

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOMÁTICA**

**CONCEPÇÃO, DESENVOLVIMENTO E  
INTEGRAÇÃO DE UM AMBIENTE SIGWEB COM  
FERRAMENTAS DE SOFTWARE LIVRE**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Thiago Santi Bressan**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2010**

# **CONCEPÇÃO, DESENVOLVIMENTO E INTEGRAÇÃO DE UM AMBIENTE SIGWEB COM FERRAMENTAS DE SOFTWARE LIVRE**

**por**

**Thiago Santi Bressan**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geomática, Área de Concentração em Tecnologia da Geoinformação, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Geomática.**

**Orientador: Prof. Rudiney Soares Pereira**

Santa Maria, RS, Brasil

2010

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Rurais  
Programa de Pós-Graduação em Geomática**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado

**CONCEPÇÃO, DESENVOLVIMENTO E INTEGRAÇÃO DE UM  
AMBIENTE SIGWEB COM FERRAMENTAS DE  
SOFTWARE LIVRE**

elaborada por  
**Thiago Santi Bressan**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
Mestre em Geomática

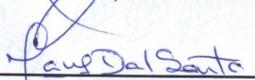
**COMISSÃO EXAMINADORA:**



**Rudiney Soares Pereira, Drº.**  
(Presidente/Orientador)



**Enio Giotto, Drº. (UFSM)**



**Mariane Alves Dal Santo, Drª. (UDESC)**

Santa Maria, 12 de julho de 2010

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a minha família, em especial a minha esposa Simone e minha filha Eduarda pelos momentos em que os privei do convívio e da atenção, pelo apoio, pela motivação, pela compreensão e carinho transmitidos no decorrer do período empreendido à elaboração do presente trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, a Deus pela vida e saúde.

A meus familiares, pelo apoio, pela compreensão e a paciência proporcionada no decorrer do curso.

Ao professor Dr. Rudiney Soares Pereira, pela disponibilidade em orientar meu trabalho, apresentando opiniões de grande valia para seu desenvolvimento, pelo material gentilmente cedido, pela sua paciência, sabedoria e à arte de ensinar, para que esse trabalho se tornasse realidade.

Aos amigos e colegas que me apoiaram de uma ou de outra forma no decorrer desta jornada. A Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), funcionários e aos professores do programa de Pós Graduação em Geomática (PPGG) pelos conhecimentos transmitidos e pela definição de novos rumos em minha vida.

## **EPIGRAFE**

"No que diz respeito ao desempenho, ao compromisso, ao esforço, à dedicação, não existe meio termo. Ou você faz uma coisa bem-feita ou não faz."  
(Ayrton Senna)

## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Geomática  
Universidade Federal de Santa Maria

### **CONCEPÇÃO, DESENVOLVIMENTO E INTEGRAÇÃO DE UM AMBIENTE SIGWEB COM FERRAMENTAS DE SOFTWARE LIVRE**

Autor: Thiago Santi Bressan

Orientador: Rudiney Soares Pereira

09 de julho de 2010, 14:00hrs, Sala 104 - Auditório CIPAM

O dinamismo e a multitarefa que se encontra a *web* atualmente faz-se necessário sistemas com possibilidade de espacialização da informação em meio geográfico com total interação do usuário na construção do seu cenário de informação. Inovações são necessárias e o projeto para desenvolvimento de um sistema SIGWeb para a espacialização da informação, com suporte a diversas áreas integra essa possibilidade. O foco não é apenas desenvolver um sistema para *web* e sim, um sistema genérico capaz de ser adaptável à diversos temas que possuam algum tipo de variável que possa ser espacializada. A partir desse contexto foi desenvolvido o sistema *Geom@p@s*, utilizando ferramentas de software livre como o banco de dados PostgreSQL com extensão espacial PostGis relacionado, a linguagem de programação *web* PHP (Hypertext Preprocessor) e API (Application Programming Interface) *Google Maps*. O sistema *Geom@p@s* é um aplicativo robusto e dinâmico, adaptando-se as necessidades do usuário, através da importação de dados dentre os formatos estabelecidos.

Palavras-chave: sigweb; espacialização; geoprocessamento; software livre

## **ABSTRACT**

Master's Dissertation  
Post-graduate Course in Geomatics  
Universidade Federal de Santa Maria

### **DESIGN, DEVELOPMENT AND INTEGRATION OF AN ENVIRONMENT SIGWEB WITH FREE SOFTWARE TOOLS**

Author: Thiago Santi Bressan  
Advisor: Rudiney Soares Pereira  
09 July, 2010, Auditorium CIPAM

The dynamism and multi-tasking is now the *web* is necessary systems with the possibility of spatial information in a particular geographical environment with complete user interaction in building its sensory information. Innovations are needed to design and develop a system for SIGWeb the spatial information, with support for various areas takes this possibility. The focus is not only to develop a system for *web* and yes, a generic system capable of being adaptable to various topics that have some type of variable which can be spatialized. The starting this context the system was developed Geom@p@s, using free software tools such as the PostgreSQL database with PostGIS spatial extension related to *web* programming language PHP (Hypertext Preprocessor) and API (Application Programming Interface) Google Maps. The system Geom@p@s application is a robust and dynamic, adapting to user needs by importing data from the established formats.

Keywords: sigweb, spatial, GIS, free software

## LISTA DE SIGLAS

ACID - Atomicidade, Consistência, Isolamento e Durabilidade  
AGM - Arquivo Gráfico Municipal  
API - Application Programming Interface  
BD – Banco de Dados  
BSD - Berkeley Software Distribution  
CGI - Common Gateway Interface  
CNEFE - Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos  
CSS - Cascading Style Sheets  
DDL - Data Definition Language  
DHTML - Dynamic HTML  
DML - Data Manipulation Language  
GiST - Generalized Search Tree  
GNU - GNU is Not Unix  
HTML - HyperText Markup Language  
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
JPEG - Joint Photographic Experts Group  
KML - Keyhole Markup Language  
NASA - National Aeronautics and Space Administration  
OGC – Open Geospatial Consortium  
OMT - Object Modeling Technique  
PHP - Hypertext Preprocessor  
RSS – Really Simple Syndication  
SGBD - Sistema Gerenciador de Banco de Dados  
SGBDOR – Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados Objeto - Relacional  
SIG – Geographic Information System  
SQL - Structured Query Language  
TI - Tecnologia de Informação  
W3C - Word Wide Web Consortium  
WCS - Web Coverage Service  
WFS - Web Feature Service  
WMS - Web Map Service  
XML- eXtensible Markup Language  
XSL - Extensible Style Language

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Lista de pontos do polígono da figura 11.....	33
--	----

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Estrutura Geral de Sistemas de Informação Geográfica - CAMARA ( 2006 ).....	23
Figura 2 - Resultado de uma pesquisa retornando um objeto relacional. <a href="http://www.dpi.inpe.br/spring/teoria/consulta/img00001.gif">http://www.dpi.inpe.br/spring/teoria/consulta/img00001.gif</a> .....	24
Figura 3 - Modelo de Arquitetura Dual com Banco de Dados Interno JUNIOR (2006 apud Silva, 2002).....	25
Figura 4 - Modelo de Arquitetura Dual com Banco de Dados Externo JUNIOR( 2006 apud Silva,2002).....	25
Figura 5 - Notação gráfica das classes do Geo-OMT conforme DAVIS (2010).....	29
Figura 6 - Geo-campos conforme DAVIS (2010).....	30
Figura 7 - Geo-objetos conforme DAVIS (2010).....	30
Figura 8 - Pontos no plano cartesiano. <a href="http://www.bdjogos.com/imagens_conteudo/capitulo23_03.jpg">http://www.bdjogos.com/imagens_conteudo/capitulo23_03.jpg</a> .....	31
Figura 9 - Linha no plano cartesiano. <a href="http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/discovirtual/aulas/16360/imagens/grafico_exemplo.png">http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/discovirtual/aulas/16360/imagens/grafico_exemplo.png</a> .....	32
Figura 10 - Polígono no plano cartesiano. <a href="http://3.bp.blogspot.com/_ebMVkX_opZ0/S7YcgkvoEII/AAAAAAAAAAc/FKI2WMEdAiA/s1600/polig-ref.jpg">http://3.bp.blogspot.com/_ebMVkX_opZ0/S7YcgkvoEII/AAAAAAAAAAc/FKI2WMEdAiA/s1600/polig-ref.jpg</a> .....	32
Figura 11 - Polígono no plano cartesiano com coordenadas x e y. <a href="http://2.bp.blogspot.com/_JDeDgbdDHa0/SuSJ5BQriNI/AAAAAAAAAALs/kOCd5Mka89s/s400/centroide-poligono.gif">http://2.bp.blogspot.com/_JDeDgbdDHa0/SuSJ5BQriNI/AAAAAAAAAALs/kOCd5Mka89s/s400/centroide-poligono.gif</a> .....	33
Figura 12 - Imagem Raster - BAPTISTA (2010).....	34
Figura 13 - Dinamismo do SIG em várias áreas. <a href="http://enggeografica.fc.ul.pt/images/Msc-sig.jpg">http://enggeografica.fc.ul.pt/images/Msc-sig.jpg</a> .....	36
Figura 14 - Esquema de funcionamento do MapServer para Webmapping - PARMA (2007).....	44
Figura 15 - Tela inicial do GeoServer - QUADRO (2010).....	45
Figura 16 - Forma como as informações espaciais estão disponibilizadas na <i>web</i> - SILVA (2007).....	46
Figura 17 - Tabela comparativa entre os tipos de sistemas - FURQUIM (2007).....	47
Figura 18 - Exemplo de consulta espacial, Local: Arroio do Meio, 2010. Fonte: Sistema Geom@p@s.....	50
Figura 19 - Estrutura de Arquivos da Malha Municipal Digital conforme IBGE (2008).....	53
Figura 20 - Inter-relacionamento entre os componentes do sistema.....	54
Figura 21: Fluxograma de funcionamento do Geom@p@s.....	58

Figura 22 - Esquema conceitual gerado a partir do software específico.....	60
Figura 23 - Funcionamento da API - DOHMS (2006).....	61
Figura 24: Área do sistema Geom@p@s utilizado pelo usuário para acesso aos links de administração.....	63
Figura 25: Área em que o usuário tem acesso após login e senha válidos.....	63
Figura 26: Tela de cadastro para novo usuário no sistema Geom@p@s.....	64
Figura 27: Interface para gerenciamento de projetos no sistema Geom@p@s.....	65
Figura 28 - Exemplo de arquivo txt com delimitador ' '.....	67
Figura 29 - Documento XML no formato usado pelo sistema GeoM@p@s.....	69
Figura 30: Interface utilizada para adicionar dados no sistema Geom@p@s.....	71
Figura 31: Interface para configurar o sistema Geom@p@s.....	73

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1 Geoprocessamento e geomática.....	19
2.1.1 Conceitos.....	19
2.1.2 Breve Histórico de Geoprocessamento no Brasil.....	21
2.2 Arquitetura de um SIG.....	22
2.3 Dados Espaciais.....	27
2.4 Modelo de Dados Espaciais.....	27
2.4.1 Modos de Representação de dados espaciais.....	30
2.5 Dinamismo do SIG.....	35
2.6 SIG livre com software livre.....	38
2.7 Banco de dados espaciais.....	39
2.7.1 Linguagem de consulta de dados espacial.....	41
2.8 Servidores de mapas.....	42
2.8.1 Webmapping.....	42
2.8.2 Servidor de mapas.....	43
2.9 SIGWeb.....	45
2.9.1 Principais diferenças entre sistemas SIGDesktop e SIGWeb .....	46
2.10 Generalização de dados cartográficos em relação a escalas.....	47
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	49
3.1 Banco de dados espaciais.....	49
3.1.1 Linguagem de manipulação de dados.....	50
3.1.2 Linguagem de definição de dados (DDL).....	50
3.1.3 Comparação entre o modelo Geográfico Objeto-Relacional e o modelo Relacional .....	51
3.2 Malha digital.....	52
3.2.1 Histórico.....	52
3.3 Inter-relacionamento entre as ferramentas.....	53
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	55
4.1 Malha Digital.....	55
4.1.1 Formato do banco de dados.....	55
4.1.2 Exportação de SHP para PostgreSql.....	57
4.2 Geom@p@s.....	57
4.2.1 Fluxograma de funcionamento do Geom@p@s.....	58
4.2.2 Modelagem do banco de dados.....	59

4.2.3 API Google Maps.....	61
4.2.4 Módulos do sistema Geom@p@s.....	62
5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES.....	74
6 REFERÊNCIAS.....	75

## 1 INTRODUÇÃO

Com o advento da *internet*, está cada vez mais fácil de realizar qualquer tarefa pela grande rede de computadores. Muitas tecnologias surgiram a partir do avanço da *internet*. A informação em tempo real foi uma delas. Hoje é comum encontrarmos ferramentas que consigam receber dados de um equipamento de coleta de dados de forma automatizada, localizado do outro lado do mundo e, transmiti-los, em fração de segundos, tornando assim possível tarefas de consulta, análise e tomadas de decisão pelo usuário do sistema.

Na *internet*, a quantidade de informação é tanta, que não sabemos qual dado é útil e qual não é. Essas informações em formato de textos, planilhas, imagens, documentos, entre outras, normalmente não satisfazem a necessidade do usuário em relação ao dado que está procurando. O usuário pode ficar limitado a um tipo específico de pesquisa, a um preenchimento obrigatório de um campo, a níveis de configuração para visualização da informação, enfim, o usuário necessita que seu acesso seja o mais simples possível e que a manipulação de dados e sua análise, resultem em uma informação que satisfaça a sua necessidade.

Nos últimos anos, com o surgimento de novas tecnologias para desenvolvimento na *internet*, onde podemos citar a chamada *web 2.0*, esse problema para o usuário tende a ser satisfatoriamente resolvido.

O termo *web 2.0* é definido como um conjunto de ferramenta e técnicas capazes de melhorar a navegabilidade do usuário, dando mais inteligência aos *layouts*.

A especialização da informação, nos últimos anos, influenciou vários avanços,

principalmente com o surgimento de novas tecnologias para o desenvolvimento de aplicações *web*. O termo *SIGWeb* surgiu e conduz o uso de um Sistema de Informação Geográfica baseado na *web*. Esse sistema induz o usuário a criar suas próprias camadas de informação, dependendo sempre do nível de conhecimento do usuário, do tema que o *SIGWeb* está tratando e do nível de alcance que o sistema têm sobre a espacialização da informação no meio e na *internet*. O *SIGWeb* é formado por um conjunto de ferramenta capazes de permitir a visualização, a manipulação, a análise de dados geoespaciais de diferentes locais, traduzindo esses processos em informações geradas de acordo com os perfis de usuários, utilizando-se a *internet*.

A criação de um *SIGWeb* aumenta a complexidade de implementação de aplicações *web*, tanto em aspectos funcionais como em interfaces com o usuário e interação humem-computador. A Usabilidade é um termo usado para definir a facilidade com que as pessoas podem empregar uma ferramenta ou objeto a fim de realizar uma tarefa específica e importante. A Usabilidade em Sistema de Informação Geográfica para *web* interagem com a Acessibilidade na *internet*. A Acessibilidade refere-se a recomendações do World Wide Web Consortium (W3C), que visam permitir que todos possam ter acesso aos conteúdos disponibilizados na *internet*. As recomendações abordam desde o tipo de fonte a ser usado, bem como tamanho e cor, de acordo com as necessidades do usuário, até a recomendações relativas ao código *HyperText Markup Language* (HTML) e *Cascading Style Sheets* (CSS), por exemplo. Por fim, a Interoperabilidade é a capacidade de um sistema de se comunicar de forma transparente com outro sistema semelhante ou não e para um sistema ser considerado interoperável, é muito importante que ele trabalhe com padrões abertos.

A complexidade no desenvolvimento de um *SIGWeb* envolve Usabilidade, Acessibilidade e Interoperabilidade. Esses três termos devem caminhar juntos para resultar numa ferramenta capaz de atingir o uso por todas as pessoas, com padrões acessíveis em qualquer equipamento e possibilitando adaptar-se as necessidades do usuário, comunicando com equipamentos que forneçam algum tipo de dado geoespacial, seja de forma transparente ou não e, trabalhando com um formato aberto a comunidade.

Considerando-se os termos definidos acima, o objetivo foi a implementação de um sistema *SIGWeb* denominado *Geom@p@s* para a captura de dados, sua espacialização e personalização pelo usuário de forma dinâmica, com o uso das variáveis nome, descrição, imagem, posição geográfica, cidade e local.

Complementando o objetivo geral, o *Geom@pas* é flexível, ou seja, permite o monitoramento de diversas variáveis mensuráveis, que tenham a capacidade de serem georeferenciadas e geoespacializadas sobre um mapa de forma dinâmica, gerenciado através de um painel de administração.

Dentre os objetivos específicos, construção de interfaces em que o usuário consiga adaptar-se conforme a suas necessidades, uso de ferramentas com software livre, suporte para importação de dados nos formatos arquivo de texto (.txt) com delimitador '|' e *eXtensible Markup Language*(.xml), área de personalização do sistema com controle de usuário e senha, utilização da *API Google Maps*, filtro automático entre cidade, local e pontos e *backup* do banco de dados.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

O capítulo de Revisão de Literatura está estruturado em uma abordagem compreendendo aspectos conceituais de Geoprocessamento, Sistema de Informação Geográfica, ambiente de desenvolvimento *WEB*, Banco de Dados PostgreSQL com extensão PostGIS relacionado, acessível através de interfaces *web* construídas com o intuito de ser facilmente customizadas pelo usuário com importação e auto-adaptação do sistema, conforme o tema da geoespacialização definido pelo usuário.

