

Sistema de Informação Geográfico para Gestão de Resíduos Sólidos da Região da Serra Catarinense – GEORES

Daiana Petry Leite ¹
Silvio Luís Rafaeli Neto ¹
Leonardo Josué Biffi ¹
Adriel Neto Vieira ¹
Lucas Siqueira ¹
Valter Antonio Becegato ¹

¹ Universidade do Estado de Santa Catarina / Centro de Ciências Agroveterinárias -
UDESC/CAV

Av. Luiz de Camões, 2090 - Conta Dinheiro - CEP: 88.520-000, Lages – SC, Brasil
{daiana.leite, silvio.rafaeli, leonardo.biffi, everton.skoronski, valter.becegato}@udesc.br,
ahdriel@gmail.com, cazlu_bios@hotmail.com

Abstract. Geographic Information Systems (GIS) are characterized by integrating spatial and non-spatial information, expanding the possibilities of analysis for decision making. The Integrated Management Plan for Solid Waste - PIGIRS developed to some cities in Santa Catarina calls for attention of the Law 12.305 of 02 August 2010, which established the National Solid Waste Policy and proposes the implementation of a GIS as the main technology of information management. Thus, the aim of this study was to develop a GIS to meet the needs identified by PIGIRS. Architecture based on spatial extensions (PostGIS) on object-relational (PostgreSQL) database was used. To the system modeling has been used OMT-L model, through the use of a plug-in to the modeling software StarUML. The Web system was developed in PHP and used the Apache HTTP server as a basis for their implementation. For publishing spatial data and interactive maps, the Platform MapServer was used. To obtain the necessary interaction with the maps, the OpenLayers and D3.js JavaScript libraries were used. Beyond the specific GIS for Solid Waste Management, with the spatial information generated was obtained a spatial database, through which is possible to insert layers of geographic data and manipulate them in order to facilitate to analysis and decision making.

Palavras-chave: geographic information systems, solid waste management, decision making, sistemas de informação geográfica, gestão de resíduos sólidos, tomada de decisão.

1. Introdução

A destinação e/ou disposição adequada dos resíduos sólidos produzidos nas áreas urbanas e rurais têm sido um grande desafio para os municípios. Além das questões socioeconômicas envolvidas no processo, destacam-se as questões ambientais cada vez mais evidenciadas em função de sua primordial importância. Neste sentido, os aterros sanitários têm sido a solução imediata mais adequada, porém, apresentando alto custo ao poder público, principalmente em municípios cujo volume de resíduos sólidos gerado é pequeno. Uma alternativa até então encontrada é a gestão consorciada entre os municípios de uma região, o que mantém o processo adequado e com um custo de menor impacto aos mesmos. No entanto, cresce a necessidade de um sistema de gestão de todo o processo, desde o recebimento dos resíduos até a sua destinação e/ou disposição.

Sistemas de Informação apoiados na tecnologia de Bancos de Dados são fundamentais para auxiliar na persistência e manipulação dos dados gerados em qualquer processo, facilitando, portanto, sua gestão. Os SIG (Sistemas de Informação Geográfica) oferecem a possibilidade de manipulação de dados geográficos, potencializando a tomada de decisão gerencial, pois proporciona uma análise também espacial do processo.

Sendo assim, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um Sistema de Informação Geográfica para auxiliar na gestão dos resíduos sólidos da região da Serra Catarinense, procurando atender um Plano Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos –

PIGIRS desenvolvido especificamente com o intuito de garantir a sustentabilidade ambiental e socioeconômica do processo.

1.1 O PIGIRS (Plano Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos)

O PIGIRS originou-se de um Projeto desenvolvido pela UDESC – Universidade do Estado de Santa Catarina, em parceria com o CISAMA – Consórcio Intermunicipal de Saneamento Básico, Meio Ambiente, Atenção à Sanidade dos Produtos de Origem Agropecuária e Segurança Alimentar, para atendimento do que preconiza a Lei 12.305, de 02 de agosto de 2010, a qual institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e, em seu artigo 8º, prevê a elaboração de planos de resíduos de abrangência municipal ou intermunicipal.

Após finalização do projeto, apresentou-se um Plano de Gestão que apontava para a necessidade de um Sistema de Informação Geográfica, para o gerenciamento dos resíduos sólidos a fim de aumentar a eficiência econômica, ambiental e social na execução dos serviços de limpeza urbana e coleta de resíduos sólidos com a disposição e destinação final ambientalmente adequada.

