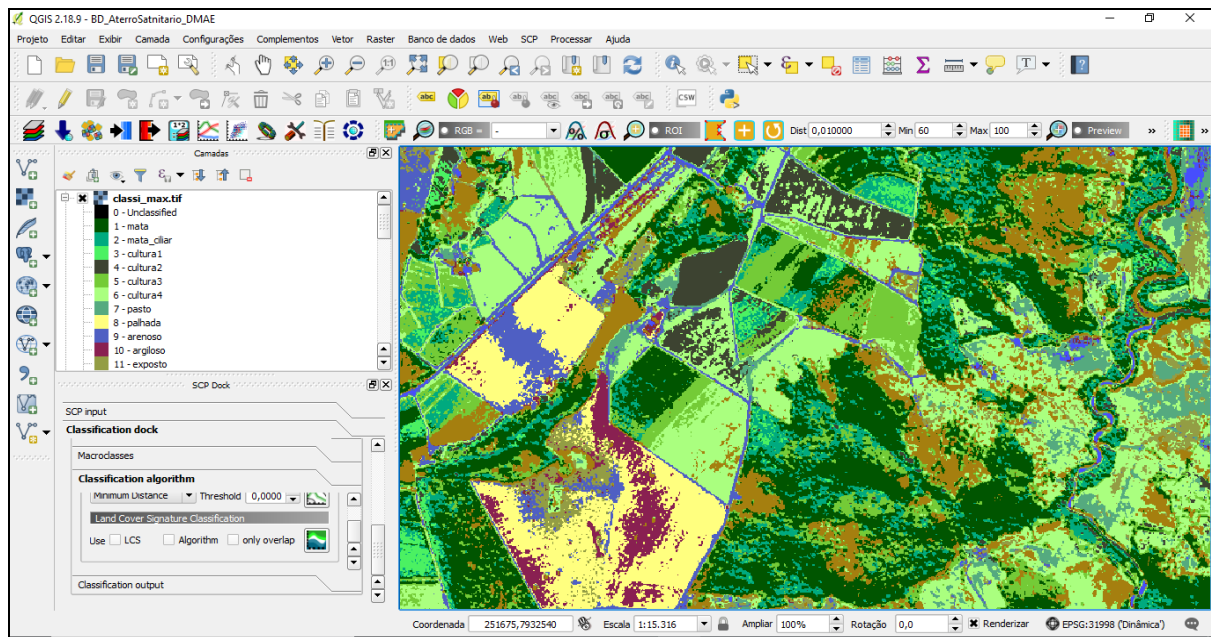


Figura 8: Resultado da Classificação pelo método da distância mínima

5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Os objetivos propostos no projeto inicial foram alcançados, dando origem assim a um sistema de informações geográficas contendo todos os dados referentes ao aterro sanitário do município de Monte Carmelo. A implementação desse sistema facilitará o gerenciamento dos dados do aterro, tais como: volume de lixo que entra, quantidade de caminhões dispostos, quantidade de gás gerado em cada chaminé, qualidade da água dos lençóis analisados, volume dos platôs, atualização dos levantamentos topográficos da área, quantidade de chorume gerado, entre outros. Tornando o processo mais preciso, seguro e rápido, visto que o volume de dados relacionados ao aterro é muito grande. Além disso, será possível realizar análises rápidas dos dados contidos no sistema e gerar mapas dessas análises, facilitando a visualização e a divulgação de dados.

Além disso, foram realizadas ainda duas etapas as quais não estavam previstas no projeto inicial. A confecção de um modelo conceitual de todo o SIG, ao constatar-se a necessidade e importância do mesmo para o sucesso do sistema. E o levantamento de pontos de controle para o georreferenciamento planta topográfica do aterro, a qual encontrava-se num sistema de coordenadas arbitrário.

Para trabalhos futuros, deixa-se as seguintes sugestões:

- Refinamento do mapa de classificação de uso e cobertura do solo, assim como

uma análise estatística do mesmo para determinar qual o melhor método a ser utilizado;

- Refinamento da resolução do MNT através de métodos de interpolação, melhorando assim sua resolução. Isso melhorará o mapa de declividade, assim como as curvas de nível geradas.

AGRADECIMENTOS

Os agradecimentos vão primeiramente para a Fundação Carmelitana Mário Palmério, pelas ferramentas disponibilizadas; ao DMAE (Departamento de Água e Esgoto de Monte Carmelo) por disponibilizar os dados utilizados nesse projeto e finalmente à FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais) por financiar o projeto através da bolsa de auxílio concedida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRANTES, Graça, CARAPUCA, Rogerio. Explicit representation of data that depend on topological relationships and control over data consistency. In: FIFTH EUROPEAN CONFERENCE AND EXHIBITION ON GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS – EGIS/MARI'94, 19917. *Proceedings...*v.1,p.869-877. (<http://www.wsgi.ursus.maine.edu/gisweb/egis/eg94100.html>)

BÉDARD, Yvan, PAQUETTE, François. Extending entity-relationship formalism for a spatial information systems. . In: 9th AUTOCARTO, 1989. *Proceedings...* p.818-828.