FURQUIM (2008) salienta que a disponibilização de informação geográficas para a web necessita de dados precisos e dinâmicos. Dados precisos é o essencial para um sistema se comportar da forma esperada, retornando informações verdadeiras e claras. Dados dinâmicos são um fator primordial para a geoinformação na *web*.

PEDROSA (2003) descreve que as gerações atuais de SIGs configuram uma tecnologia para armazenar, organizar, recuperar e modificar informações sobre um parâmetro espacial sobre a superfície da terra. Um dos grandes desafios é transformar esses SIGs estáticos em ferramentas dinâmicas capazes de prover representação realistas do processo espaço-temporal.

Ainda conforme PEDROSA (2003) a modelagem dinâmica procura transcender as limitações atuais da tecnologia da Geoinformação, fortemente baseada numa visão estática, bidimensional do mundo. PEDROSA (2003) cita que “um modelo espacial dinâmico é uma representação matemática de um processo do

mundo real em que uma localização na superfície terrestre muda em resposta a variações em suas forças direcionadoras” .

Normalmente, os SIGs são desenvolvidos a partir de soluções pré-estabelecidas, quanto a homogeneidade e uniformidade das propriedades das suas ferramentas e componentes, que incluem o espaço, o tempo, os dados espaciais e o modelo matemático a qual descreve determinado fenômeno.

Ainda, conforme PEDROSA (2003), para modelar processos dinâmicos com SIG, com um nível necessário de realismo e dinamismo, as soluções têm que ser flexibilizadas a ponto de o sistema ser capaz de operar:

- As vizinhanças como relações não estacionárias;
- A variação do tempo como um processo regular ou irregular;
- O sistema como um ambiente aberto a influências externas;
- Entre outras.

PEDROSA (2003) justifica que a implantação de sistemas espaço-temporal dinâmicos com as características mencionadas acima, necessitam de alguns princípios básicos relativos aos principais elementos desses sistemas. Um desses elementos que se destaca, é a representação do espaço e do tempo no modelo dinâmico a ser utilizado para a representação do fenômeno e a abordagem computacional para implementar esses princípios de forma consistente e integrada.

O dinamismo conforme expressa PEDROSA (2003) e FURQUIM (2008) são fatores primordiais para a criação e utilização de um SIG para a *internet*. Os SIGs para a *internet* são em grande maioria desenvolvidos utilizando ferramentas de software livre. Com ferramentas livres, o desenvolvimento de SIGs para a *internet* torna-se mais acessível e extensível principalmente pelo fator do código aberto influenciar pesquisas e desenvolvimento de documentações relevantes sobre o assunto.

## **2.1 Geoprocessamento e geomática**

### **2.1.1 Conceitos**

Geomática é um campo de atividades que, usando uma abordagem sistemática, integra todos os meios utilizados para a aquisição e gerenciamento de dados espaciais necessários como parte de operações científicas, administrativas, legais e técnicas envolvidas no processo de produção e gerenciamento de informação espacial. Trata-se, portanto, da área tecnológica que visa à aquisição, ao armazenamento, a análise, a disseminação e o gerenciamento de dados espaciais.

CÂMARA (2006 apud RODRIGUES 1993) afirma que geoprocessamento é um conjunto de tecnologias de coleta, tratamento, manipulação e apresentação de informações espaciais voltado para um objetivo específico. Este conjunto possui como principal ferramenta o *Geographical Information System* (GIS), considerado também como Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Para que o SIG cumpra suas finalidades, há a necessidade de dados. A aquisição de dados em Geoprocessamento deve partir de uma definição clara dos parâmetros, indicadores e variáveis, que serão necessários ao projeto a ser implementado. Deve-se verificar a existência destes dados nos órgãos apropriados (IBGE, DSG, Prefeituras, concessionárias e outros). A sua ausência implicará num esforço de geração que dependerá de custos, prazos e processos disponíveis para aquisição.

GOMES et al (2005) justifica o uso do geoprocessamento relacionando dados com distribuição geográfica, na qual chama de mapas, resultando no desenvolvimento de novas tecnologias computacionais para tratar estas informações. Ainda segundo o mesmo autor, geoprocessamento representa a área do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para tratar a informação geográfica e SIG como ferramenta computacional para o processamento, integrando dados de diversas fontes de dados georeferenciados resultado em conteúdo para possíveis tomadas de decisões estratégicas (BAZZOTTI, 2007).

RUFINO (2009) cita o conceito de geoprocessamento relacionado com uma ciência que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações geográficas.

Um conceito mais atual sobre geoprocessamento, é definido por RUFINO (2009) em que define geoprocessamento como um conjunto de tecnologias para

coleta, processamento, análise e disponibilização de informação com referência geográfica, formando um novo conceito de geoinformação que inclui *hardware*, *software* e *peopleware* que juntos se constituem em poderosas ferramentas para tomada de decisão.

Ainda segundo RUFINO ( 2009 ), as geotecnologias estão entre os três mercados emergentes mais importantes da atualidade, junto com a nanotecnologia e a biotecnologia .

Tanto geomática como geoprocessamento são termos de total relevância para o estudo e desenvolvimento de um SIGWeb. A área da Geomática possui ainda uma interface bem definida com a área de Informática, haja vista que é na Informática que se adquirem as bases computacionais para o desenvolvimento das aplicações em Geomática. Por sua vez, a utilização de sistemas computadorizados otimiza a aquisição e o tratamento de dados espaciais, permitindo um acesso mais rápido e eficiente à informação, traduzindo-se como uma forma viável e adequada para integrar dados e produtos de informação.

### 2.1.2 Breve Histórico de Geoprocessamento no Brasil

Segundo CÂMARA (2006) a introdução do Geoprocessamento no Brasil inicia-se a partir do esforço de divulgação e formação de pessoal feito pelo professor Jorge Xavier da Silva da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), no início dos anos 80. A vinda ao Brasil, em 1982, do Doutor Roger Tomlinson, responsável pela criação do primeiro SIG (*Canadian Geographical Information System*), incentivou o aparecimento de vários grupos interessados em desenvolver tecnologia, entre os quais podemos citar:

- Universidade Federal do Rio de Janeiro ( UFRJ ) : O grupo do Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Geografia da UFRJ, sob a orientação do professor Jorge Xavier da Silva, desenvolveu o Sistema de Análise Geo-Ambiental (SAGA).
- MaxiDATA: os então responsáveis pelo setor de informática da empresa de aerolevantamento AeroSul criaram, em meados dos anos 80, um sistema

para automatização de processos cartográficos.

- CPqD/TELEBRÁS: O Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da TELEBRÁS iniciou, em 1990, o desenvolvimento do Sistema Automatizado de Gerência da Rede Externa (SAGRE), uma extensiva aplicação de Geoprocessamento no setor de telefonia.
- INPE: Em 1984, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) estabeleceu um grupo específico para o desenvolvimento de tecnologia de geoprocessamento e sensoriamento remoto (a Divisão de Processamento de Imagens – DPI).

## **2.2 Arquitetura de um SIG**

CÂMARA ( 2006 ) especifica, devido a sua ampla gama de aplicações, que inclui temas como agricultura, floresta, cartografia, cadastro urbano e redes de concessionárias (água, energia e telefonia), há pelo menos três grandes maneiras de utilizar um SIG:

- como ferramenta para produção de mapas;
- como suporte para análise espacial de fenômenos;
- como um banco de dados geográficos, com funções de armazenamento e recuperação de informação espacial.

A partir dessas três grandes maneiras de utilizar um SIG surgem diversas características próprias do SIG, conforme CÂMARA ( 2006 ) e RUFINO ( 2009):

- Ter capacidade para coletar e processar dados espaciais obtidos a partir de fontes diversas, tais como: levantamentos de campo (incluindo o sistema GPS), mapas existentes, fotogrametria, sensoriamento remoto e outros;
- Ter capacidade para armazenar, recuperar, atualizar e corrigir os dados processados de uma forma eficiente e dinâmica;
- Ter capacidade para permitir manipulações à realização de procedimentos de análise dos dados armazenados, com possibilidade de executar diversas tarefas, tais como, alterar a forma dos dados através de regras de agregação definidas pelo usuário, ou produzir

estimativas de parâmetros e restrições para modelo de simulação e gerar informações rápidas a partir de questionamentos sobre os dados e suas inter-relações;

Já BAPTISTA ( 2010 ) separa a arquitetura de um SIG em camadas:

- Armazenamento: engloba os subsistemas que oferecem serviços de armazenamento de dados não-espaciais, de dados em formato *raster*, de dados em formato *vector*.
- Manipulação: oferece funções para definição e manipulação destes objetos.
- Visualização: oferece funções básicas para visualização de objetos tradicionais e georreferenciados.

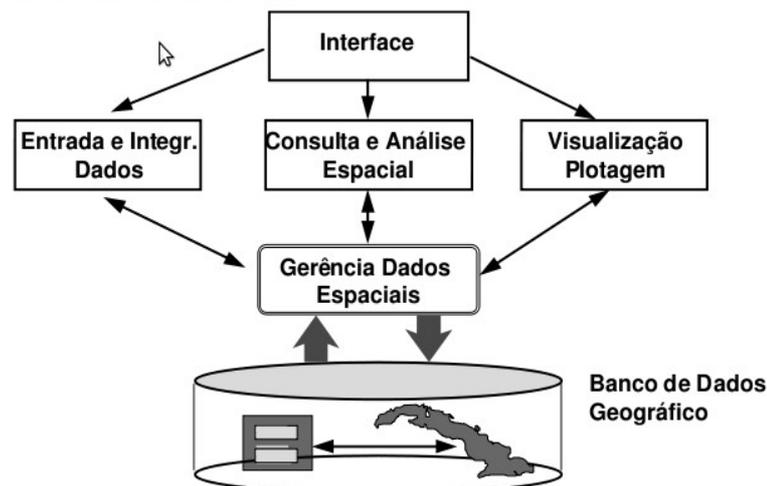


Figura 1 - Estrutura Geral de Sistemas de Informação Geográfica - CAMARA ( 2006 )

Ainda segundo BAPTISTA ( 2010 ), existem diferentes estratégias de implementação para a arquitetura em camadas, baseadas em sistemas de gerência de bancos de dados com grau crescente de funcionalidade definido como Relacional, Dual, Campos Longos e Integrada.

Analisando as estratégias citadas por BAPTISTA ( 2010 ), podemos descrever que:

Relacional: Representação dos temas são visualizadas na forma de relações. Um objeto geográfico é uma tupla ou linha de uma relação. Atributos ou campos são

tipos simples capazes de receber valores de texto, inteiros ou geográficos, permitindo uso de *Structured Query Language* (SQL) para consulta aos dados. SILBERSCHATZ(2006)

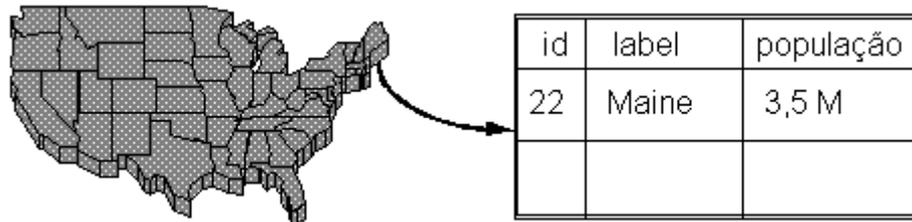


Figura 2 - Resultado de uma pesquisa retornando um objeto relacional.  
<http://www.dpi.inpe.br/spring/teoria/consulta/img00001.gif>

BAPTISTA ( 2010) especifica exemplos de SQL para retornar informação de uma relação no banco de dados ou Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD). Os dados desses exemplos são fictícios, servindo apenas para representar o funcionamento.

Consulta: “Obtenha os contornos da França”:

```
select borda.contornold, X, Y from pais, borda, contorno, ponto where nome =
'França' and pais.bordald = borda.bordald and borda.contornoID =
contorno.contornoID and contorno.pontoID = ponto.pontoID ORDER BY
borda.contornold, ponto_num
```

Dual: Um SIG usando a arquitetura DUAL possui um SGBD relacional para armazenar em tabelas, a componente convencional de todos os objetos (dados não espaciais) e arquivos normais para a componente espacial dos objetos. BAPTISTA ( 2010).

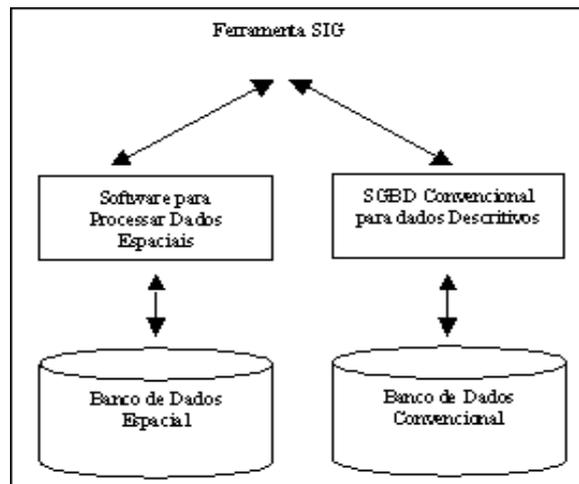


Figura 3 - Modelo de Arquitetura Dual com Banco de Dados Interno JUNIOR (2006 apud Silva, 2002).

Segundo JUNIOR e LEAL (2006), o modelo Dual tenta solucionar o problema de gerenciamento de dados geográficos integrando os dados convencionais e espaciais, armazenados em bases de dados distintas, através de identificadores comuns as duas bases. Ainda segundo o autor, ocorre que a arquitetura Dual tem um ponto fraco, que é a dificuldade em garantir a integridade entre as partes geométrica e descritiva da representação do objeto geográfico. Na maioria dos casos, existe a possibilidade de um usuário desavisado acessar o banco de dados alfanumérico e modificar algo sem que a estrutura de dados geográficos tenha conhecimento do fato.

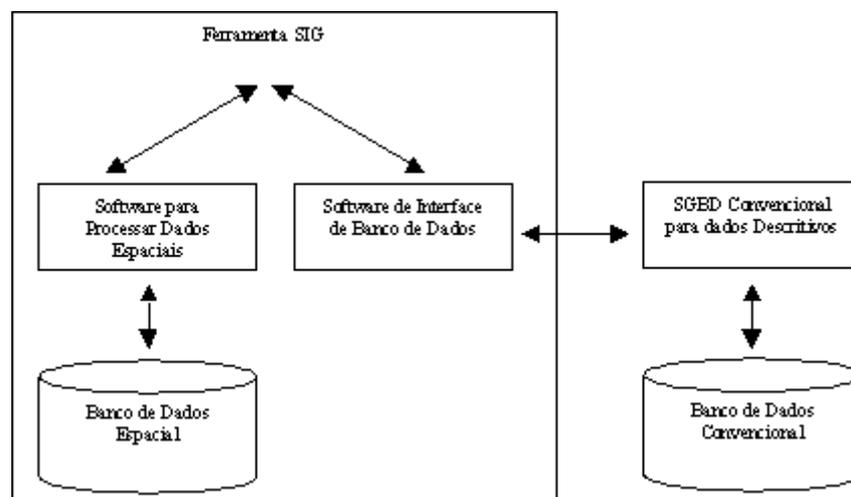


Figura 4 - Modelo de Arquitetura Dual com Banco de Dados Externo JUNIOR( 2006 apud Silva,2002).

BAPTISTA ( 2010) salienta fortemente os problemas da arquitetura DUAL, onde o mesmo requer profundo treinamento em dois mundos distintos (SGBD + SIG), não utiliza recursos de SGBD (concorrência, tolerância a falhas, otimização, integridade) para os dados espaciais e problema de integridade de dados são altos.

Campos Longos: Também chamados de BLOBs, esta estratégia baseia-se no uso de SGBDs relacionais com suporte para campos longos, nos quais são armazenadas as componentes espaciais dos objetos. A vantagem é o uso de um SGBD para representação de dados convencionais e espaciais, fazendo uso de toda funcionalidade de um SGBD. A desvantagem é que um campo BLOB é uma caixa preta (binário) em que se pode acessar todo o objeto ou parte deste, mas sem conhecer a semântica do objeto. Em consequência, a implementação do SIG ainda deve incluir métodos de acesso espacial e um otimizador de consultas que prepare planos de execução que façam uso destes métodos ( BAPTISTA ( 2010) e JUNIOR( 2006 )).

Integrada: Tanto BAPTISTA(2010) como JUNIOR(2006) descrevem a arquitetura integrada como sendo o uso de um SGBD extensível (Orientado a Objeto ou Objeto Relacional) que disponha de mecanismos que permitam implementar o tratamento das componentes espaciais através de extensões ao seu ambiente. Ainda os mesmos autores, analisam que devido a isso os dados espaciais se beneficiam das características dos SGBDs convencionais, que na arquitetura Dual eram desfrutadas apenas pelos dados descritivos: integridade, segurança, backup e recuperação dos dados. O modelo de arquitetura Integrado trata-se de uma proposta que se utiliza de tipos de dados definidos pelo usuário e que necessita de implementações que se preocupem com a melhor forma de armazenamento e recuperação .

BAPTISTA ( 2010 ) em seu contexto, comparando com outras arquiteturas já descritas, salienta que os SGBDs extensíveis permitem adicionar novos tipos de dados e operações voltadas para as funcionalidades espaciais. *Data Definition Language (DDL)* e *Data Manipulation Language (DML)* são extendidas para usar estes novos tipos de operações e mecanismos de indexação espacial (*Rtree* em Oracle ou POINT/POLYGON no POSTGRESQL – FERREIRA ( 2010 )) podem ser

criados, bem como o SGBD saberá como otimizar consultas usando estes novos mecanismos. SILBERSCHATZ(2006)

As principais vantagens segundo BAPTISTA ( 2010 ) é a total integração de dados convencionais com espaciais, inclusive usando toda funcionalidade provida por um SGBD, a semântica de dados espaciais conhecida e a melhor performance.