Baseando-se, portanto, nas estratégias sugeridas no PIGIRS, foi desenvolvido, num projeto com parceria entre UDESC e AMURES (Associação dos Municípios da Região Serrana), financiado pela FAPESC (Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina), o SIG específico para a Gestão de Resíduos Sólidos dos municípios da Serra Catarinense envolvidos no projeto. Para este sistema deu-se o nome de GEORES.

2. Metodologia de Trabalho

O termo sistemas de informação geográfica (SIG) é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos. A principal diferença de um SIG para um sistema de informação convencional é sua capacidade de armazenar tanto os atributos descritivos como as geometrias dos diferentes tipos de dados geográficos Câmara (2005).

Num SIG a informação geográfica é organizada em camadas ou níveis de informação (layers), consistindo cada uma num conjunto de objetos associados e seus respectivos atributos. Podem ser classificados de acordo com as suas funções, das quais se destacam como principais a captura de dados, a análise, o armazenamento de dados, a visualização, a consulta e a saída. Segundo Serra (2003), a captura é basicamente a coleta das informações existentes no mundo real, e que podem ser obtidas de diversas formas. A análise é disponibilizada para o usuário de forma a contribuir para um melhor aproveitamento do dado coletado. O armazenamento consiste na possibilidade de recuperação das informações capturadas e analisadas dentro do SIG. A visualização consiste nas formas para apresentação das informações armazenadas. Consultas são formas de recuperação baseadas em critérios desejados pelo usuário, e finalmente as saídas são os resultados que podem ser obtidos baseados em todo o processamento do SIG.

Este trabalho tem seu foco nos itens de armazenamento, visualização, consulta e saída, os quais tem relação direta com a implementação computacional específica. Para tanto, seguiram-se os seguintes passos para o desenvolvimento do sistema: definição da arquitetura a ser utilizada, modelagem e implementação do SIG.

2.1 Arquitetura

Para o desenvolvimento do GEORES optou-se pela arquitetura Integrada, a qual consiste em tanto a parte espacial quanto a parte alfanumérica dos dados serem armazenadas em um SGBD (Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados), possibilitando assim, que a integridade entre as partes espacial e alfanumérica, durante a manipulação dos dados espaciais, seja controlada pelo SGBD.

Para tanto, utilizou-se o SGBD PostgreSQL e a extensão espacial chamada PostGIS.

2.2 Modelagem

Baseando-se no fluxo sugerido pelo PIGIRS para a gestão adequada dos resíduos sólidos, desenvolveu-se o Modelo Conceitual do SIG, com a utilização do modelo OMT-G, através da utilização de um plug-in para o software de modelagem StarUML. Foram identificados cinco temas que organizam as classes de objetos espaciais e não espaciais do SIG, considerando que os resíduos, depois de gerados, são transportados para a Central de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (CGRS), onde são separados de acordo com sua categoria, para posterior destinação ou disposição final. A Figura 1 apresenta o Modelo que representa o fluxo de “Entrada dos Resíduos” na CGRS e a Figura 2 apresenta o modelo que representa a saída dos resíduos da CGRS.