BORGES, K. A. V. **Modelagem de Dados Geográficos: Uma Extensão do Modelo OMT para Aplicações Geográficas**. Escola de Governo - Fundação João Pinheiro. Belo Horizonte 1997. 139 p.

CÂMARA Gilberto; RIBEIRO de Queiroz. **ARQUITETURA DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA**. Fundamentos de Geoprocessamento. 1997. 12 p.

CÂMARA, Gilberto. *Modelos, linguagens e arquiteturas para bancos de dados geográficos*. São José dos Campos, SP: INPE, 1995. (Tese de Doutorado)

CÂMARA, Gilberto, Clodoveu DAVIS, and Antônio Miguel Vieira MONTEIRO. **"Fundamentos de geoprocessamento."** *Livro on-line: www.dpi.inpe.br* (1996).

CARVALHO, E. M.A; SILVA, I. A. F. **Análise Diagnóstica sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos: um Estudo de Caso no Aterro Sanitário de Cuiabá – Mt. VIII - Simpósio de Excelência em gestão e tecnologia**. Cuiabá, 2011.

CAVALCANTI, C. R.; SOUZA, F. C. S; ALVES, G. S. **ESTUDO DO GERENCIAMENTO DA COLETA SELETIVA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO MUNICÍPIO DE MOSSORÓ – RN**. Instituto Federal do Rio Grande do Norte - Campus Mossoró. Artigo submetido em maio/2011 e aceito em junho/2011.

CRESPO, Daniel Pizarro. **Estudo de Viabilidade Ambiental para Implantação do Aterro Sanitário de Canaã dos Carajás**. - Belo Horizonte, 2006.

ELMASRI, R., NAVATHE, S. *Fundamental of database systems*. 2nd Edition. Menlo Park, CA: Addison-Wesley, 1991. 873p

FERREIRA, P. P. O. **Aplicabilidades de um Aterro Sanitário de Pequeno Porte no Município de Macuco – RJ, Associado aos Benefícios da Reciclagem e Compostagem de Materiais**. 2004. 50 f. Monografia (Bacharelado) – Centro de Ciências Sociais, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

GOMES, J. M.; VELHO, L. **Computação Visual: Imagens**. Rio, SBM, 1995.

OLIVEIRA, Juliano L., PIRES, Fátima, MEDEIROS, Claudia. B. An environment for modeling and design of geographic applications. **GeoInformatica**, Boston, n.1, p.29-58, 1997.

GOODCHILD, M. Geographical data modeling. **Computers & Geosciences**, 1992, 18(4): 401-408, 1992b. <http://www.processamentodigital.com.br/2009/12/30/constelacao-de-satelites-rapideye>. Acesso em 15 de janeiro de 2018.

LAENDER, Alberto H. F., FLYNN, Donal J. A semantic comparison of modelling capabilities of the ER and NIAM models. In: ELMASRI, R.,

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W. (1987). Remote sensing and image interpretation. New York. John Wiley & Sons. 2 – ed.

MEDEIROS, C. B., BOTELHO, M. A. Tratamento do tempo em SIG. In: GIS BRASIL96, 1996, Curitiba. **Anais...** p.534-553.

MONTEIRO, J. H. P. et. al. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**, Rio de Janeiro, IBAM, 2001.

NEVES, F. O. **Geografia dos Resíduos Sólidos do Rio de Janeiro: entre os direitos e os deveres do cidadão**. 2006. 79 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

REGO, L. F. G., **O Uso de Sistemas de Informações Geográficas para o Estudo do Espaço Geográfico**. In: Paisagem, Espaço e Sustentabilidade: Uma Perspectiva Multidimensional da Geografia / Organização: João Rua. Rio de Janeiro. Ed. PUC - Rio. 2007.

SILVA, Rafael Collo. **Coleta Seletiva de Lixo**. Monografia (Especialização Gestão Pública). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2014. 32 p.

WEBER, E; Glauco, F. D; FRANK. M; HOFF R; Zomer, S; BASSANI, E; JUNQUEIRA, I. **Estruturação de Sistemas de Informação Ambiental em Bacias Hidrográficas: O Caso da Bacia Hidrográfica do Rio Caí – RS**. Convênio FEPAM/GTZ Carlos Chagas, 55/803 Porto Alegre – RS. 2004. 8p