### **2.3 Dados Espaciais**

Dados são observações feitas quando monitoramos objetos do mundo real. Esse dados são coletados e como fatos, viram informação. Dados torna-se informações quando colocados em um contexto. BAPTISTA (2010) exemplifica que em uma imagem de satélite precisamos saber a semântica dos dados, escala ou medida de unidade para gerarmos informação precisas e confiáveis.

Conforme BAPTISTA (2010), os dados podem ser divididos em três tipos quando a característica de dimensão:

- Dimensão Temporal: registra dados exatos de quando ocorreu ou aconteceu determinado evento relacionado com o tempo. Exemplificando a dimensão temporal, cita-se um evento ocorrido numa data exata como 01 de junho de 2010.
- Dimensão Temática: contempla dados do quê aconteceu em determinado evento. BAPTISTA (2010) cita um exemplo de dimensão temática como um acidente de vazamento de petróleo.
- Dimensão Espacial: registra onde aconteceu determinado fato. Para auxiliar essa dimensão espacial usa-se artifícios de localização como posição geográfica referindo-se a latitude e longitude, mapas, bússolas, *Global Positioning System* (GPS), entre vários outros.

### **2.4 Modelo de Dados Espaciais**

Modelos são usados para representar o mundo real. Simplificam o mundo

definindo apenas aspectos importantes para uma aplicação.

BAPTISTA (2010) relaciona o modelo como uma forma de abstração, separando em níveis, cada qual identificado como realidade, modelo de dados, estrutura de dados e estrutura de arquivos.

DAVIS (2010) descreve que um modelo de dados é definido como sendo um conjunto de conceitos, usados para descrever a estrutura e as operações em um banco de dados.

O modelo de dados procura sistematizar o entendimento que as pessoas têm a respeito de objetos e fenômenos do mundo real, visando representá-los em um sistema informatizado. Objetos e fenômenos reais são complexos demais para permitir uma representação exata, completa e principalmente considerando os recursos atualmente à disposição dos SGBDs. Então, é necessário desenvolver uma abstração dos objetos e fenômenos do mundo real, concebendo uma representação simplificada, mas que seja adequada às finalidades das aplicações que banco de dados terá.

Em SIGs, a importância da abstração na construção de modelos de dados é ainda maior. Em primeiro lugar, em sistemas geográficos existem uma maior riqueza de representação, em especial no que tange às possibilidades de relacionamento entre entidades. Existe também a necessidade de incluir na conceitualização aspectos da representação gráfica que se pretende adotar para as entidades: campos ou objetos, vetores ou imagens, sem contar os aspectos estéticos, de representação cartográfica e/ou visual.

Conforme DAVIS (2010), desde o surgimento dos primeiros SGBD, foram sendo criadas diversas técnicas e metodologias para a criação de modelos de dados. De uma forma ou de outra, estas técnicas e metodologias, apesar de muitas vezes terem a pretensão de se constituírem em ferramentas genéricas, refletem as condicionantes tecnológicas dos SGBD à época de sua criação. Assim, não é surpresa constatar que, até o aparecimento dos primeiros SIGs, praticamente nada existia em termos da representação específica, em modelos de dados, de entidades geográficas ou espaciais.

O principal exemplo de técnica tradicional é o modelo Entidade-Relacionamentos (ER). DAVIS (2010) descreve que para facilitar seu uso na criação de modelos geográficos, diversos autores propuseram extensões para o ER, sem contudo obter ampla aceitação, principalmente porque muitas limitações persistiam. Outro exemplo é a *Object Modeling Technique* (OMT), que consegue uma maior expressividade por utilizar conceitos de orientação a objetos. Para complementar o OMT, adicionando a ele primitivas que permitissem representar dados geográficos com maior clareza e simplicidade, foi proposto o modelo Geo-OMT, uma extensão do OMT para aplicações geográficas. O Geo-OMT divide as entidades modeladas em duas classes: georreferenciadas e convencionais. Através destas duas classes é possível representar, de maneira integrada, os três grandes grupos de fenômenos que ocorrem em geoprocessamento: os de variação contínua no espaço, os de variação discreta e os não espaciais. A notação adotada pelo Geo-OMT para as entidades georreferenciadas e convencionais está apresentada na Figura 5 abaixo:

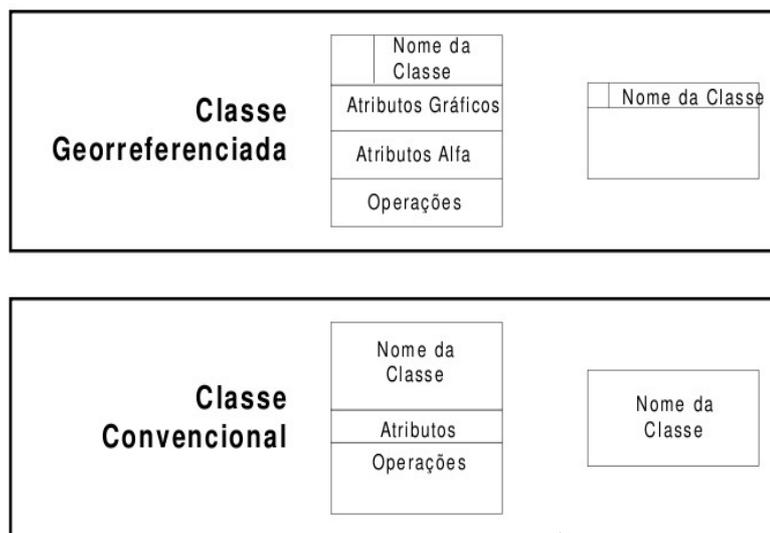


Figura 5 - Notação gráfica das classes do Geo-OMT conforme DAVIS (2010)

Ainda conforme descreve DAVIS (2010), no canto superior esquerdo dos retângulos usados para representar classes georreferenciadas é colocado um *pictograma*<sup>1</sup>, que indica a natureza gráfica do dado. No caso de geo-campos, existem cinco possibilidades: isolinhas, polígonos adjacente, tesselação,

1 Pictograma é um símbolo que representa um objeto ou conceito por meio de desenhos figurativos.

amostragem e rede triangular irregular . No caso de geo-objetos, as possibilidades estão divididas em dois grupos: geo-objetos com geometria e geo-objetos com geometria e topologia. No primeiro caso, as variações permitidas são as tradicionais: ponto, linha e polígono. Quando a topologia de rede precisa ser considerada, devem ser utilizadas as notações de nó, linha direcionada e linha bidirecional. As Figuras 6 e 7 apresentam notações e exemplos.

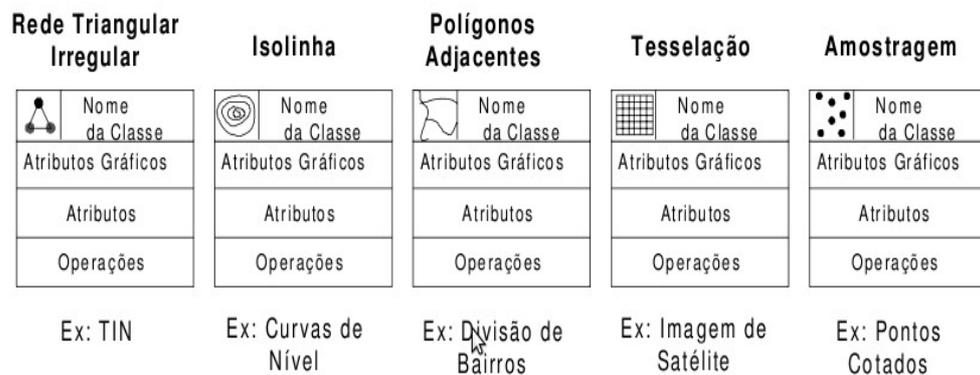


Figura 6 - Geo-campos conforme DAVIS (2010)

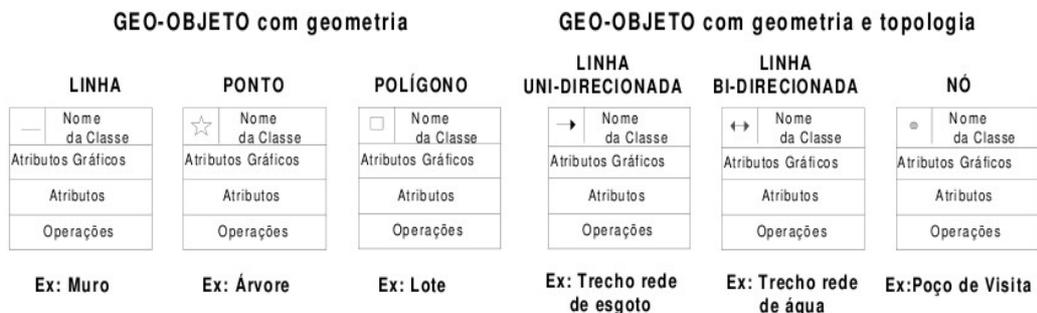


Figura 7 - Geo-objetos conforme DAVIS (2010)

#### 2.4.1 Modos de Representação de dados espaciais

Os modos de representação dos dados espaciais são divididos em dois formatos conforme BAPTISTA (2010): vetor ou vetorial (*vector model*) e matricial ou raster (*raster model*).

A representação de dados por vetor refere-se a localização referenciada por

coordenadas  $x$  e  $y$ , que podem ser ligadas para formar linhas e colunas. BAPTISTA (2010) cita o conceito fundamental de vetor SIG é que todas as características geográficas do mundo real podem ser representadas como pontos, linhas e áreas (também chamados de polígonos). O que é usado depende de vários fatores como escala, formato dos dados, tipo de arquivos entre várias outras.

A característica representada por ponto ou nodo é formado por um única par de coordenada  $x$  e  $y$ , com área de tamanho zero ou nulo. Um grande número de relacionamentos possíveis nos dados espaciais são possíveis. Um exemplo de pontos no plano cartesiano pode ser visto na imagem 8 abaixo:

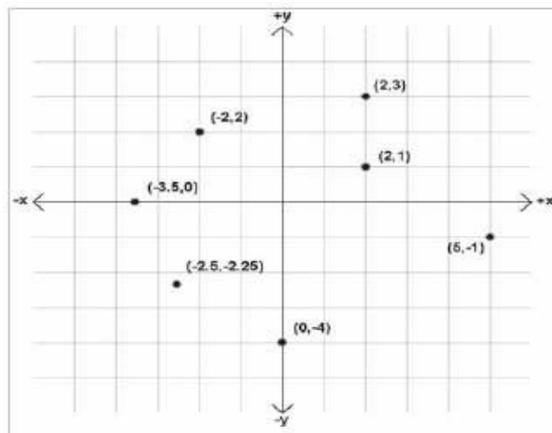


Figura 8 - Pontos no plano cartesiano.  
[http://www.bdjogos.com/imagens\\_conteudo/capitulo2\\_3\\_03.jpg](http://www.bdjogos.com/imagens_conteudo/capitulo2_3_03.jpg)

A característica representada por linha (também chamada de *line*) é formado por um par ou mais pares de coordenada  $x$  e  $y$  formando uma área de tamanho zero ou nula. Neste caso, a área vai depender da posição dos pontos, caso os pontos se interceptam, pode ocorrer formação de áreas fechadas e conseqüentemente de um tamanho específico. Na figura 9 é representado uma linha em um plano cartesiano.

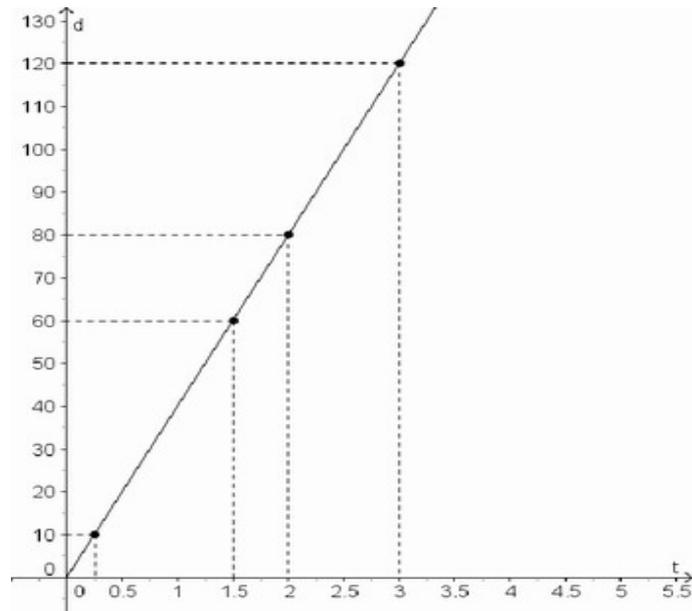


Figura 9 - Linha no plano cartesiano.

<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/discovirtual/aulas/16360/imagens/graficoexemplo.png>

Por fim, a característica representada por áreas ou polígonos é formada por quatro ou mais coordenadas  $x$  e  $y$  ordenadas e conectadas. Para fechar uma área, ou seja, formar uma área no plano cartesiano, necessita que o primeiro e o último ponto das coordenadas seja o mesmo. Deve descrever propriedades topológicas de áreas como forma, vizinhança, hierarquia, etc. Um exemplo de polígono pode ser visto na imagem 10 abaixo, onde usa-se os pontos A, B, C e D para formar uma área fechada.

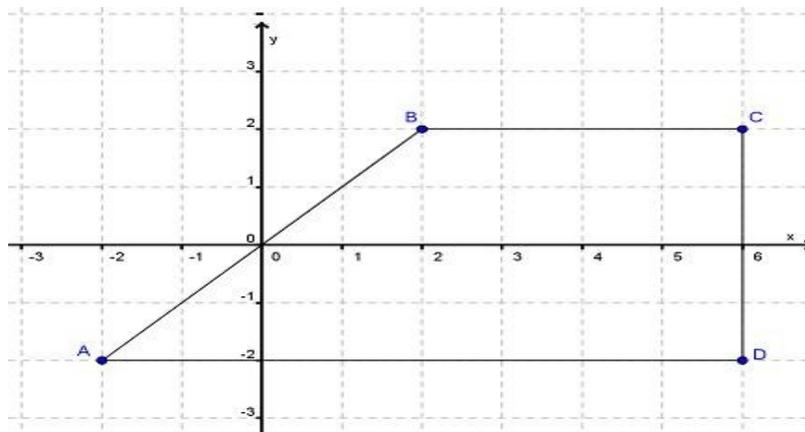


Figura 10 - Polígono no plano cartesiano.

[http://3.bp.blogspot.com/\\_ebMVkX\\_opZ0/S7YcgkvoEII/AAAAAAAAAAc/FK12WMEdAiA/s1600/polig-ref.jpg](http://3.bp.blogspot.com/_ebMVkX_opZ0/S7YcgkvoEII/AAAAAAAAAAc/FK12WMEdAiA/s1600/polig-ref.jpg)

Na figura 11, logo abaixo, tem-se mais um exemplo da representação de polígono, num caso prático com coordenadas mostradas no plano cartesiano x e y.

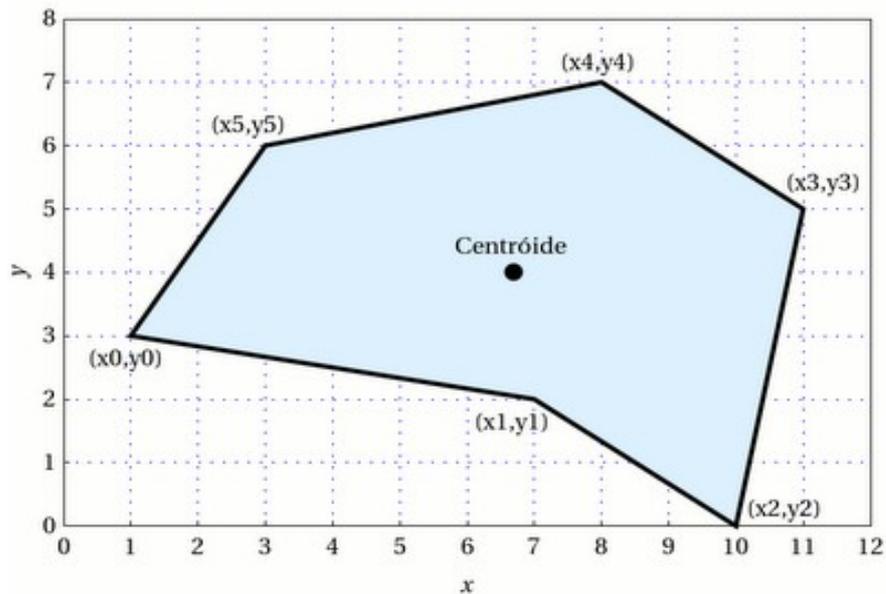


Figura 11 - Polígono no plano cartesiano com coordenadas x e y.  
[http://2.bp.blogspot.com/\\_JDeDgbdDH0/SuSJ5BQriNI/AAAAAAAAALs/kOCd5Mka89s/s400/centroide-poligono.gif](http://2.bp.blogspot.com/_JDeDgbdDH0/SuSJ5BQriNI/AAAAAAAAALs/kOCd5Mka89s/s400/centroide-poligono.gif)

O ponto central do polígono é chamado de centróide. Centróide é o ponto no interior de uma forma geométrica que define o seu centro geométrico.

Na tabela de coordenadas abaixo, descreve-se a listagem dos pontos usados no polígono da figura 11 acima. Os pontos ou atributos são referenciados através de um identificador (ID) único dentro da tabelas. Esse ID será usado para possíveis relacionamentos dos pontos desse polígono com outros dados de outras tabelas de dados.