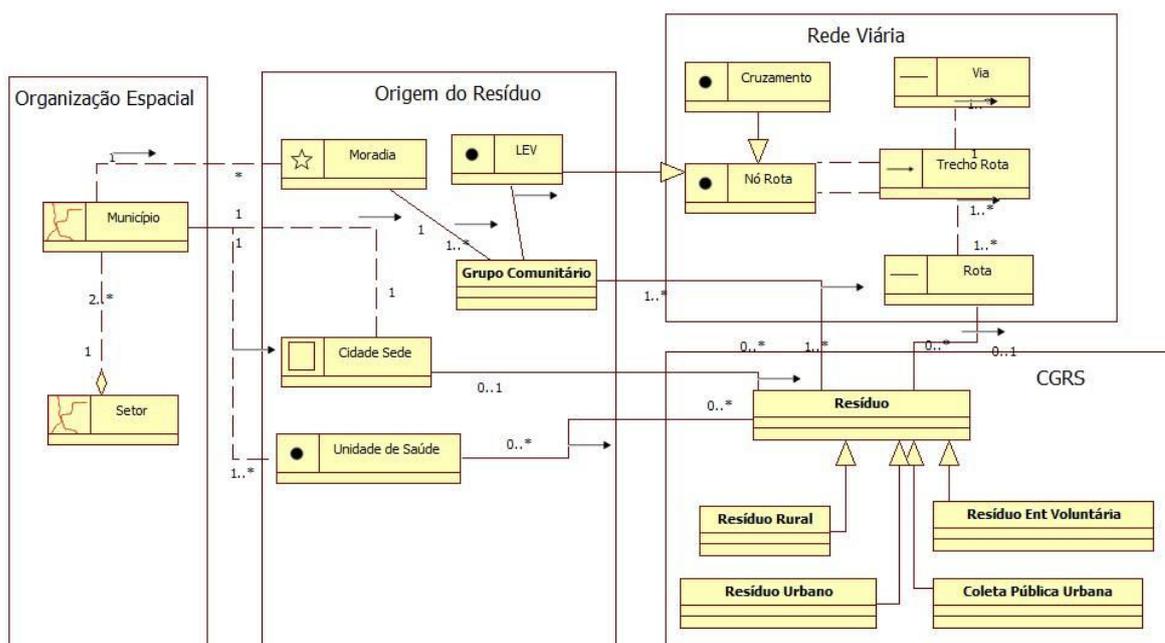


Figura 1. Modelo Conceitual da Entrada de Resíduos na Central de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (CGRS).



Figura 2. Modelo Conceitual da Saída de Resíduos da Central de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (CGRS).

A descrição dos cinco temas utilizados na modelagem segue a seguir:

- **Organização Espacial:** Este tema apresenta as classes georreferenciadas do tipo subdivisão planar que delimitam a abrangência espacial do projeto. Neste tema definiu-se a setorização como uma estratégia de gestão do plano, agrupando municípios com características semelhantes em termos de produção de resíduos.
- **Origem do Resíduo:** Este tema agrupa as classes de entidades envolvidas nos processos de coleta transporte dos resíduos de sua origem até a Central de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (CGRS). Sendo assim, contempla os possíveis geradores de resíduos (áreas urbanas e rurais) de um município. Estão incluídos nesse tema os grupos comunitários que, juntamente com as classes da rede viária, deram origem às localizações dos LEVs (Locais de Entrega Voluntária), os quais, segundo o PIGIRS, atendem a necessidade de coleta nas áreas rurais.
- **Rede Viária:** Este tema agrupa as classes de entidades relacionadas com o transporte dos resíduos, desde sua origem, até a CGRS.
- **Central de Gerenciamento de Resíduos Sólidos – CGRS:** Este tema agrupa as classes de entidades relacionadas com o recebimento dos resíduos coletados nas cidades-sede municipais e nas suas respectivas áreas rurais. As classes deste tema são essencialmente convencionais, ou seja, não espaciais.
- **Destinação Final:** Este tema armazena classes de entidades que representam a destinação final dada aos resíduos que são entregues na CGRS.

O fluxo detalhado dos processos de entrada, separação e destinação dos resíduos encontra-se descrito no PIGIRS. No entanto, de forma geral, os resíduos chegam à CGRS provenientes ou da área urbana ou da área rural dos municípios, são separados (triados) e, de acordo com sua categoria, recebem a destinação adequada.

2.3 Implementação

Além da implementação do sistema de informação para a gestão dos resíduos sólidos especificamente, foi possível gerar uma base de dados espaciais capaz de auxiliar nos processos decisórios, desde que viabiliza a inserção de camadas a fim de otimizar análises.

Para tanto, além do PostgreSQL e o PostGIS, fez-se necessária a utilização de algumas outras tecnologias, descritas a seguir.

- Servidor HTTP Apache e PHP, como base para a implementação e geração de conteúdo dinâmico na Web.
- Mapserver, plataforma de código aberto para publicação de dados espaciais na Web.
- Openlayers, uma biblioteca javascript com foco em mapas. No projeto é utilizada para gerar a interação com o mapa, servindo como camada base.
- D3.js, uma biblioteca javascript para manipular documentos baseados em dados. No projeto é utilizada para gerar a escala de cores nos mapas, mediante requisição do usuário.

