



UERJ – Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Centro de Tecnologia e Ciências
Faculdade de Engenharia

Wesley Silva Fernandes

Utilização de Software Livre na Produção de Cartas Topográficas
Estudo de Caso: Editoração da Carta Internacional ao Milionésimo

Rio de Janeiro
2010

Wesley Silva Fernandes

**Utilização de *Software* Livre na Produção de Cartas Topográficas
Estudo de Caso: Editoração da Carta Internacional ao Milionésimo**



Esta dissertação apresenta-se como requisito para a obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Computação, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Geomática.

Orientador: João Araújo Ribeiro, D.Sc.

Rio de Janeiro
2010

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/B

F363 Fernandes, Wesley Silva.
Utilização de software livre na produção de cartas topográficas. Estudo de caso: editoração da Carta Internacional ao Milionésimo./ Wesley Silva Fernandes – 2010.
110 f. Orientador : João Araújo Ribeiro Dissertação (mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia. 1. Software livre. 2. Mapeamento (Cartografia). I. Ribeiro, João Araújo. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Engenharia. III. Título.
CDU 628

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação.

Assinatura

Data

Wesley Silva Fernandes

**Utilização de *Software* Livre na Produção de Cartas Topográficas
Estudo de Caso: Editoração da Carta Internacional ao Milionésimo**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Computação, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Geomática.

Aprovado em _____

Banca Examinadora:

Profº Dr. João Araújo Ribeiro (orientador)
Faculdade de Engenharia da UERJ

Profº Dr. Claudio João Barreto do Santos
IBGE

Profº Dr. Jorge Luís Nunes e Silva Brito
Faculdade de Engenharia da UERJ

Rio de Janeiro

2010

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, com amor, admiração e gratidão pelo exemplo de conduta, perseverança e apoio incondicional ao longo da jornada que culminou neste trabalho.

À minha esposa, Luciana, pela força e incentivo para a realização do Mestrado.

AGRADECIMENTOS

Primeiro a Deus, sem o qual nada seria possível.

À Chefe da Coordenação de Cartografia do IBGE, na época de minha liberação, Sra. Moema José de Carvalho Augusto e ao Diretor de Geociências do IBGE, Sr. Luiz Paulo Souto Fortes pelo consentimento no meu afastamento durante o período de realização do mestrado.

Ao IBGE, pela oportunidade concedida de aperfeiçoamento profissional.

Ao meu orientador, João Araújo Ribeiro, pela atenção e apoio durante o processo de definição e orientação.

Aos meus colegas de trabalho do IBGE que me incentivaram a realizar o mestrado.

À Universidade do Estado do Rio de Janeiro pela oportunidade concedida de realização do curso de Mestrado.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Computação – área de concentração Geomática – pelos ensinamentos compartilhados durante as aulas.

RESUMO

FERNANDES, Wesley Silva. *Utilização de Software Livre na Produção de Cartas Topográficas Estudo de Caso: Editoração da Carta Internacional ao Milionésimo*. 2010. 107f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Computação) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

A produção de mapeamento cartográfico sofreu muitas transformações ao longo dos anos, passando da utilização extensiva de instrumentos analógicos para o meio digital. Atualmente, grande parte desse processo é realizado com o auxílio do computador, exigindo um alto investimento em sistemas computacionais. No início da década de 90 surgiu um movimento, chamado de *Software Livre*, que tem o objetivo de diminuir a dependência tecnológica às grandes organizações multinacionais, que dominam muitos segmentos do mercado da tecnologia da informação. Assim, foram desenvolvidos diversos programas de uso geral e que substituem de maneira satisfatória o chamados *Software* proprietário. Ultimamente, também tem sido desenvolvido *Software Livre* para a área de geoprocessamento. O objetivo deste trabalho é avaliar o uso desses aplicativos na produção de mapeamento cartográfico e para isso realizamos a editoração cartográfica de uma folha da Carta CIM utilizando programas distribuídos seguindo a filosofia do *Software Livre*. O processo de editoração cartográfica é fundamental na produção de uma carta e exige o domínio de várias técnicas, sendo uma das tarefas mais complexas da cartografia. Este trabalho apresenta uma nova forma de executar esta importante tarefa, visando aproveitar os últimos avanços na cartografia utilizando *software* livre e automatizando partes do processo para facilitar sua realização. A realização desta atividade de maneira satisfatória utilizando tecnologias livres comprova o estágio de amadurecimento alcançado dos programas desenvolvidos segundo essa filosofia.