Tabela de Coordenadas		
Point ID	x	y
0	1	3
1	7	2
2	10	0
3	11	5
4	8	7

Tabela 1 - Lista de pontos do polígono da figura

A outra forma de representação de dados espaciais é na forma matricial ou *raster* ou também chamada de *bitmap*<sup>2</sup> que mostra, localiza e armazena dados gráficos usando uma matriz ou *grid* de células retangulares, chamadas de *píxel*. Imagens *raster* são imagens que contém a descrição de cada *píxel*, em oposição aos gráficos vetoriais. Na figura 12, mostra-se um exemplo de imagem ou mapa de *píxel*. Cada *píxel* descreve informações do ponto retringular da coordenada x e y.

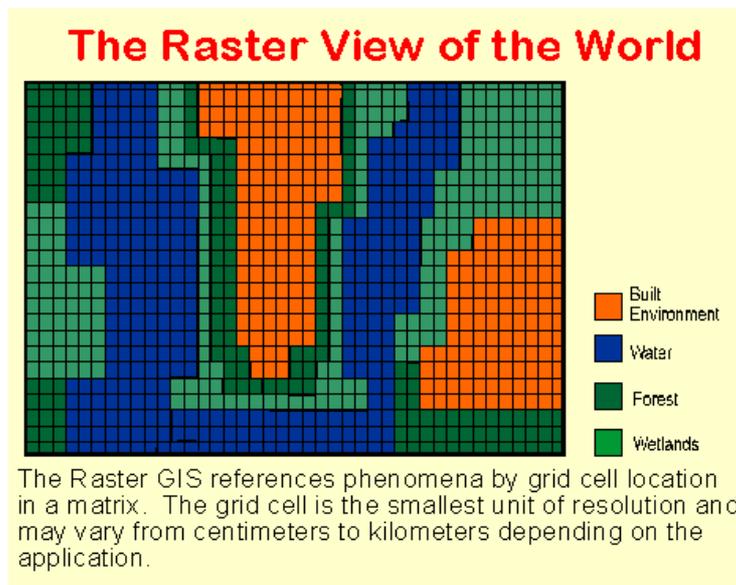


Figura 12 - Imagem Raster - BAPTISTA (2010)

A maioria dos dados *rasters* são gerados a partir de imagens de satélites, mapas escaneados e dados de elevação. Conforme BAPTISTA (2010) é a melhor forma para modelo de campo contínuo. BAPTISTA (2010) também cita *raster* como sendo uma estrutura de dados simples, onde é armazenado cada *layer* ou camada no formato de um objeto único.

As diferenças entre os dados geográficos de estrutura vetorial e estrutura matricial são inúmeras como:

- Precisão Geométrica: Os dados de estrutura vetorial possuem uma precisão geométrica maior que os dados de estrutura matricial.
- Tamanho do Arquivo: Os dados de estrutura vetorial necessitam de menor

<sup>2</sup> bitmap, que significa mapa de bits em inglês.

espaço em disco para serem armazenados.

- Processamento: O processamento de dados matriciais é mais simples, os dados matriciais são indicados para o processamento de elementos da superfície contínua.
- Exibição: Os dados de estrutura vetorial são mais rápidos para serem exibidos.

## **2.5 Dinamismo do SIG**

As ferramentas *SIGWeb* conferem grande dinamismo às informações dos locais que utilizam destas, e permitem uma maior visibilidade de suas ações tanto internamente como externamente, conferindo uma fácil visualização das informações, conforme figura 13.

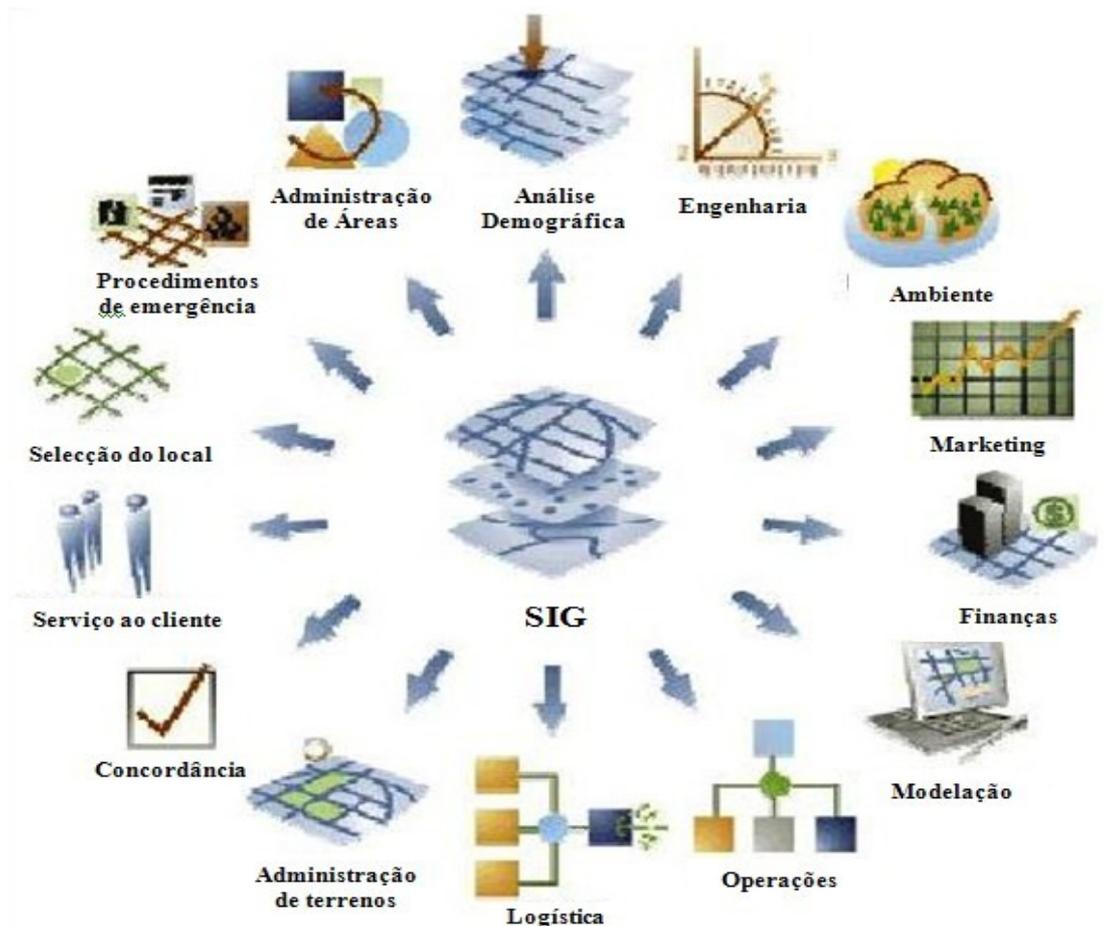


Figura 13 - Dinamismo do SIG em várias áreas.  
<http://enggeografica.fc.ul.pt/images/Msc-sig.jpg>

Na figura acima vimos a total integração do SIG em diversas áreas operacionais e de conhecimento. Essa integração torna-se importante na medida que necessitamos de informação reais com agilidade e eficiência.

Para um SIG, no caso um *SIGWeb*, se tornar eficiente necessitamos de informações instantâneas num curto espaço de tempo. Além do tempo, a forma como os dados serão manipulados e visualizados para o usuário é muito relavante para um ambiente *web*.

FURQUIM (2008), descreve que a *internet* e a *intranet* tem-se revelado como uma excelente ferramenta para se divulgar informações, inclusive as de natureza posicional. Uma das principais vantagens do uso de tecnologias via *internet* é a possibilidade da publicação de informações de maneira dinâmica e atualizada. Com o avanço da Tecnologia de Informação (TI), os recursos dos programas voltados

para este fim, bem como a disseminação da *internet* no cotidiano, possibilitaram a uma aliança técnica com a capacidade de disponibilizar mapas inteligentes em ambientes *intranet* e *internet*.

FURQUIM (2008) analisa ainda que o modelo tradicional para um SIG assume que o sistema consiste de um único pacote de programa e dados, em uma única máquina isolada. Este modelo não mais atende as realidades de muitos sistemas, que normalmente são multi-plataforma e multi-usuário. Os usuários requerem acesso às informações on-line, e não cópias que podem ser antigas. Então, a alternativa mais óbvia é o acesso ao *SIG* através de uma rede de computadores, *internet* ou *intranet*. A partir destes, novos serviços transformam a *internet* e a *intranet* em um ótimo ambiente para disseminação e utilização de um *SIG*.

Algumas aplicações que utilizam o dinamismo da internet com o *SIGWeb* para divulgar dados e informações importantes, conforme FURQUIM (2008):

- Crimes Mapeados, disponível no endereço eletrônico: <http://www.wikicrimes.org>, onde permite o mapeamento de crimes através de cadastro e identificações de zonas perigosas com estatísticas.
- Saúde pública global, disponível no endereço eletrônico: <http://www.healthmap.org>, fornece o estado atual de doenças e seus efeitos em seres humanos e animais em todo o mundo. As informações são atualizadas constantemente pela OMS (Organização Mundial de Saúde).
- Mapas históricos, disponível no endereço eletrônico: <http://rumsey.geogarage.com> onde fornece uma coleção de mais de 150.000 mapas históricos.
- Transporte em tempo real: disponível no endereço eletrônico: <http://live.mattersoft.fi/hsl/>, fornece informação de veículos em tempo real, utilizado na Finlândia.
- Telecentro: disponível no endereço eletrônico: <http://mapa.onid.org.br/>, fornece a disponibilidade de consultar telecentros disponíveis no Brasil separados por estado e cidade.
- Trem em movimento: disponível no endereço eletrônico: <http://www.swisstrains.ch>, fornece informação de linhas de trem em

movimento em tempo real.

Pode-se concluir que o dinamismo do SIG para web abre-se um horizonte de opções, sendo atualizadas constantemente, surgindo ferramentas mais sofisticadas e mais importantes para a construção de aplicativos expansíveis e dinâmicos.

## 2.6 SIG livre com software livre

Em GONÇALVES (2010), descreve que a filosofia do Software Livre encontra-se as suas raízes na livre troca de conhecimentos e de pensamentos que podem tradicionalmente ser encontrados no campo científico. Tal como as ideias, os programas de computador não são tangíveis e podem ser copiados sem perda. A sua distribuição é a base de um processo de evolução que alimenta o desenvolvimento do pensamento.

No início dos anos 80, *Richard M. Stallman* foi a primeira pessoa a formalizar essa ideia de pensar em liberdade, separando em quatro formas:

1. A liberdade de executar o *software*, para qualquer uso;
2. A liberdade de estudar o funcionamento de um programa e de adaptá-lo às suas necessidades;
3. A liberdade de redistribuir cópias.
4. A liberdade de melhorar o programa e de tornar as modificações públicas de modo que a comunidade inteira se beneficie da melhoria.

Ainda, como descreve GONÇALVES (2010), Richard em 1984 para suportar essa ideia de liberdade, criou a Fundação Software Livre (*Free Software Foundation*) e o projeto GNU (*GNU is Not Unix*). A licença do projeto GNU, a Licença Pública Geral GNU (*GNU General Public License, GNU GPL* ou *GPL*), não somente concede as quatro liberdades descritas acima, mas também as protege. Graças a essa proteção, a *GPL* é, hoje em dia, a licença mais utilizada para o Software Livre.

O Software Livre em aplicações de sistemas de informações geográficas tem-se baseado em três premissas importantes conforme GONÇALVES (2010) e CAMARA (2010): Motivos Financeiros ou Econômicos, Motivos Técnicos e Motivos Sociais ou Didáticos.

1. Motivos Financeiros ou Econômicos: Custo de propriedade reduzidos ou

inexistentes como aquisição e licenciamento do *software*.

2. Motivos Técnicos: Possui elevada segurança sem a presença de vírus e código maliciosos. São baseados na premissa de 'muitos olhos', ou seja, muitas pessoas desenvolvendo e testando o mesmo código. Outros fatores importantes como persistência de dados, possibilidade de personalizar o *software* e reduzir barreiras no mercado são pontos importantes para o maior uso de software livre dentro a comunidade técnica.
3. Motivos Sociais ou Didáticos: Os mesmos programas podem ser usados nas escolas ou universidades ou ainda em casa sem custos acrescidos, com a possibilidade de estudar o código, entender o funcionamento e aprendendo a modificá-lo e aprimorá-lo.

## 2.7 Banco de dados espaciais

SOLGATE (2005) descreve que o PostgreSQL é um sistema de gerenciamento de banco de dados objeto- relacional (SGBDOR), foi o pioneiro em muitos conceitos objeto-relacionais que agora estão se tornando disponíveis em outros banco de dados gratuitos e em alguns bancos de dados comerciais.

LUNARDI (2010) descreve os objetivos que um banco de dados espacial deve ter, como armazenamento de dados, automatizar a cartografia e disponibilizar pesquisas e análises para os usuários .

Bancos de dados geográficos trabalham com tipos de dados diferentes em relação aos bancos de dados convencionais, e interessante ressaltar que as estruturas usadas no armazenamento e na indexação de dados espaciais é diferente. São usadas principalmente como *kd-trees*, os *grid-files*, *quad-trees* e *r-tree*. Em especial, o *PostGis* (extensão do PostgreSQL para banco de dados geográficos) usa uma estrutura denominada a GiST (*Generalized Search Tree*), que tem melhor resultado em buscas que as citadas anteriormente. Além do armazenamento de dados geográficos, este módulo também implementa diversas funcionalidades topológicas, possibilitando um desenvolvimento de SIG mais prático, garantindo ainda, interoperabilidade com outros sistemas computacionais. O PostGIS possui à disposição funções para análise espaciais e topológicas que

estendem a funcionalidade do SGBD, através do próprio SQL.

O PostgreSQL é um descendente de código fonte aberto de um projeto chamado de POSTGRES na Universidade de *Berkeley*, na Califórnia. Suporta grande parte do padrão SQL versão 2003, além de serem oferecidas muitas funcionalidades modernas, de acordo com MILANI (2008), como são descritas abaixo:

- comandos complexos ;
- chaves estrangeiras ;
- gatilhos ;
- visões ;
- integridade transacional ;
- controle de simultaneidade multiversão ;
- gerenciamento de segurança robusto e confiável.

Ao contrário da maioria dos softwares livres existentes, o PostgreSQL não utiliza a licença GNU para regularizar a sua utilização, mas sim, a licença *Berkeley Software Distribution* (BSD). Originada do sistema operacional *Free Berkeley Software Distribution* (FreeBSD), obteve reconhecimento e vários outros softwares utilizam atualmente esse mesmo tipo de licença.

Ainda, MILANI (2008) salienta que o PostgreSQL não tem limite de tamanho para seus bancos de dados, sendo a única limitação está a critério de *hardware* e *software* do computador onde o PostgreSQL está funcionando. Em tabela, o PostgreSQL limita-se a no máximo 32 TB de tamanho de dados armazenados, além do mais, é possível ter registros com até 1.6 TB, campos com até 1 GB de dados, tabelas com 1.600 campos ou atributos e índices ilimitados para aceleração de busca de resultados de uma consulta.

PostgreSQL como sendo um SGBD completo, tem total suporte a operações de Atomicidade, Consistência, Isolamento e Durabilidade (ACID), garantindo a qualidade dos serviços disponibilizados pelo banco de dados.

Na comparação com outros banco de dados, como explica MILANI (2008), o PostgreSQL leva vantagem principalmente nos seguintes pontos: flexibilidade de licença de uso, custo zero, possibilidade de integração com aplicações comerciais

entre várias outras.

PostgreSQL como sendo um banco de dados relacional e completo como MILANI (2008) descreve, necessita de uma extensão funcionando em conjunto para poder trabalhar com dados espaciais. Essa extensão é chamada de PostGis, que conforme POSTGIS (2010) é uma extensão ao sistema de banco de dados objeto-relacional PostgreSQL, que permite o uso de objetos SIG e seu armazenamento em banco de dados. PostGIS inclui suporte para índices espaciais *GiST-based*, *R-Tree* e funções para análise e processamento de objetos SIG. Desenvolvido pela *Research Refrations* em 2001 e segue os padrões de interoperabilidade da OGC .

### 2.7.1 Linguagem de consulta de dados espacial

Os bancos de dados geográficos usam tipos de dados que não são suportados pelos bancos convencionais. Logo, as linguagens usadas também não dão suporte a estes dados. Assim, surge a necessidade de criação ou adaptação de linguagens específicas para banco de dados espaciais como o SQL/MM *Spatial*, *SF-SQL* e o *Spatial SQL*.

CASANOVA (2005) descreve que as extensões espaciais devem considerar dois pontos básicos:

- embora seja possível estender SQL com operadores espaciais, a semântica destes operadores deve ser formalmente definida;
- embora seja possível estender SQL para incluir controle de apresentação de geometrias, aconselha-se projetar uma linguagem separada para lidar com esta questão .

Os tipos de consultas espaciais que pode-se aplicar em uma base de dados espacial é dividido, conforme CASANOVA (2005), em 2 tipos mais importantes:

- seleção espacial: dado um conjunto de objetos espaciais  $A$  e um predicado de seleção espacial  $p$  sobre atributos espaciais dos objetos em  $A$ , determine todos os objetos em  $A$  cujas geometrias satisfazem  $p$ .;
- junção espacial: dados dois conjuntos de dados espaciais,  $A$  e  $A'$ , e um predicado de seleção espacial  $\theta$ , determine todos os pares  $(a, a') \in A \times A'$  cujas geometrias satisfazem  $\theta$ .

Os seguintes casos particulares pertencentes a seleção espacial podem ser descritos:

- seleção por ponto: dado um ponto P e um conjunto de objetos espaciais A, determine todos os objetos em A cujas geometrias contêm P.
- seleção por região: dada uma região R e um conjunto de objetos espaciais A, determine todos os objetos em A cujas geometrias estão contidos em R.
- seleção por janela: dado um retângulo R com os lados paralelos aos eixos e um conjunto de objetos espaciais A, determine todos os objetos em A cujas geometrias estão contidos em R.