3. Resultados e Discussão

Como resultado do desenvolvimento do GEORES, pode-se visualizar duas ferramentas disponíveis na Web, que interagem entre si. Na primeira delas (Figura 3), é possível inserir camadas de dados geográficos e visualizá-las de forma a gerar informações que podem apoiar o processo decisório do gestor. Na segunda delas é possível seguir o fluxo proposto no PIGIRS para gestão dos resíduos sólidos, especificamente para os municípios da serra catarinense, através dos processos de Entrada de Resíduos, Saída de Resíduos e Geração de

Relatórios, desenvolvidas. A Figura 4 apresenta, como exemplo, a tela do sistema para o cadastro de entrada de resíduos na CGRS. As demais telas seguem o mesmo padrão de apresentação.

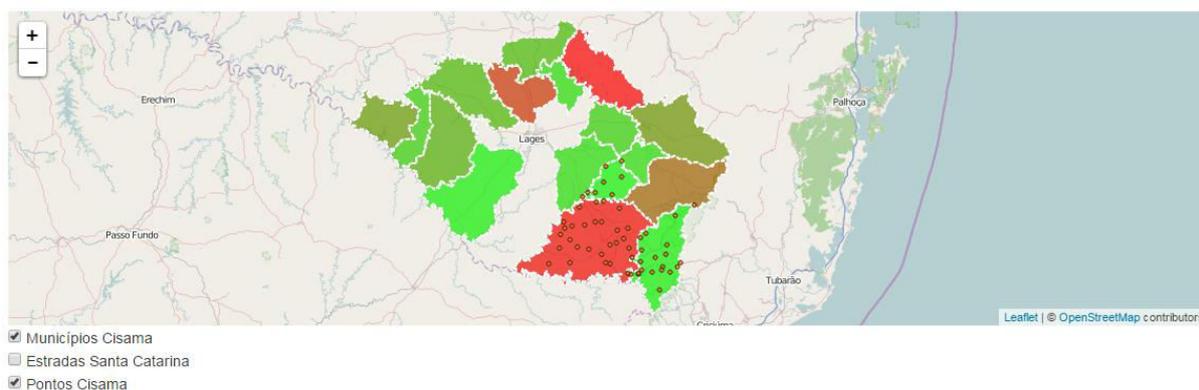


Figura 3. Tela do Sistema apresentando possibilidades de ativar e desativar camadas e dados geográficos.

Na Figura 3, podem ser visualizadas as camadas Municípios CISAMA e Pontos CISAMA ativadas. Os municípios são os 17 municípios abrangidos no projeto. Os pontos são as comunidades rurais de três destes municípios pontuadas.

Figura 4. Tela do sistema para o cadastro de entrada de resíduos na CGRS.

O Sistema de Banco de Dados desenvolvido, a partir da modelagem anteriormente apresentada, possibilita que o GEORES seja utilizado tanto na sua forma espacial quanto na sua forma alfanumérica, gerando mapas e relatórios em formato de tabelas.

No modelo de gestão concebido no PGIRS, está implícito que o sistema será capaz de determinar a origem e quantidade do resíduo seco ou do resíduo úmido coletados nas zonas rurais e urbanas, sem distinguir as classes de resíduos triados a eles associados, que terão sua destinação final. Outro aspecto a ser destacado está em que a individualização por município

será possível apenas quando o resíduo entra na CGRS. Quando o resíduo sai da CGRS, a individualização se dará por setor, uma vez que está prevista uma CGRS por setor.

A Figura 5 apresenta um mapa com a individualização por município gerada pela GEORES, no que diz respeito à entrada de resíduo seco de coleta tanto urbana como rural, em todos os municípios envolvidos. As cores representam (do verde para o vermelho) uma escala de menor para maior produção de resíduo seco, em kg, durante todo o ano de 2013. Estes dados foram retirados do diagnóstico realizado pelo PIGIRS, e obedecem os valores listados na Tabela 1.