Palavras-chave: Editoração Cartográfica. *Software Livre*. Carta CIM. *Web Mapping*.

ABSTRACT

The production of cartographic mapping has undergone many transformations over the years, through extensive use of analog instruments to digital media. Currently, much of this process is accomplished with the help of computers, requiring a large investment in computer systems. In the early 90's came a movement called Free Software, which aims to reduce dependence on technology to large multinational organizations that dominate many segments of information technology. Thus, several programs were developed for general use and replacing it satisfactory so-called proprietary software. Lately, it has also been developed Software for the area of geoprocessing. The objective of this study is to evaluate the use of such applications in the production of cartographic mapping and to realize that the publishing of a cartographic sheet of the Charter CIM using programs distributed following the philosophy of Free Software. The map publishing process is essential in the production of a map and requires mastery of several techniques, one of the most complex tasks of cartography. This study presents a new way to accomplish this important task, seeking to harness the latest advances in mapping using free software and automating parts of the process to facilitate its implementation. The completion of this activity satisfactorily using free technologies will prove the stage of maturity reached the programs developed according to this philosophy.

Keywords: Map Publishing. Free Software. Charter CIM. *Web Mapping*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1 - Domínio de mercado de Servidores <i>web</i>	18
Figura 1 - Arquitetura Dual	33
Figura 2 - Arquitetura Integrada	34
Figura 3 - Resultado da aplicação do SLD mostrado no exemplo	39
Quadro 1 - Exemplo de requisição <i>HTTP-GET</i>	38
Quadro 2 - Fragmento de código SLD	39
Quadro 3 - Exemplo de filtro com operador espacial	40
Quadro 4 - Fragmento de código GML	40
Figura 4 - <i>Gvsig</i>	44
Figura 5 - <i>Qgis</i>	45
Figura 6 - Folhas da Carta CIM que cobrem o Brasil	48
Figura 7 - Categorias da Mapoteca Digital, versão 5	49
Figura 8 - Projeção Cônica Conforme de <i>Lambert</i>	50
Figura 9 - Folha da Carta CIM	51
Figura 10 - Níveis de Abstração da Solução Desenvolvida	52
Figura 11 - Arquitetura da Solução Desenvolvida	57
Figura 12 - Tabelas geradas a partir da tabela Curva de Nível	60
Figura 13 - Diagrama de atividades da criação de polígonos	61
Figura 14 - Diagrama de atividades da edição de linhas	63
Figura 15 - Exemplo de Linhas que não formaram polígonos	64
Figura 16 - Edição realizada para fechar uma poligonal	65

Figura 17 - Resultado da consulta que criou o polígono a partir da poligonal resultante das edições	66
Figura 18 - Interface do <i>Geoserver</i> para criação de arquivos SLD	68
Figura 19 - Configuração do Sistema de Referência Espacial da <i>Featuretype</i>	69
Figura 20 - Textos acompanhando a curvatura das linhas	70
Figura 21 - Utilização do <i>Qgis</i> para reposicionamento dos pontos	71
Figura 22 - Diagrama de atividades da edição dos pontos	72
Figura 23 - Nomes do Símbolos atribuídos automaticamente pelo <i>Geoserver</i>	73
Figura 24 - Resultado da edição dos pontos, na atribuição dos nomes	74
Figura 25 - Resultado final na resolução de conflitos de textos	75
Figura 26 - Moldura da Carta CIM em coordenadas geográficas	76
Figura 27 - Moldura da Carta CIM projetada	77
Figura 28 - Resultado da criação da moldura	78
Figura 29 - Ampliação da moldura criada	79
Figura 30 - Elementos da Legenda da Carta CIM	80
Figura 31 - Legenda criada pela solução apresentada	81
Figura 32 - Interface do Sistema de Editoração Cartográfica da Carta CIM	82
Figura 33 - Resultado obtido pela aplicação.....	83
Figura 34 - Resultado final da criação da Folha da Carta CIM	81
Figura 35 - Fragmento da folha criada em tamanho real	85
Figura 36 - Apresentação de feições pontuais	86