## 2.8 Servidores de mapas

### 2.8.1 Webmapping

PARMA (2007) descreve *webmapping* como sendo uma técnica para visualização de dados geográficos na *Internet* ou em uma *Intranet* na qual se podem visualizar os dados geográficos através da própria interface *web*: o navegador do sistema operacional.

O *webmapping* é uma alternativa de consulta de informações, que eventualmente pode ser combinada à metodologias como relatórios e gráficos. Assim, lembrando-se que não é um SIG e pode-se conforme PARMA (2007) indicar algumas vantagens e desvantagens.

Como vantagens podemos citar a facilidade de criar aplicações mais fáceis de utilizar; tem independência de plataforma já que só precisa de um navegador; o usuário só precisa de uma estação com acesso a *Internet/intranet*; as informações ficam centralizadas em servidores de mapas; e, apresenta grande interoperabilidade, já que aplicações *web* podem interagir com todo ambiente operativo com acesso *web*.

Como desvantagem pode indicar-se que, dependendo da conexão à *Internet* utilizada e da capacidade computacional do servidor de mapas, o desempenho pode não ser muito ágil; e, as operações de processamento pesado de dados normalmente não são possíveis em ambiente *web*.

## 2.8.2 Servidor de mapas

Os servidores de mapas permitem aos usuários a máxima interação com a informação espacial. O usuário ou cliente acessa a informação no formato original e assim podem realizar consultas de diferentes níveis de complexidades.

PARMA (2007) descreve que os servidores de mapa funcionam enviando, a pedido do cliente, ao navegador ou *browser* algumas páginas *web*, em formato HTML, DHTML (*Dynamic HTML*) ou PHP, com uma cartografia vetorial e/ou matricial associada. O servidor de mapas é de fato um limitado SIG customizável através da *Internet* com o objetivo de se obter um sistema intuitivo ao usuário não especializado.

A arquitetura dos servidores de mapas é do tipo cliente/servidor: o cliente solicita os recursos do servidor. O servidor gerencia todas os pedidos e responde de forma ordenada às mesmas. A rede é a estrutura física através da qual o cliente e servidor se comunicam .

Dentre os servidores de mapas livres, isto é *software* livre, podemos citar os mais usados e de maiores prestações que são o *GeoServer* e o *MapServer*.

PARMA (2007) explica que o *MapServer* é um conjunto de recursos e ferramentas com código aberto para o desenvolvimento de aplicações geográficas em ambiente *Internet/Intranet*. O sistema *MAPSERVER* foi desenvolvido utilizando-se também de outros projetos de softwares livre pela Universidade de Minesota sob patrocínio da NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) a partir de 1996 no âmbito do projeto de pesquisa conhecido como *Fornet*. Sua plataforma de operação compreende os sistemas Unix-Like (Linux, *FreeBSD*, etc), além de ser suportado também em ambiente *Windows*.

KROPLA (2005) descreve o *MapServer* como sendo utilizado para criar mapas de imagens a partir de informação espaciais armazenadas em formato digital. Um ponto importante do *MapServer* conforme o autor, é o suporte à tipos de dados para representação de imagens vetorial (vetor) e matricial(*raster*), podendo suportar 20 diferentes tipos de formatos de dados vetoriais incluindo SHP, PostGis, OpenDap, Arc/Info, entre outros.

O *MapServer* fornece uma interface *Common Gateway Interface* (CGI), com inúmeras funcionalidades para o desenvolvimento de aplicações de *webmapping* básicas, que permitem ao usuário interagir com os dados e o servidor de mapas, intermediando entre o servidor *web* e os dados geoespaciais, conforme é visto na figura 14 abaixo.

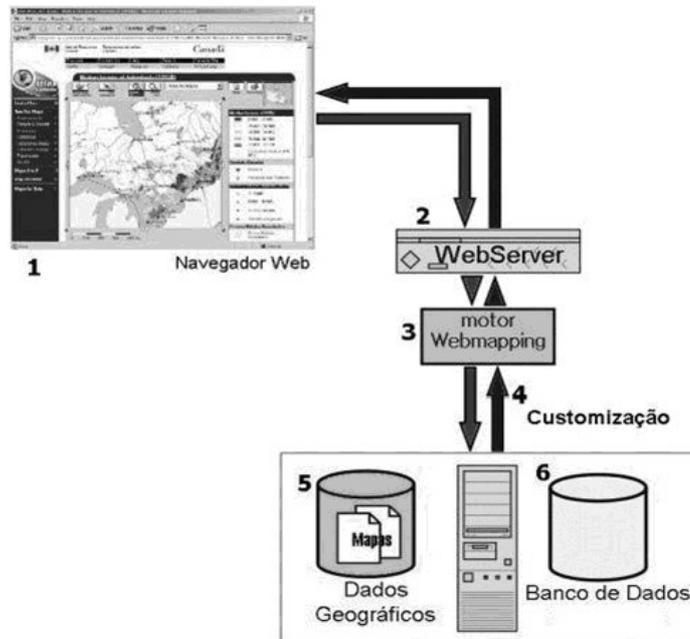


Figura 14 - Esquema de funcionamento do MapServer para Webmapping - PARMA (2007)

Para aumentar o nível de customização, PARMA (2007) salienta que o *MapServer* fornece uma completa API para programação através de linguagens como Python, Perl, PHP, Java e C. Toda documentação pode ser obtida no site oficial do programa ou nas comunidades de usuários disponíveis na Internet.

Outro servidor de mapas bastante importante é o *GeoServer*. É um *software* livre, mantido pelo *Open Planning Project*, que permite o desenvolvimento de soluções de *webmapping*.

QUADRO (2010) descreve o *GeoServer* como sendo um servidor de mapas completamente funcional que segue as especificações de padrões abertos do *Open Geospatial Consortium* (OGC), tais como *Web Map Service* (WMS), *Web Coverage Service* (WCS) e *Web Feature Service* (WFS), e tem como objetivo tornar a

informação geográfica o mais acessível possível para a *Internet/Intranet*.



Figura 15 - Tela inicial do GeoServer - QUADRO (2010)

O *GeoServer* é um sistema multiplataforma, desenvolvido em Java, tendo assim a capacidade de rodar no Windows, Linux, Mac OSX, Solaris, etc. QUADRO (2010) complementa sua descrição de *GeoServer*, citando que o mesmo possui interface administrativa que possibilita, de uma maneira intuitiva e amigável, cadastrar, configurar e realizar visualização prévia dos dados espaciais cadastrados. Na figura 15 acima tem-se a tela inicial do sistema *GeoServer*. Na ferramenta administrativa é possível, em poucos cliques, disponibilizar seus dados espaciais através dos serviços OGC.

## 2.9 SIGWeb

De acordo com CABRAL (2008), a manipulação de mapas em um SIG voltado para a *web* é mais complexa que em um SIG convencional (instalado em máquinas com manipulação local) devido a vários fatores. As soluções de mapas para a *web* são direcionadas para um público diferente, de diversas áreas e com diversos requisitos. A forma de desenvolvimento e a arquitetura de execução do sistema é distinta, uma vez que a *web* envolve geralmente uma arquitetura do tipo cliente-servidor. Ainda, na segurança dos dados, a interação usuário-aplicação, a gerência dos dados, a base de suporte para o sistema funcionar, os equipamentos e outros fatores são abordados de maneira bem diferente.

Os benefícios de negócio que decorrem da distribuição e utilização inteligente de geodados centram-se na redução de custos, em um aumento da produtividade,

em uma utilização mais racional dos ativos, na criação de novas oportunidades para gerar negócio e na melhoria dos níveis de serviço e de satisfação de usuários .

Levar a informação espacial para *web* é uma das tendências alcançadas no contexto da democratização cartográfica, neste sentido, a disponibilização de dados espaciais na *web*, possibilita uma nova realidade através de aplicações SIGWeb, representando uma evolução dos SIGs *desktop* para os SIGs distribuídos na rede mundial de computadores. Na figura 16 abaixo, mostra a forma resumida do funcionamento de uma aplicação *SIGWeb*.

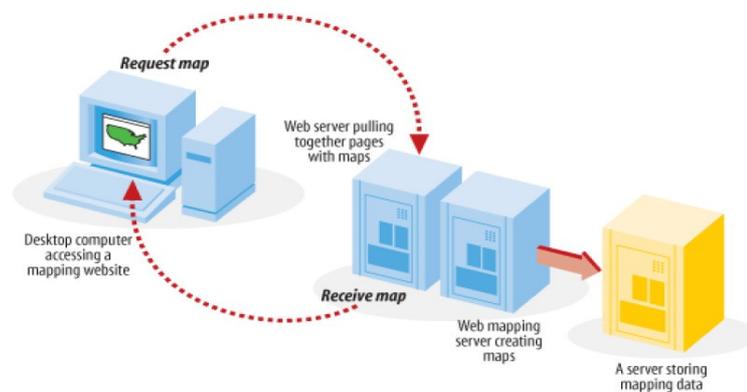


Figura 16 - Forma como as informações espaciais estão disponibilizadas na web - SILVA (2007)

Ainda, de acordo com ZENTENO (2006), um *SIGWeb* é um sistema que provê diferentes serviços SIG de análise e visualização de dados espaciais através da *web*. O desenvolvimento de sistemas deste tipo é complexo e deve considerar requisitos pouco encontrados em aplicações tradicionais como por exemplo, o grande volume de dados gerenciado (convencionais e georreferenciados), a diversidade de usuários no ambiente *web* e processamento concorrente de requisições.

### 2.9.1 Principais diferenças entre sistemas *SIGDesktop* e *SIGWeb*

De acordo com FURQUIM (2007), o padrão tradicional para um SIG se baseia no conceito de que o sistema é formado de um único pacote de *software* mais os dados interrelacionados alocados em uma única máquina, com o uso de *softwares*

específicos para cada tipo de necessidade ou aplicação. Tal modelo tem se mostrado ineficiente para a realidade de muitos projetos SIG de abrangência corporativa, que hoje normalmente são multi-plataforma e multi-usuário. Um grande número de usuários ou possíveis usuários podem estar envolvido no projeto. Tais usuários podem solicitar não apenas mapas inteligentes, mas também uma variedade de documentação multimídia on-line.

A partir do desenvolvimento global dos sistemas de rede, foi natural que essa tecnologia também fosse direcionada para tais ambientes. A questão fundamental recai sobre a forma de disponibilização em grande escala, que aponta para o acesso ao SIG através de uma rede de computadores para *Internet* ou *Intranet*.

FURQUIM (2007) apresenta conforme figura 17 um comparativo entre os sistemas *SIGDesktop* e *SIGWeb* descritos abaixo:

CARACTERÍSTICAS	SIG DESKTOP	SIG WEB
ABRANGÊNCIA	Dirigida ao usuário da estação de operação do SIG	Usuários que possuem acesso à rede
SOFTWARE	Arquitetura voltada ao padrão Desktop	Arquitetura Servidor-Cliente
ATUALIZAÇÃO/ IMPLEMENTAÇÃO DE DADOS	Exclusiva da estação de trabalho	Pode ser implementada remotamente
BANCO DE DADOS	Instalado na estação ou servidor	Utiliza o conceito Servidor-Cliente
VELOCIDADE	Depende da capacidade da máquina em operação	Depende da velocidade da Rede/Servidores
SEGURANÇA	Restrita à permissão de uso da estação	Depende de protocolos mais eficientes de autorização

Figura 17 - Tabela comparativa entre os tipos de sistemas - FURQUIM (2007)

Pode-se constatar a partir da figura 17, o aumento das taxas de transferência de arquivos e a navegação on-line com respostas cada vez mais rápidas e eficientes, é fácil imaginar que os sistemas de SIG voltados para as estações isoladas de trabalho tendem a ficar limitados a casos mais específicos e que não envolvam grupos maiores de usuários. Estes, por sua vez, passarão a utilizar cada vez mais da tecnologia *web* para a implementação de sistemas amplos e de grande abrangência.

## 2.10 Generalização de dados cartográficos em relação a escalas

D'ALGE (2007) destaca que a generalização cartográfica evoluiu de uma fase inicial em que a pesquisa se concentrava no desenvolvimento de algoritmos para uma fase mais recente que tem envolvido tentativas de formalização e representação do conhecimento cartográfica através de modelos conceituais abrangentes e sistemas especialistas.

Já NALINI (2005) descreve que a generalização cartográfica pode ser descrita como abstração e simplificação de feições presentes em um mapa de acordo com a sua importância e contribuição para o uso do mapa . A generalização denota um processo pelo qual a presença do fenômeno ou evento em um determinado espaço é essencialmente reduzido e/ou modificado em relação ao tamanho, forma e número, dentro do espaço do mapa.

A generalização pode ser vista como um processo de interpretação que conduz a uma vista de nível mais elevado de alguns fenômenos - olhando para eles a uma escala menor. Este paradigma é sempre o primeiro a ser usado em qualquer atividade de generalização.

A generalização pode ainda ser vista como uma série de transformações numa representação gráfica, pretendendo melhorar a legibilidade e discernimento dos dados e executando relativamente à interpretação que define o produto final.

A generalização automática pode ser um tópico não muito conhecido do público em geral, mas é uma ponte essencial que liga a fonte de dados originais com o largo espectro de aplicações SIG e utilizadores de informação georreferenciada. Desde décadas que os investigadores no campo da cartografia e SIG estão cientes do fato de que haverá uma manipulação segura, flexível e econômica de uma grande quantidade de dados, quando um conjunto de dados orientado para o utilizador e/ou orientado para a finalidade de um modelo de dados, possa ser criado automaticamente por generalização automática .

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

Neste capítulo de Materiais e Métodos está estruturado em uma abordagem descrevendo os materiais e ferramentas utilizadas no desenvolvimento do Geom@p@s, constituindo-se pelo formato do banco de dados, operações e ferramentas que foram necessárias para a concepção do aplicativo.

#### **3.1 Banco de dados espaciais**

Utilizando a consulta espacial, podemos citar um exemplo de seleção espacial sobre um dado específico.

Exemplo: Selecione a cidade de Arroio do Meio e o local Urbano. A Figura 18 ilustra o resultado desta consulta, onde a região urbana aparece no mapa dividida em setores conforme seleção dos dados espaciais armazenados na tabela específica.



Figura 18 - Exemplo de consulta espacial, Local: Arroio do Meio, 2010. Fonte: Sistema Geom@p@s

Exemplos de junção espacial poderiam ser conforme descreve CASANTA (2005):

- Para cada estrada da Amazônia, selecione as reservas indígenas a menos de 5 km de uma estrada.;
- Para as cidades do sertão cearense, selecione quais estão a menos de 10 km de algum açude com capacidade de mais de 50.000 m<sup>3</sup> de água .

### 3.1.1 Linguagem de manipulação de dados

As operações de manipulação de dados são identificadas por *INSERT*, *DELETE*, *UPDATE* e *SELECT* e num banco de dados geográficos são feitas de forma semelhante à um banco de dados comum.

### 3.1.2 Linguagem de definição de dados (DDL)

Em relação do SBGD, é interessante ressaltar que alguns novos tipos de dados são incluídos para tratar com os componentes espaciais:

- POINT: define um ponto, fornecendo suas coordenadas;
- POINTM: define um ponto (x, y, z) sendo z uma variável de semântica livre. z

pode ser usada por exemplo para a questão temporal;

- LINESTRING: define uma linha a partir de uma coleção de pontos pertencentes a mesma dimensão;
- MULTILINESTRING: define uma coleção de linhas, isto é, uma coleção de LINESTRING;
- POLYGON: define um polígono, com o perímetro exterior, ou *shell*, formado por uma LINESTRING fechada, e opcionalmente outras LINESTRINGS fechadas dentro do *shell*, conhecidas como *holes*;
- MULTIPOINT: coleção de pontos da mesma dimensão;
- MULTIPOLYGON: coleção de polígonos;

Também pertence a linguagem DDL as tabelas de metadados, que são as tabelas usadas pelo PostGIS para armazenar informações sobre objetos espaciais.

São elas:

- SPATIAL\_REF\_SYS: armazena referências sobre todos os atributos espaciais do banco de dados;
- GEOMETRY\_COLUMNS: armazena metadados, descrevendo as colunas geométricas das tabelas do banco de dados;

Essas duas tabelas citadas acima são tabelas padrão do PostGis para reconhecer os campos espaciais nas tabelas do banco de dados PostgreSQL.

### 3.1.3 Comparação entre o modelo Geográfico Objeto-Relacional e o modelo Relacional

Baseando-se em arquiteturas de um banco de dados geográfico, observamos que a adoção de um modelo Objeto-Relacional traz vantagens em relação ao uso do modelo Relacional.

No modelo Objeto-Relacional, pode-se definir tipos de dados espaciais em seu modelo de dados e mecanismos que melhorem a performance do banco de dados geográficos.

Nos dois modelos, trabalha-se com dados espaciais como BLOBs, mas, no modelo Objeto-Relacional, pode-se trabalhar com BLOB de forma mais semântica, o

que traz a facilidade de gerência de transações e controle de integridade. Já o modelo Relacional trata BLOB como uma cadeia de bits, não permitindo, assim, conhecer a semântica dos dados espaciais.

Na questão de indexação e acesso, o modelo Objeto-Relacional também traz vantagens ao adaptar funções internas do SGBD e ao inserir métodos de otimização de consultas baseados nos métodos de indexação. O modelo Relacional não possibilita o tratamento de BLOB de forma semântica, o que faz com que toda essa responsabilidade de indexação e acesso fique a cargo do SIG.

## **3.2 Malha digital**

### **3.2.1 Histórico**

Segundo IBGE (2008), a Malha Municipal Digital do Brasil é um produto cartográfico elaborado e distribuído pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) com base no Arquivo Gráfico Municipal (AGM) que é composto pelas folhas topográficas contendo a melhor escala possível das regiões municipais do país.