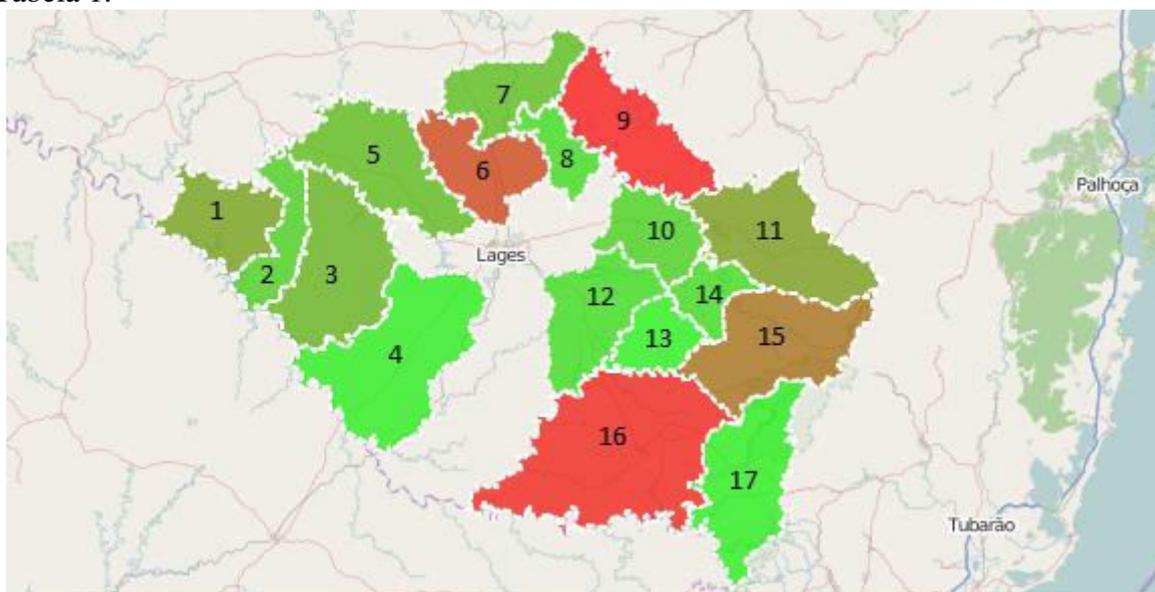


Figura 5. Mapa representando as quantidades de resíduos sólidos gerados nos municípios durante o ano de 2013.

Tabela 1. Valores numéricos referentes ao Mapa da Figura 5.

Código	Município	Peso (kg) no ano
13	Urupema	170.000
17	Bom Jardim da Serra	184.800
4	Capão Alto	204.000
12	Painel	435.300
14	Rio Rufino	453.000
8	Palmeira	454.100
10	Bocaina do Sul	619.223
2	Cerro Negro	633.640
7	Ponte Alta	891.500
5	São José do Cerrito	944.900
3	Campo Belo do Sul	1.043.000
1	Anita Garibaldi	1.291.699
11	Bom Retiro	1.371.962
15	Urubici	2.009.700
6	Correia Pinto	2.609.900
16	São Joaquim	3.120.000
9	Otacílio Costa	3.240.000

3. Conclusões

Tomando como base o PIGIRS, foi possível desenvolver um Sistema de Informação Geográfica, capaz de auxiliar no processo decisório de gestores públicos no que diz respeito à gestão de resíduos sólidos. As tecnologias utilizadas propiciaram o desenvolvimento de sistema que pode ser facilmente estendido para outras questões de estudo, uma vez que a base para análise espaciais apresenta condições de inserir novas camadas.

Agradecimentos

Torna-se imprescindível agradecer a parceria da AMURES e o financiamento da FAPESC, que tornam possível o desenvolvimento desse projeto.

Referências Bibliográficas

UDESC e CISAMA. **Elaboração do Plano Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, de Projetos Técnicos para Disposição e Destinação Final Ambientalmente Adequada dos Resíduos Sólidos e do SIG – Sistemas de Informação Geográfica – para o Gerenciamento dos Serviços de Limpeza Pública, Coleta e Transporte dos Resíduos Sólidos Urbanos**. Lages, Santa Catarina, 2014.

Borges, K.A.V. **Modelagem de dados geográficos: uma extensão do modelo OMT para aplicações Geográficas**. 1997. Dissertação (Mestrado em Administração Pública) – Fundação João Pinheiro, Belo Horizonte.1997.

Serra, G. **Arcview 8.2. Imagem - Soluções de Inteligência Geográfica**: São José dos Campos, 2003, 120p.

Câmara, G. Representação computacional de dados geográficos. In: Casanova, M. A. et al. **Banco de dados geográficos**. Curitiba: Mundogeo, 2005, p. 11-52.