LISTA DE ABREVIATURAS

BLOB	<i>Binary Large Object</i>
CAD	<i>Computer Aided Design.</i>
CIM	Carta Internacional do Mundo, Ao Milionésimo
EMACS	<i>Editor Macros</i>
E-Ping	Padrões de Interoperabilidade de Governo Eletrônico
FTP	<i>File Transfer Protocol</i>
GDAL	<i>Geospatial Data Abstraction Library</i>
GEOTOOLS	<i>the java GIS toolkit</i>
GIF	<i>Graphics Interchange Format</i>
GML	<i>Geography Markup Language</i>
GNU	<i>GNU is not Unix</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBM	<i>International Business Machines</i>
IDA	<i>European Commission's Interchange of Data Between Administrations</i>
INPE	Instituto Nacional de Pesquisa Espacial
INTEL	<i>Integrated Electronics</i>
ISF	Instituto Sem Fronteiras
JPEG	<i>Joint Photographic Experts Group</i>
JTS	<i>Java Topology Suite</i>
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
MP	Ministério Público
NCGIA	<i>National Centre for Geographical Information and Analysis</i>
OGC	<i>Open Geoscience Consortium</i>
OSGEO	<i>Open Source Geospatial Foundation</i>
OGIS	<i>Open Geodata Interoperability Specification</i>

PDF	<i>Portable Document Format</i>
PNG	<i>Portable Network Graphics</i>
SF-SQL	<i>Simple Features - SQL</i>
SGBD	Sistema Gerenciador de Banco de Dados.
SGBD-OR	Sistema Gerenciador de Banco de Dados Objeto-Relacional.
SGBD-OO	Sistema Gerenciador de Banco de Dados Orientado a Objetos.
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
SL	<i>Software Livre</i>
SLD	<i>Styled Layer Descriptor</i>
SQL	<i>Structured Query Language</i>
SVG	<i>Scalable Vectorial Graphics</i>
TCU	Tribunal de Contas da União
TRT	Tribunal Regional do Trabalho
TDE	Tipos de Dados Espaciais
XML	<i>eXtensible Markup Language</i>
WCS	<i>Web Coverage Service</i>
WMS	<i>Web Map Service</i>
WFS	<i>Web Feature Service</i>

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
Objetivo	15
Estrutura da Dissertação	16
1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
1.1 Histórico e Evolução do <i>Software</i> Livre	17
1.2 O <i>Software</i> Livre no Brasil	19
1.3 O <i>Software</i> Livre na Administração Pública Brasileira	20
1.4 Representação do Mundo Real	24
1.5 O Dado Geográfico	25
1.5.1 <u>Níveis de Abstração do Dado Geográfico</u>	26
1.5.2 <u>Generalização Cartográfica</u>	27
1.5.3 <u>Análise Espacial</u>	28
1.5.4 <u>Estruturas do Dado Geográfico</u>	29
1.6 Sistemas de Informação Geográfica (SIG)	30
1.6.1 <u>Histórico e Evolução dos SIG</u>	30
1.6.2 <u>Arquitetura dos SIG</u>	32
1.7 O consórcio OGC	35
1.7.1 <u>WMS</u>	37
1.7.2 <u>WFS</u>	38
1.7.3 <u>SLD</u>	39
1.8 Sistemas de Informação Geográfica Livres	41
1.8.1 <u>Mapserver</u>	42
1.8.2 <u>Geoserver</u>	42
1.8.3 <u>gvSIG</u>	43
1.8.4 <u>Quantum Gis</u>	45
1.8.5 <u>PostGis</u>	46
2 MATERIAIS E MÉTODOS	48