A versão da Malha Municipal Digital empregada refere-se ao ano base 2007, que retrata a situação vigente da divisão político-administrativa, através de uso e representação vetorial das linhas divisórias e contemplando, conforme IBGE (2008), o planejamento e levantamento referente ao Censo 2007, que abrangeu o Censo Agropecuário 2006, Contagem da População 2007 e Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos (CNEFE).

A base cartográfica utilizada na Malha Municipal Digital utiliza como referência geodésica o Sistema de Projeção Policônica e Geográfica com latitude em 0° no equador e longitude com origem em 54° W. Ainda, segundo IBGE (2008), utiliza como elipsoide o UGGI 67 e como Datum o SAD69 e SIRGAS 2000.

A escala disponibilizada na Malha Municipal Digital, conforme IBGE (2008), são compatíveis com a escala de 1:2.500.000 e geradas a partir de um arquivo fonte

com escala original de 1:250.000.

A estrutura de arquivos relacionada na Malha Municipal Digital versão 2007 está organizada em diretórios e subdiretórios conforme visualizado na figura 19 abaixo:

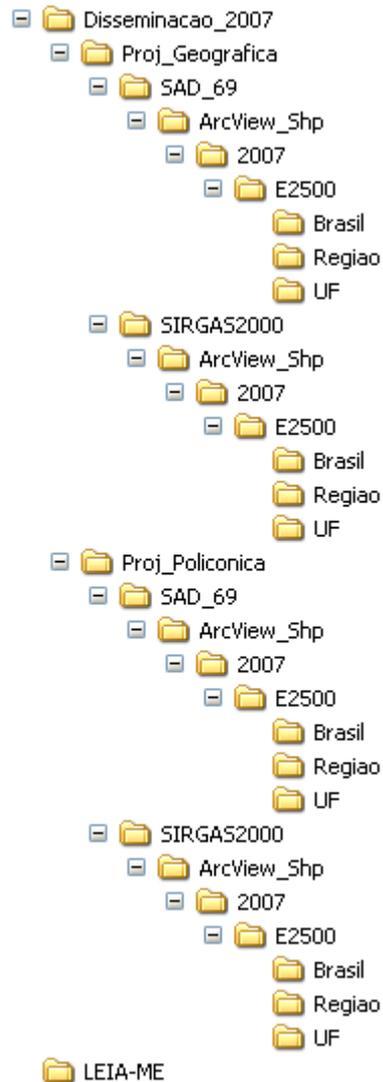


Figura 19 - Estrutura de Arquivos da Malha Municipal Digital conforme IBGE (2008)

### 3.3 Inter-relacionamento entre as ferramentas

Na figura 20 observa-se o relacionamento entre os componentes, sendo um

fator essencial para o funcionamento do sistema.

A integração do banco de dados *Postgresql* com a extensão espacial *PostGIS* acontece de forma transparente para o usuário, mas complexa internamente. O *PostGIS* fornece a ligação do banco de dados com os tipos de dados espaciais, disponíveis em uma tabela interna chamada de *geometry columns*. A tabela *geometry columns* serve como tabela de metadado para as colunas geométricas das tabelas criadas.

O PHP é a linguagem de programação livre responsável pela conexão do banco de dados *Postgresql* com a API *Google Maps*, bem como a interação com o suporte ao tipo de arquivo XML, sendo o conteúdo e o resultado dessa conexão visualizado diretamente em algum navegador disponível. A versão utilizada do php foi a 5.2.6-1+lenny8 compilada com o servidor *web Apache* versão 2.2.9.

A API *Google Maps* interage com o PHP obtendo respostas da conexão usando retorno de dados em um formato aberto também do tipo XML.

O resultado dessa integração em banco de dados, linguagem de programação PHP com a API *Google Maps* resultou no desenvolvimento do aplicação SIGWeb denominado *Geom@p@s*.

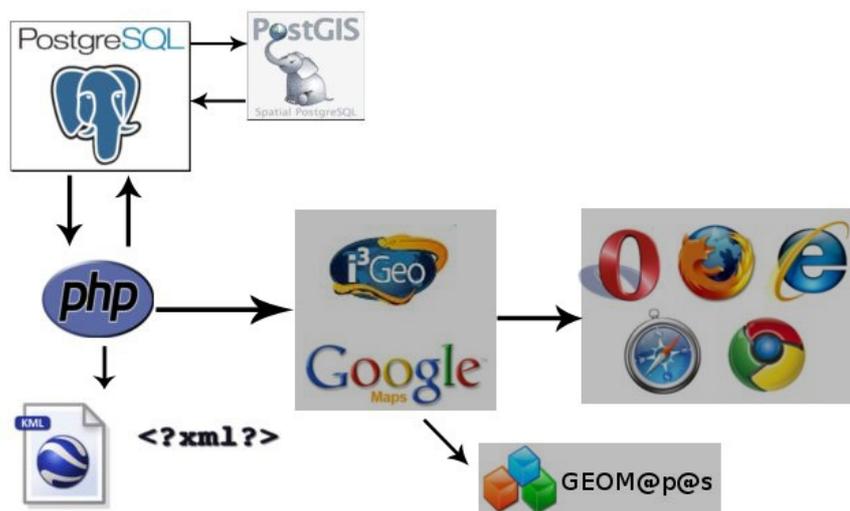
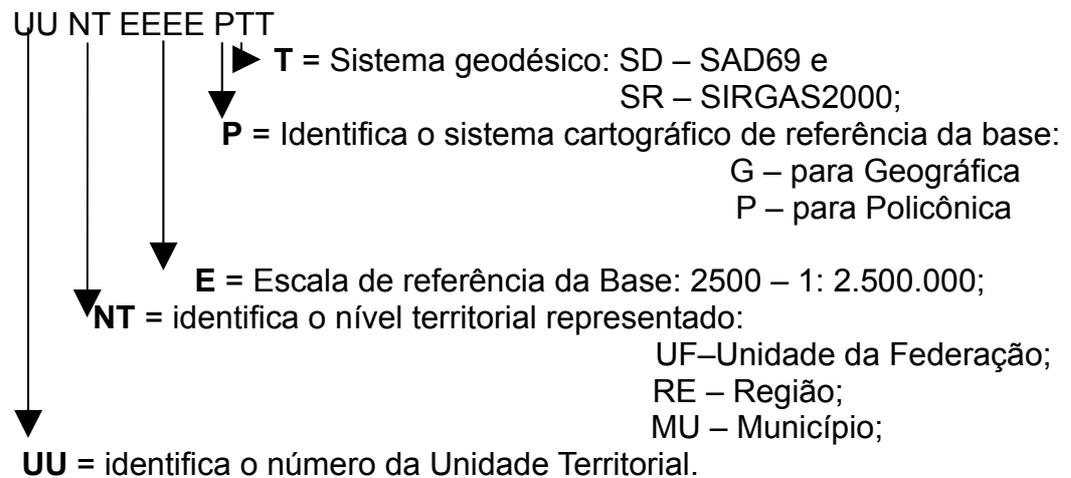


Figura 20 - Inter-relacionamento entre os componentes do sistema.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Malha Digital

O formato dos nomes dos arquivos que compõe os diretórios e subdiretórios segue uma lei de formação seguindo a escala 1: 2.500.000 e nos três grupos da Unidade Territorial (Brasil, Região e UF):



#### 4.1.1 Formato do banco de dados

O formato do banco de dados que compõe a Malha Municipal Digital fornecida pelo IBGE, é compatível com o aplicativo *ArcView*, utilizando o tipo *shape/dbf*.

O arquivo do tipo *shape/dbf* para municípios tem os seguintes campos descritos abaixo:

- geocodigo: também definido por geocodig\_m, contém o geocódigo da unidade territorial utilizado pelo IBGE para referenciar as informações estatísticas;
- nome: contém o nome da Unidade da Federação;
- uf: descreve a sigla da Unidade da Federação correspondente;
- sigla: contém a sigla da Unidade da Federação;
- regioao: contém o nome da região brasileira correspondente ao município;
- mesorregiao: contém o nome da mesorregiao correspondente;
- microrregiao: descreve o nome da microrregião correspondente;
- Latitude: contém os valores da latitude do município. No caso da unidade territorial – município este valor referência a latitude da sede da unidade, isto é a cidade, expressa em grau sexagesimal e decimais de grau;
- Longitude: indica os valores da longitude. No caso da unidade territorial – município este valor referência a longitude da sede da unidade, isto é a cidade, expressa em grau sexagesimal e decimais de grau.

ESRI (1998) descreve que um arquivo do tipo *shapefile* (SHP) armazena a geometria e atributos para o espaço dos recursos de um conjunto de dados. A geometria é armazenada como uma forma que compreende um conjunto de vetor de coordenadas.

Como os arquivos SHP não têm a sobrecarga de processamento de uma estrutura de dados topológica, ele tem vantagem sobre outras fontes de dados como velocidade mais rápida de desenho e habilidades para edição. *Shapefiles* possuem características individuais que se sobrepõem como requerer menos espaço em disco e facilidade de leitura e escrita.

Algumas características técnicas fornecidas por ESRI (1998) que compõe o arquivo SHP:

- Um SHP consiste em um arquivo principal (SHP), um arquivo de índice (SHX) e um arquivo de tabela do tipo *dBase* (DBF).

- O arquivo principal SHP, o índice SHX e o arquivo dBASE tem o mesmo prefixo. O prefixo deve-se iniciar com um caracterer alfanumérico (a–Z, 0–9), seguido por zero ou até sete caracteres (a–Z, 0–9, \_, -).
- Um arquivo SHP armazena números inteiros (4 bytes) e de precisão dupla (8 bytes).

#### 4.1.2 Exportação de *SHP* para *PostgreSql*

A malha municipal digital fornecida pelo IBGE está no formato SHP, não sendo possível realizar sua importação diretamente para o banco de dados a ser utilizado. Necessita-se de uma conversão anteriormente usando a função *shp2pgsql*. Essa função converte arquivos SHP dentro do SQL de maneira correta para inserção em um banco de dados PostgreSQL com extensão espacial PostGis. O carregador tem vários modos operacionais distinguidos em linha de comando por parâmetro. Um exemplo de comando pode ser visto na linha abaixo. Esse comando é executada no prompt de comando ou shell do linux:

```
shp2pgsql -i -s 4326 4300406.shp municipio_urbano_teste >
municipio_urbano_teste.sql
```

O parâmetro *-i* conserva os identificadores de caso (coluna e atributos). Note que os atributos em SHP são todos uppercase (maiúsculos), sendo exportados nesse formato. Já o parâmetro *-s* cria e insere tabelas de geometria com o *Spatial Reference System Identifier* (SRID) especificado. O SRID 4326 tem sua referência na tabela do PostgreSQL chamada de *spatial\_ref\_sys* cuja função é carregar os identificadores numéricos e descrições textuais de sistemas de coordenada usadas no banco de dados espacial. Seguindo a descrição do comando *shp2pgsql*, o outro parâmetro *4300406.shp* é o nome do arquivo SHP na qual estão armazenados os dados do município em questão, sendo seguido pela sentença *municipio\_urbano\_teste* que refere-se ao nome da tabela a qual será atribuído no arquivo *municipio\_urbano\_teste.sql* criado.

## 4.2 Geom@p@s

O sistema Geom@p@s resultou da interconexão de diversas ferramentas e

dados, sendo utilizado na totalidade ferramentas de software livre com código aberto. Os dados, da mesma forma, são dados disponibilizados gratuitamente pelo IBGE.

#### 4.2.1 Fluxograma de funcionamento do Geom@p@s

O fluxograma de funcionamento do Geom@p@s é descrito na figura abaixo:

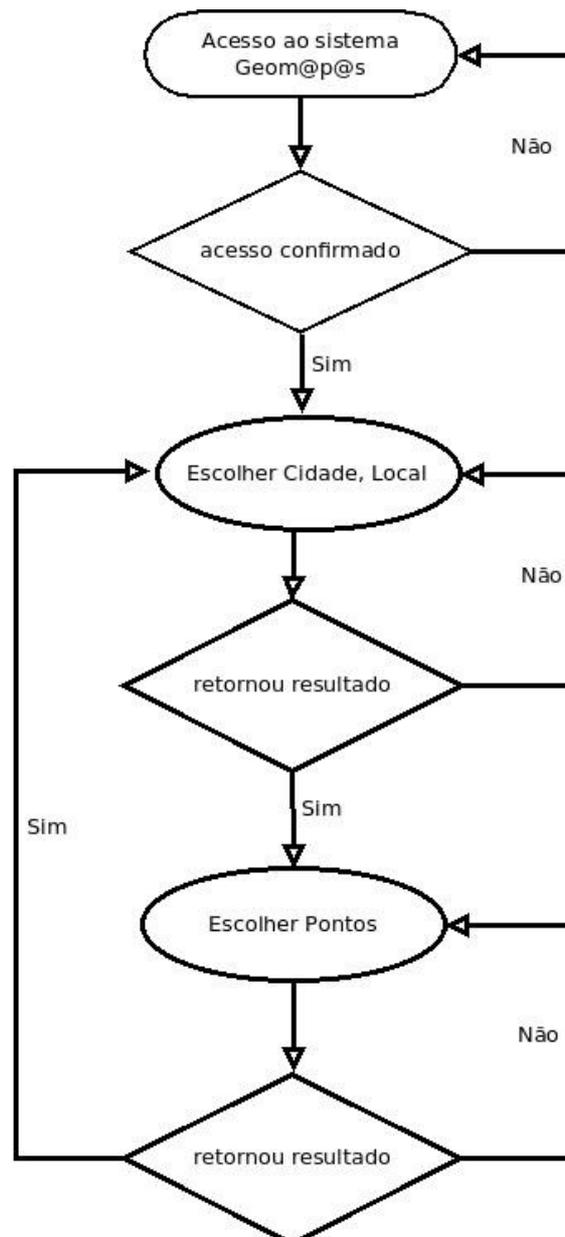


Figura 21: Fluxograma de funcionamento do Geom@p@s

#### 4.2.2 Modelagem do banco de dados

De acordo com SILBERSCHATZ (2006) e FILHO (2006) a abordagem clássica de projeto de banco de dados consiste em dividir o processo em três etapas: projeto conceitual, projeto lógico e projeto físico. Na fase do projeto conceitual é elaborado o esquema conceitual do banco de dados, com base em modelos de dados que fornecem construtores de abstração de alto nível para descrever os requisitos de dados da aplicação. Para facilitar a comunicação entre usuários e projetistas são utilizadas linguagens bastante simples, como o modelo Entidade Relacionamento (ER). No projeto conceitual não são considerados aspectos sobre o sistema de computação (*software/hardware*) utilizado.

FILHO (2006) descreve ainda que a modelagem conceitual é sempre feita com base em algum formalismo conceitual, independentemente do nível de abstração empregado. O resultado do processo de modelagem, denominado esquema conceitual, é apresentado através de uma linguagem formal de descrição que possui uma sintaxe e uma notação gráfica. Para cada formalismo conceitual, existem diversas linguagens de descrição de esquema que são compatíveis com o formalismo.

Na figura 22 logo abaixo, é visualizado a modelagem do banco de dados pronta para ser exportada, com as tabelas e seus respectivos atributos ou campos, bem como criada as chaves primárias e estrangeiras, esta última identificada pelas ligações entre as relações.

O relacionamento entre as tabelas `municipios`, `municipio_rural` e `municipio_urbano` acontece utilizando a cardinalidade um-para-um. O relacionamento um-para-um é usado quando uma entidade A se relaciona com uma entidade B e vice-versa. A cardinalidade é um conceito importante para ajudar a definir o relacionamento, ela define o número de ocorrências em um relacionamento. Para determinar a cardinalidade, deve-se fazer a pergunta relativa ao relacionamento em ambas as direções. Já, outro relacionamento visto na figura 22 entre as tabelas `projetos` e `pontos` tem-se a cardinalidade um-para-muitos. O relacionamento um-para-muitos é usado quando uma entidade A pode se relacionar com uma ou mais entidades B. Neste caso, um projeto pode está relacionado com

vários pontos. mas um ponto deve possuir um único projeto relacionado.