2.1	A Carta CIM	48
2.2	Modelagem da Solução Proposta de Editoração Cartográfica com Software Livre	52
2.3	Critérios utilizados na seleção das aplicações	53
2.4	Seleção da Ferramenta de <i>Webmapping</i>	54
2.5	Seleção do SIG	55
2.6	Seleção do SGBD com Extensão Espacial	55
2.7	Seleção do Ambiente de Desenvolvimento	56
2.8	Implementação da Solução Proposta de Editoração Cartográfica com Software Livre	57
2.8.1	Armazenamento e Manipulação de Dados Geográficos	58
2.8.2	Apresentação dos Dados Geográficos	67
2.8.3	Automação de Partes do Processo de Editoração Cartográfica - Criação da Moldura e Legenda	75
3	RESULTADOS OBTIDOS	84
4	CONCLUSÃO	88
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90
	APÊNCICE A - Requisição GETMAP com o SLD embutido	94

INTRODUÇÃO

A produção cartográfica entrou definitivamente na era digital, deixando um ambiente de produção analógico, apoiado por instrumentos mecânicos operados manualmente ou semi-automatizados, passando para um ambiente de produção digital, aproveitando a evolução crescente da informática e o surgimento de *software* para mapeamentos.

Com a evolução tecnológica nos anos 80 e o surgimento de programas de mapeamento cada vez mais amigáveis para o entendimento de usuários e produtores de informações, as instituições, públicas e/ou privadas, partiram para o estudo, a definição e a implantação de sistemas de produção cartográfica apoiados por computador, buscando tirar o máximo proveito das novas tecnologias e diminuindo erros inerentes a procedimentos analógicos.

Esse novo meio de produção cartográfica trouxe muitas vantagens, aumentando a produtividade, melhorando a qualidade do mapeamento e permitindo a produção de novos produtos.

Mas como toda evolução, percebemos muitas vantagens em relação à situação anterior ao mesmo tempo em que notamos o surgimento de outros problemas. Como exemplo de adversidades em função da nova situação, podemos citar a readequação de todo pessoal técnico envolvido, a aquisição de hardware e *software*, o alto custo inicial e a continuidade da dependência tecnológica.

Analisando a situação atual, percebemos que os grandes produtores de mapeamento adotaram tecnologias proprietárias importadas de grandes indústrias multinacionais, em função de não existirem alternativas no país no momento da mudança para o ambiente digital, por motivos diversos e da inexistência, naquela época, de tecnologias livres, que pudessem ser utilizadas.

Na década de 80 iniciou-se o movimento em defesa do *Software Livre* (SL), liderado por Richard Stallman, o qual cresceu e é apoiado por grandes empresas, como a IBM, por exemplo (WIKIPEDIA, 2007).

Este movimento conta com uma comunidade bem ativa, envolvida no desenvolvimento de novos programas e na manutenção dos mesmos, contando inclusive com o apoio de grandes empresas, como a *Sun Microsystems* por exemplo. Com este crescimento, cada vez mais áreas do conhecimento humano são abrangidas pelo mesmo.

Inicialmente, foram desenvolvidos sistemas operacionais e aplicativos de escritório como editores de texto e planilhas.

Atualmente, podemos notar que existe um grande número de projetos de aplicativos voltados para as geotecnologias, alguns até com um bom nível de amadurecimento, com uma grande comunidade de usuários e desenvolvedores.

Com a utilização de *Software* Livre, o produto final do projeto estará seguindo a direção adotada pelo governo brasileiro em maio de 2003, quando foi anunciando a preferência por aplicações com esta característica, com objetivo de construir uma política tecnológica de desenvolvimento nacional e inclusão do país na economia global.