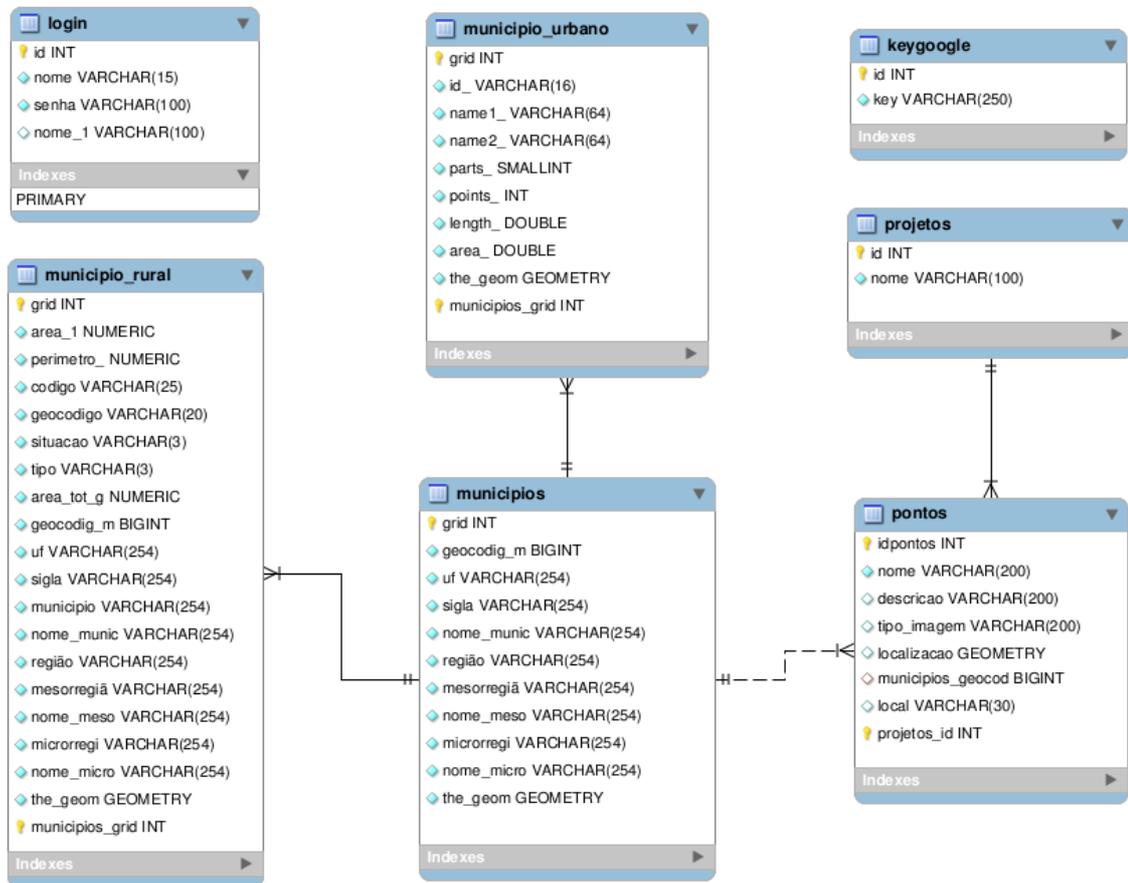


Figura 22 - Esquema conceitual gerado a partir do software específico

As tabelas criadas a partir do esquema conceitual são *login*, *municipio\_rural*, *municipio\_urbano*, *municipios*, *keygoogle*, *projetos* e *pontos*. Cada tabela possui para identificação um campo ID sendo definido com o tipo chave primária. A chave primária, conforme descreve SILBERSCHATZ (2006), denota uma chave candidata escolhida como o principal meio de identificar tuplas ou registros dentro de uma relação ou tabela.

As tabelas *login* e *keygoogle* não fazem ligação com nenhuma tabela, pois são tabelas chaves para o funcionamento do sistema. Por outro lado, a tabela *municipios* faz ligação via chave estrangeira direto com a tabela *municipio\_rural* e *municipio\_urbano*. O termo chave estrangeira, de acordo com SILBERSCHATZ (2006), é chamado quando há o relacionamento entre duas tabelas, ou seja, sempre há chave estrangeira quando houver relacionamento entre tabelas, por exemplo, uma

tabela que tem uma chave primária de outra tabela.

#### 4.2.3 API Google Maps

GLÓRIA (2007) descreve, que para diversos fins pode-se, portanto, utilizar os mapas e mesmo construí-los de acordo com as necessidades específicas. A imediata construção de mapas pertinentes se torna trivial à medida que se conhecem ferramentas como a API que o *Google Map* disponibiliza em seu sítio. Dentro desse contexto, GLORIA (2007) conceitua API como sendo um conjunto de rotinas e padrões estabelecidos por um software para utilização de suas funcionalidades por programas aplicativos. As funções acessáveis dentro da API permitem que se utilize características menos evidentes. A API está presente até mesmo nos sistemas operacionais, como no caso do Linux, onde permite ao programador criar janelas, acessar arquivos, criptografar dados, entre outros.

Para utilizar a API do *Google Maps*, deve-se realizar um cadastro no site da Google, a qual será fornecido uma *key* (chave) de acesso ao sistema on-line.

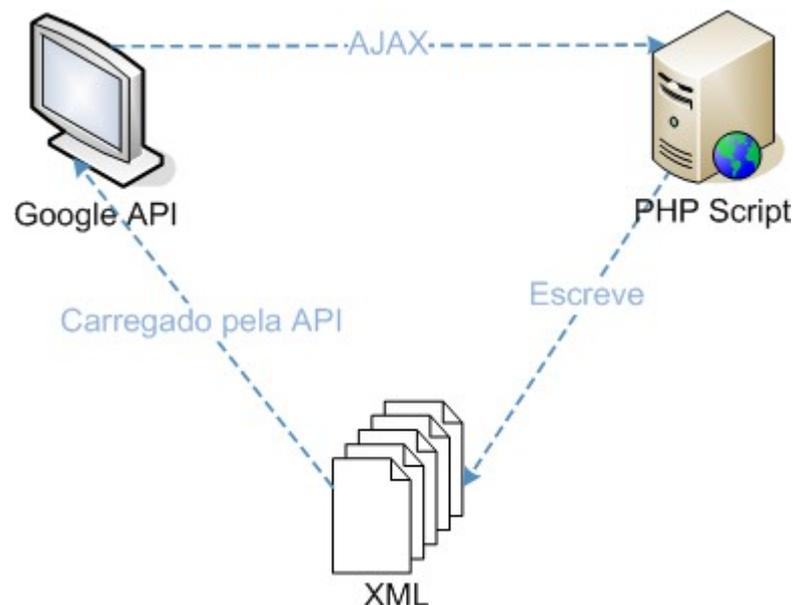


Figura 23 - Funcionamento da API - DOHMS (2006)

A primeira parte do funcionamento, conforme o diagrama anterior, trata-se do arquivo php onde colocamos o código da API *Google Maps*, que é todo escrito em

javascript. Este arquivo php se resume as seguintes funções:

- Inicializar o Mapa

Neste ponto devemos inicializar o código do mapa, ajustando os controles que desejamos ter, além de setar a posição inicial do mapa e seu zoom.

- Ler dados do XML

Deve-se criar uma função que fará a leitura do arquivo XML e criará uma instância de cada item como um marker no mapa.

- Setar *handler* do *Click*

Deve-se nesse ponto dizer ao mapa que ao clicar sobre ele deve ser fornecida uma caixa de dialogo cujos dados serão usados para criar o marker.

Ainda, de acordo com GLÓRIA (2007) e DOHMS (2006) a estratégia de uso combina-se com as diversas funcionalidades apresentadas e disponibilizadas pelo GoogleMaps, sendo possível construir um mapa com informações selecionadas e funções escolhidas para melhor navegação .

#### 4.2.4 Módulos do sistema Geom@p@s

O sistema Geom@p@s é dividido em diversos módulos. Cada módulo possui funcionalidade específicas. Os módulos são Login, Novo usuário e alterar dados, Projeto, Importação de arquivo, Configurar e Logoff.

- ◆ Login:

O módulo de login é utilizado para acesso aos links da área de administração do sistema Geom@p@s. Neste módulo, o campos disponibilizados para o usuário são login e senha conforme pode ser visto na figura 24. O campo login recebe no máximo 10 caracteres alfanuméricos e o campo senha da mesma forma, recebe no máximo 10 caracteres alfanuméricos.

Figura 24: Área do sistema Geom@p@s utilizado pelo usuário para acesso aos links de administração

Após efetuar acesso ao sistema, ou seja, após digitar o login e senha cadastrados e corretamente, o sistema Geom@p@s armazenada tanto o login como a senha em sessão e libera o acesso aos links da área de administração conforme pode ser observado na figura 25 abaixo. Os links da área de administração são Projetos, Adicionar Pontos, Criar Consulta, Configurar e Logoff.

A sessão mencionada acima, é controlada diretamente pelo *browser* ou navegador do computador do usuário a qual está acessando o sistema, cuja função é evitar a digitação do login e senha toda vez que for acessar algum link da área de administração.



Figura 25: Área em que o usuário tem acesso após login e senha válidos

O algoritmo utilizado na validação de usuário e senha para acesso a área de administração é descrito abaixo em formato pseudocódigo:

```

inicio
inicia_sessao;
conectar_banco_dados();
usuario = senha = 0;
ler usuario;
ler senha;
se (usuario == '') e (senha == '') {
    aviso ("Os Campos usuário e senha devem ser preenchidos.");
}senao{

```

```

    sql = consulta_bd ("select * from login where usuario = 'usuario' and senha =
'senha");
    se (numero_de_linhas(sql) > 0) {
        criar_sessao['usuario'] = usuario;
        criar_sessao['senha'] = senha;
    }senao{
        aviso ("usuário ou senha incorreta. Favor verificar");
    }
}
fim

```

◆ Novo usuário e alterar dados:

O acesso aos links da área de administração só é possível através de um login e senha cadastrado previamente. Esse cadastro é feito pelo link Novo Usuário como pode ser visto a figura 24 descrita anteriormente. Esse link dará acesso à interface da figura 26. Além do campo login e senha, o sistema fornece o campo nome como campo não obrigatório de preenchimento para o cadastro.

Figura 26: Tela de cadastro para novo usuário no sistema Geom@p@s

A alteração dos dados do usuário pode ser feita após ter acesso aos links da área de administração do sistema na opção alterar dados. A interface é a mesma citada na figura 26.

O algoritmo utilizado para cadastrar novo usuário no sistema Geom@p@s é descrito abaixo:

```

inicio
inicia_sessao;
conectar_banco_dados();
se validar_sessao (usuario) {

```

```

nome = usuario = senha = 0;
ler usuario;
ler senha;
ler nome;
sql = consulta_bd ("insert into login(nome,usuario,senha) values
('nome','usuario','senha')");
se (sql > 0) {
    aviso ("Usuário cadastrado com sucesso.");
}
}
fim

```

◆ Projeto:

A opção para gerenciamento de projetos fica disponível no link Projetos na área de administração do site, conforme a figura abaixo:

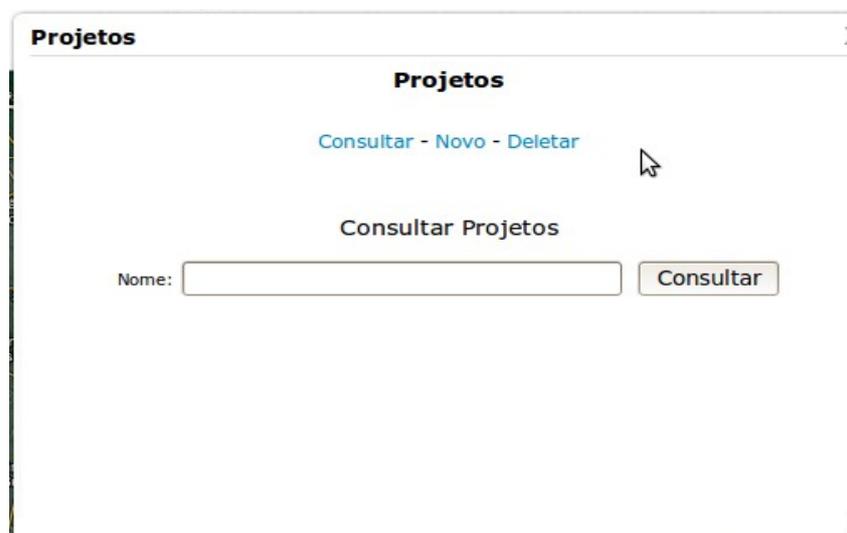


Figura 27: Interface para gerenciamento de projetos no sistema Geom@p@s

O gerenciamento de projetos é realizado através dos links Consultar, Novo e Deletar como é visto na figura 27 acima.

O algoritmo para cadastrar novo projeto e deletar encontra-se descrito abaixo em formato pseudocódigo:

```
// cadastrar novo projeto
```

```

inicio
inicia_sessao;
conectar_banco_dados();
se validar_sessao (usuario) {
    nome = 0;
    ler nome;
    sql = consulta_bd ("insert into projeto(nome) values ('nome')");
    se (sql > 0) {
        aviso ("Projeto cadastrado com sucesso.");
    }
}
fim

```

```

//deletar um projeto cadastrado
inicio
inicia_sessao;
conectar_banco_dados();
se validar_sessao (usuario) {
    idProjeto = 0;
    ler idProjeto;
    sql = consulta_bd ("delete from projeto where id = 'idProjeto'");
    se (sql > 0) {
        aviso ("Projeto excluído com sucesso.");
    }
}
fim

```

◆ Importação de arquivo:

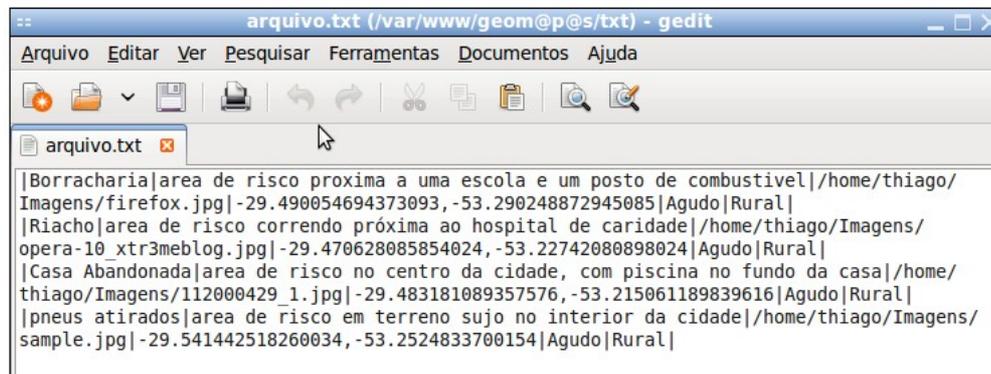
O sistema Geom@p@s possui uma ferramenta para importação de arquivos de dados com suporte aos tipos txt e xml.

Um arquivo txt é um formato de arquivo contendo dados de texto simples. São comumente utilizados para armazenamento de informações. Eles evitam alguns dos problemas encontrados com outros formatos de ficheiro ou arquivo, tais como extremidade, *padding bytes*, ou diferenças no número de *bytes* em uma máquina *word*. Contêm muita pouca formatação e o conjunto de caracteres *ASCII* é o formato mais comum do idioma inglês para arquivos de texto, e é geralmente o formato de arquivo padrão em muitas situações.

Junto com os dados no arquivo txt, usa-se um delimitador de texto, que é um caracter que será inserido nas bordas dos dados para facilitar algum tipo de

manipulação desse dado por alguma ferramenta específica.

Na Figura abaixo, tem-se um exemplo de arquivo txt contendo dados utilizando o delimitador '|'.



```

arquivo.txt (/var/www/geom@p@s/txt) - gedit
Arquivo  Editar  Ver  Pesquisar  Ferramentas  Documentos  Ajuda
|Borracharia|area de risco proxima a uma escola e um posto de combustivel|/home/thiago/
Imagens/firefox.jpg|-29.490054694373093,-53.290248872945085|Agudo|Rural|
|Riacho|area de risco correndo próxima ao hospital de caridade|/home/thiago/Imagens/
opera-10_xtr3meblog.jpg|-29.470628085854024,-53.22742080898024|Agudo|Rural|
|Casa Abandonada|area de risco no centro da cidade, com piscina no fundo da casa|/home/
thiago/Imagens/112000429_1.jpg|-29.483181089357576,-53.215061189839616|Agudo|Rural|
|pneus atirados|area de risco em terreno sujo no interior da cidade|/home/thiago/Imagens/
sample.jpg|-29.541442518260034,-53.2524833700154|Agudo|Rural|
  
```

Figura 28 - Exemplo de arquivo txt com delimitador '|'

A sequência de variáveis definidas no arquivo txt deve ser a seguinte: nome, descrição, caminho completo da imagen, latitude e longitude, município, local Rural ou Urbano. O caminho da imagem deve existir na máquina do usuário, caso contrário será retornado um erro pelo sistema. Os campos descrição e imagem são opcionais quando ao seu preenchimento. O delimitador '|' deve ser usado para separar cada uma das variáveis no arquivo txt, incluindo variável com conteúdo em branco como descrição ou imagem.

Outro tipo de arquivo suportado pelo sistema Geom@p@s é o XML. Conforme DEITEL (2003), XML é uma nova tecnologia utilizada para criar linguagens de marcações descrevendo dados de qualquer tipo na forma estruturada. XML permite que os autores dos documentos descrevam dados de forma precisa com a criação de novas marcas. Pode ser usada para criar linguagem de marcação para a descrição de dados de qualquer campo.

Seguindo a mesma linha, DUARTE (2010) explica que o XML é uma linguagem de marcação de dados (*meta-markup language*) que provê um formato para descrever dados estruturados. Permite definir um número infinito de *tags*.

DEITEL (2003) e DUARTE (2010) descrevem algumas características importantes sobre os arquivos XML:

- O XML provê uma representação estruturada dos dados, o qual é otimizado

para distribuição através da *web*, e é definido pela W3C, assegurando que os dados estruturados serão uniformes e independentes de aplicações e fornecedores;

- Uma vez tendo sido recebido o dado pelo cliente, tal dado pode ser manipulado, editado e visualizado sem a necessidade de reacionar o servidor. Dessa forma, os servidores tem menor sobrecarga, reduzindo a necessidade de computação e reduzindo também a requisição de banda passante para as comunicações entre cliente e servidor;
- Capacidade de interoperação entre computadores por ter um padrão flexível, aberto e independente de dispositivo. As aplicações podem ser construídas e atualizadas mais rapidamente e também permitem múltiplas formas de visualização dos dados estruturados;
- Por fim, a característica mais importante do XML se resume em separar a interface com o usuário (apresentação) dos dados estruturados. O HTML especifica como o documento deve ser apresentado na tela. Já o XML define o conteúdo do documento. Como exemplo, em HTML são utilizadas *tags* para definir tamanho, alinhamento e cor de fonte, assim como formatação de parágrafo. No XML você utiliza as *tags* para descrever os dados, como exemplo *tags* de nome, descricao, imagem, local, cidade, etc. o XML possui ainda recursos dinâmicos para estilos de apresentação, usando recursos tais como folhas de estilo definidas com *Extensible Style Language (XSL)* e CSS para a visualização de dados em um navegador.

Os documentos XML são armazenados em arquivos de texto que terminam com a extensão *.xml*. Qualquer editor de texto pode ser usado para criar um arquivo XML. DEITEI (2003) argumenta que muitos pacotes de softwares já permitem que os dados sejam armazenados como um documento do tipo XML.

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<arquivo>
  <ponto>
    <nome>Borracharia</nome>
    <descricao>area de risco proxima a uma escola e um posto de
combustivel</descricao>
    <coordenada>-29.490054694373093, -53.290248872945085</coordenada>
    <local>Rural</local>
    <cidade>Agudo</cidade>
    <imagem>/home/thiago/Imagens/firefox.jpg</imagem>
  </ponto>
</arquivo>

```

Figura 29 - Documento XML no formato usado pelo sistema GeoM@p@s

O documento da Figura 29 começa com uma declaração XML. Essa declaração especifica a *version* (versão) do XML à qual o documento obedece, neste caso, a versão 1.0. A versão 1.0 está em uso desde o ano 2008 e é recomendado pela W3C. Ainda na mesma linha, usa-se mais um atributo não obrigatório (*encoding*) cuja função refere-se a codificação de caracteres empregada no documento. Segundo DEITEL (2003), o tipo empregado na figura 29 (*UTF-8*) é o formato usado para representar qualquer caracter universal no padrão Unicode, sendo também compatível com a tabela *ASCII*. Por esta razão, é a codificação padrão para e-mails, páginas da *internet* e outros locais onde os caracteres são armazenados.

Todos os documentos XML devem conter exatamente o elemento raiz (*<arquivo></arquivo>*). O elemento raiz contém outros elementos no documento XML. As linhas que precedem o elemento raiz representam o prólogo do documento XML. O elemento *ponto* é chamado *elemento filho* do elemento *arquivo*, porque ele está aninhado dentro do elemento *arquivo*, formando uma estrutura organizada. É livre a criação de elementos dentro de outro elemento. Na figura 29, temos o elemento *ponto* com vários elementos filhos (*nome*, *descricao*, *coordenada*, *local*, *cidade* e *imagem*), onde cada um desses elementos armazenam seus conteúdos e que estão aninhados dentre as tags de abertura e fechamento.

As tags ou elementos filhos do elemento *ponto* devem armazenar os seguinte dados:

- nome: recebe o nome do ponto. Não pode ser vazio. Tamanho de caracteres é variável.
- descricao: recebe a descrição do ponto. Pode ser nulo.
- coordenada: deve armazenar a coordenada na latitude e longitude no formato geográfico, separado por vírgula. O *ponto* deve ser usado para separar a casa decimal tanto da latitude como da longitude. Não pode ser vazio.
- local: armazena o local do ponto. Dois tipos: Rural ou Urbano. Não pode ser vazio.
- cidade: recebe como valor o nome da cidade relacionada com o ponto. Não pode ser vazio.
- imagem: contém o caminho completo da imagem armazenada na máquina onde está o arquivo XML. O caminho ou endereço da imagem deve ser completo e preciso, caso não existe, resultará em um erro. O tipo de imagem aceito pelo sistema é *Joint Photographic Experts Group* (JPG ou JPEG). Esse formato de imagem é o método mais utilizado na leitura e criação de imagens.

Na figura 30 abaixo, interface Adicionar Ponto(s), é utilizada para importar os arquivos no sistema Geom@p@s. Deve-se preencher todos os campos para dar segmento na importação, inclusive o código de verificação, utilizado para melhor segurança na inserção dos dados no sistema.

Figura 30: Interface utilizada para adicionar dados no sistema Geom@p@s

O algoritmo para leitura dos tipos de arquivos é descrito abaixo em pseudocódigo:

```

inicio
arquivo = tipoArquivo = arquivoNameTemp = 0;
ler arquivo;
tipoArquivo = type['arquivo'];

se ( (arquivo != 'txt') e (arquivo != 'xml') ) {
    aviso ("Arquivo selecionado não compatível");
}senão{
    se (tipoArquivo == 'txt') {
        arquivoNameTemp = name['arquivo']; //nome temporário
        destino = './txt/arquivo.txt'; //destino do arquivo
        move_upload_arquivo (arquivoNameTemp, destino); //destino no
servidor

        abrirArquivo = abrir (destino); //abrir arquivo enviado para o servidor
        dados = lerArquivoEnviado (abrirArquivo); //ler os dados do arquivo
aberto na linha acima
        nomes = separar ('|', dados); //separa o arquivo pelo delimitador |
        total = contar (nomes); //contar numero de variaveis separadas pelo
delimitador |

```

```

para x ← 1 até total faça {
    //le todas as variaveis conforme sua posição no arquivo
    descricao = nomes[x + 1];
    imagem    = nomes[x + 2];
    ponto     = nomes[x + 3];
    cidade    = nomes[x + 4];
    local     = nomes[x + 5];
}

}senao se (tipoArquivo == 'xml') {
    arquivoNameTemp = name['arquivo'];
    xml = lerXML (arquivoNameTemp); //le o arquivo xml enviado
    enquanto (xml → ponto como ponto) faça
        //recebe as variaveis (tags) do arquivo xml conforme o nome
        escolhido
            nome      = ponto->nome;
            descricao = ponto->descricao;
            coordenada = ponto->coordenada;
            local     = ponto->local;
            cidade    = ponto->cidade;
            imagem    = ponto->imagem;
        }
    }
}
fim

```

#### ◆ Configurar

O módulo Configurar disponível na área de administração do sistema Geom@p@s possui a opção para gerenciar a chave de acesso à API *Google Maps* e gerenciar a importação ou exportação de dados na opção *Backup* conforme pode ser observado na figura 31.

A opção Inserir Key gerencia o cadastro da chave de acesso à API *Google Maps*. O campo pode receber até 255 caracteres alfanuméricos.

A opção *Backup* gerencia a exportação ou importação de dados do sistema Geom@p@s.



Figura 31: Interface para configurar o sistema Geom@p@s

O algoritmo utilizado para gerenciar o cadastro da chave de acesso à API *Google Maps* é descrito abaixo no formato pseudocódigo:

```
// cadastrar nova chave de acesso
inicio
inicia_sessao;
conectar_banco_dados();
se validar_sessao (usuario) {
    chave = 0;
    ler chave;
    sql = consulta_bd ("insert into keygoogle(chave) values ('chave')");
    se (sql > 0) {
        aviso ("Chave cadastrada com sucesso.");
    }
}
fim
```

#### ◆ Logoff

Após o acesso ao sistema Geom@p@s, o usuário poderá sair do sistema, limpando toda as sessões criadas no momento da entrada no sistema. Para isso, usa-se o link *Logoff* localizado nos links na área de administração.

## 5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

O sistema Geom@p@s tornou-se, através do suporte a arquivos do tipo .txt e .xml, dinâmico o suficiente para se adaptar à diversos tipos de dados e variáveis a serem espacializadas. Tanto o formato .txt quanto o .xml são os tipos de arquivos mais usados na importação e visualização de dados para qualquer tipo de sistema para *web*, principalmente o XML, que é uma linguagem extensível, portátil, sendo usada por praticamente qualquer banco de dados livre ou mesmo pago e na *internet*, como meio de fornecer informações, onde essas informações mudam ou atualizam o seu conteúdo regularmente.

Com as variáveis utilizadas nos arquivos, que são nome, descrição, imagem, coordenada geográfica, local e cidade conseguiu-se ter a abrangência necessária para tornar-se um sistema dinâmico ou adaptável a qualquer dado à espacializar.

Os dados importados para o sistema Geom@p@s estão disponíveis para o usuário do sistema criar as próprias camadas de informações, ou seja, as consultas.

A partir do sistema Geom@p@s, trabalhos futuros podem ser desenvolvidos, incluindo inúmeros outros recursos e ferramentas para melhorar ainda mais o dinamismo e suporte à variáveis a serem espacializadas. Suporte a outros tipos de arquivos para importação como *Keyhole Markup Language* (KML), o próprio SHP, imagens georreferenciadas, entre outros tipos de arquivos conhecidos da área de geoprocessamento.

## 6 REFERÊNCIAS

- BAPTISTA, Cláudio de Souza. **Sistemas de Informações Geográficas**. 2010. Disponível no endereço eletrônico: <http://www.dsc.ufcg.edu.br/~baptista/cursos/SIG/>. Acesso dia 27 de maio de 2010.
- BAZZOTTI, Cristiane. GARCIA, Elias. **A importância do sistema de informação gerencial para tomada de decisões** . In: VI Seminário do Centro de Ciências Sociais Aplicadas, 2007, Unioeste. Disponível em: <http://www.unioeste.br/campi/cascavel/ccsa/VISeminario/trabalhos.html>. Acesso dia: 25 de maio de 2010.
- CABRAL, Igor Pinheiro de Sales. **Novas Ferramentas para Monitoramento Ambiental Usando SIG Web**. 2008. 86f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica e de Computação ) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.
- CÂMARA, Gilberto. DAVIS, Clodovel. ROCHA, César Henrique Barra. **Geoprocessamento: Teoria e Aplicações**. 2006. Disponível no endereço eletrônico: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/>. Acesso dia 20 de maio de 2010.
- CÂMARA, Gilberto. **Software Livre para GIS: Entre o Mito e a Realidade**. Revista InfoGeo – Coluna FuturoGeo. 2010. Acesso dia 03 de junho de 2010. Disponível no endereço: [www.dpi.inpe.br/gilberto/infogeo/infogeo31.pdf](http://www.dpi.inpe.br/gilberto/infogeo/infogeo31.pdf).
- CASANOVA, Marco Antonio. Et al. **Bancos de Dados Geográficos**. 506 pág. Editora MundoGEO: Curitiba, 2005.
- D'ALGE, Júlio C.L. Et al. **Generalização Cartográfica, Representação do Conhecimento e SIG**. Acesso dia 11 de junho de 2010. Disponível no endereço eletrônico: <http://www.dpi.inpe.br/~julio/arquivos/sbsr96.pdf>.

- DAVIS, Clodoveu. **Modelagem de Dados Geográficos**. 2010. Acesso dia 06 de junho de 2010. Disponível no endereço eletrônico: [http://www.dpi.inpe.br/cursos/ser300/Referencias/Clodoveu\\_Parte\\_I\\_InfoGeo.pdf](http://www.dpi.inpe.br/cursos/ser300/Referencias/Clodoveu_Parte_I_InfoGeo.pdf)
- DEITEL, H.M. Et all. **XML Como Programar**. Porto Alegre: Bookman, 2003.
- DOHMS, Rafael. **Google Maps API: Um exemplo prático e comentado**. 2006. Acesso dia 15 de junho de 2010. Disponível no endereço eletrônico: <http://www.rafaeldohms.com.br/2006/12/06/google-maps-api-um-exemplo-pratico-e-comentado/pt/>.
- DUARTE, Otto Carlos Muniz Bandeira. **XML - Extensible Markup Language**. Universidade Federal do Rio de Janeiro - Centro de Tecnologia - Engenharia Eletrônica. Acesso dia 10 de junho de 2010. Disponível no endereço eletrônico: [http://www.gta.ufrj.br/grad/00\\_1/miguel/](http://www.gta.ufrj.br/grad/00_1/miguel/).
- ESPERANÇA, Claudio. **Estrutura de Dados Espaciais**. 2007. Disponível no endereço eletrônico: [orion.lcg.ufrj.br/gc/download/ede.pdf](http://orion.lcg.ufrj.br/gc/download/ede.pdf). Acesso dia 28 de maio de 2010.
- ESRI Shapefile Technical Description. **An ESRI White Paper**. 1998. Acesso dia 04 de junho de 2010. Disponível no endereço eletrônico: [www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/shapefile.pdf](http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/shapefile.pdf).
- FERREIRA, Karine Reis. Et al. **Arquitetura de Software Para Construção de Bancos de Dados Geográficos com SGBD Objeto relacionais**. 2010. Disponível no endereço eletrônico: <http://br.monografias.com/trabalhos/software-bancos-dados-geograficos-sgbd/software-bancos-dados-geograficos-sgbd.shtml>. Acesso no dia: 27 de maio de 2010.
- FILHO, Jugurta Lisboa. Et al. **Modelagem Conceitual de Banco de Dados Geográficos: o estudo de caso do Projeto PADCT/CIAMB**. 2006. Acesso dia 15 de junho de 2010. Disponível no endereço eletrônico: <http://www.ecologia.ufrgs.br/paginas.centro/labgeo/artigos/jugurta.pdf>.
- FURQUIM, Antonio Jorge. FURQUIM, Maysa P. De Oliveira. **Principais características e diferenças entre sistemas sig desktop e sig web**. 2007. Disponível no endereço eletrônico: [http://www.esteio.com.br/downloads/pdf/SIG-Desktop\\_e\\_SIG-Web.pdf](http://www.esteio.com.br/downloads/pdf/SIG-Desktop_e_SIG-Web.pdf).
- FURQUIM, Maysa P. De Oliveira. **Geoinformação na Internet**. 2008. Acesso dia 03

de junho de 2010. Disponível no endereço eletrônico:  
<http://www.esteio.com.br/downloads/pdf/GeoinformacaoInternet.pdf>.

GLÓRIA, Antonio Ignácio. Et al. **Como utilizar as API's do Google Map**. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007, 8f. Florianópolis. Anais Eletrônicos. Florianópolis: 2007. Disponível em:  
<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.11.55.54/doc/5787-5794.pdf>. Acesso no dia 15 de junho de 2010.

GOMES, Marisa Prado et al. **Fundamentos de Geoprocessamento**. Treinamento SEMARH / SIAD. Universidade Federal de Goiás, 2005 – GO.

GONÇALVES, José Alberto. **Porquê usar software (SIG) livre**. Faunalia.pt, Évora – Portugal. Acesso dia 03 de junho de 2010. Disponível no endereço eletrônico:  
<http://www.faunalia.pt/porque>.

JUNIOR, Antonio da Luz. LEAL, Eduardo. **Banco de Dados Geográficos: Estudo das Arquiteturas Existentes**. I Workshop de Computação da Região Sul, Florianópolis, 2006. Disponível no endereço:  
<http://inf.unisul.br/~ines/workcomp/cd/pdfs/2336.pdf>. Acesso dia: 27 de maio de 2010.

KROPLA, Bill. **Beginning MapServer: Open Source GIS Development**. Apress: United States, 2005.

LUNARDI, Omar Antônio. Et al. **Banco de Dados Orientado a Objetos do Espaço Geográfico Brasileiro, da Diretoria de Serviço Geográfico do Exército**. Acesso dia 10 de junho de 2010. Disponível no endereço eletrônico:  
[www.5dl.eb.mil.br/downloads/mcegb.pdf](http://www.5dl.eb.mil.br/downloads/mcegb.pdf)

IBGE. **Malha Municipal Digital do Brasil – 2007**. IBGE. 2008. Acesso dia 04 de junho de 2010. Disponível no endereço eletrônico:  
[ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas/malhas\\_digitais/municipio\\_2007/Malha\\_Municipal\\_Digital\\_2007\\_2500/MALHA\\_MUNICIPAL\\_DIGITAL\\_2007\\_2500.doc](ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas/malhas_digitais/municipio_2007/Malha_Municipal_Digital_2007_2500/MALHA_MUNICIPAL_DIGITAL_2007_2500.doc)

MILANI, André. **PostgreSQL Guia do Programador**. Editora Novatec: São Paulo, 2008.

NALINI, Virginia Thereza. **Avaliação cartométrica da base cartográfica digital adequada à gestão urbana derivada por generalização cartográfica a partir da escala de origem 1:2.000**. 2005. 106f. Dissertação (Mestrado em Ciências

Geodésicas) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

PARMA, Gabriel Cremona. **Mapas Cadastrais na Internet: Servidores de mapas**. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007, Florianópolis. Anais Eletrônicos. Florianópolis, 2007. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.16.00.04/doc/1311-1319.pdf>. Acesso em: 14 de junho de 2010.

PEDROSA, Bianca Maria. **Ambiente Computacional para Modelagem Espacial Dinâmica**. 2003. Tese (Doutorado em Computação Aplicada) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos, 2003.

**POSTGIS 1.5.1 Manual**. 2010. Acesso dia 15 de junho de 2010. Disponível no endereço eletrônico: <http://postgis.refractor.net/download/postgis-1.5.1.pdf>.

QUADRO, Fernando Silveira de. **Por dentro do GeoServer**. Acesso dia 15 de junho de 2010. Disponível no endereço eletrônico: [http://www.mundogeo.com.br/revistas-interna.php?id\\_noticia=14180](http://www.mundogeo.com.br/revistas-interna.php?id_noticia=14180)

RUFINO, Iana Alexandra Alves. **Introdução ao Geoprocessamento**. 2009. Disponível no endereço: <http://www.hidro.ufcg.edu.br/twiki/pub/Disciplinas/IntroduE7%E3oAoGeoprocessamento/Intro1.pdf>. Acesso dia: 27 de maio de 2010.

SILBERSCHATZ, Abraham. Et al. **Sistema de Banco de Dados**. Tradução da 5ª Edição. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

SILVA, Mônica Regina. **Desenvolvimento de uma aplicação sig-web voltada ao turismo**. 2007. 65f. Monografia (Tecnologia em Geoprocessamento) - Centro Federal de Educação Tecnológica da Paraíba, João Pessoa, 2007.

SOLGATE, Vanessa Rocha. **Apostila sobre o Banco de Dados Postgre**. 2005. 58f. Acesso dia 15 de junho de 2010. Disponível no endereço eletrônico: [www.cefet-to.org/~marinaldo/PROGDB/apostilaPostgre.pdf](http://www.cefet-to.org/~marinaldo/PROGDB/apostilaPostgre.pdf)

ZENTENO, Arturo H. Torres. Et al. **Teste de Desempenho em Aplicações SIG Web**. 2006. Disponível em: <http://www.ic.unicamp.br/~rtorres/artigos/conference/zenteno06ideas.pdf>

## **APÊNDICE A - Manual de utilização do sistema Geom@p@s**