Um benefício evidente da utilização de *Software* Livre pelo governo federal é a economia de recursos permitindo que seja feito mais investimentos em áreas sociais.

Objetivo

A nossa contribuição consiste no estudo de programas em *Software* Livre que possam ser utilizados nesse novo meio de produção cartográfica, diminuindo a necessidade de alocar grande quantidade de recursos na aquisição e manutenção do *Software* Proprietário.

O objetivo principal da pesquisa é mostrar que é possível utilizar *Software* Livre em um ambiente de produção cartográfica.

De acordo com Robinson et al (1985) podemos identificar quatro categorias de processos na cartografia:

1. Aquisição e seleção de dados;
2. Manipulação e generalização de dados, apresentação e construção de mapa;
3. Visualização;
4. Interpretação;

Uma atividade que faz parte do processo cartográfico na categoria de manipulação, generalização, apresentação e construção de mapas é a editoração cartográfica, assim, foi desenvolvida uma solução para realizar esta atividade com ferramentas livres, onde encontramos aplicativos amplamente utilizados e testados de comprovada eficiência.

De um modo geral, não encontramos um produto que realize de maneira satisfatória a etapa de editoração cartográfica, sendo necessário adaptá-los para atender nossas necessidades. Assim, iremos avaliar a viabilidade da adoção de ferramentas de *webmapping*,

SGBD com capacidade de manipulação de dados Geoespaciais, e também ferramentas de visualização e edição destes tipos de dados, todos distribuídos segundo a filosofia do SL.

Assim, o produto final da pesquisa será um sistema para realização da editoração de folhas cartográficas com as ferramentas acima citadas, automatizando a maior parte das tarefas necessárias para obter o produto final. Para isso será criado um servidor de dados cartográficos que será acessado pela ferramenta de *webmapping*, que por sua vez irá atribuir a simbologia final às feições e acrescentará uma moldura, produzindo assim uma folha cartográfica.

Os dados do servidor também serão acessados por ferramenta de edição e visualização de dados geográficos, com a qual os dados serão manipulados de maneira que os mesmos estejam preparados para receber o tratamento adequado da editoração cartográfica.

As vantagens dessa solução, além da utilização de *Software Livre*, seria a realização desta tarefa em um ambiente distribuído e de fácil manutenção, pois quando o mesmo sofrer alterações no servidor, todos os clientes terão acesso à versão atualizada.

Estrutura da Dissertação

Esta dissertação está dividida em quatro capítulos, sendo que o primeiro faz uma breve introdução ao trabalho.

No segundo capítulo será apresentado um histórico do movimento do *Software Livre*, sua importância social e adoção do mesmo pelo governo brasileiro como recurso estratégico. Além disso, são abordados temas relativos ao trabalho como Sistemas de Informação Geográfica e os padrões de interoperabilidade da OGC (*Open GIS Consortium*).

O capítulo três descreve o método empregado na resolução do problema apresentado, além dos dados utilizados e finalmente o último capítulo é a conclusão, o qual analisa o resultado alcançado.

1 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 Histórico e Evolução do *Software* Livre

Na década de 80 iniciou-se o movimento em defesa do *Software* Livre, liderado por um programador do laboratório de inteligência artificial do MIT (WIKIPEDIA, 2009a), Richard Stallman, que defende quatro liberdades básicas para os usuários de programas de computador, que são (THE FREE, 2009):

- ✓ de executar o *software* para qualquer propósito (liberdade n° 0);
- ✓ de estudar como o programa funciona e adaptá-lo às suas necessidades (liberdade n° 1);
- ✓ a de redistribuir cópias de modo que possa ajudar seu próximo (liberdade n° 2);
- ✓ e aperfeiçoar os aplicativos computacionais e liberar o seu aperfeiçoamento, de modo que a comunidade se beneficie (liberdade n° 3);

Analisando as quatro liberdades básicas, observamos que os objetivos do movimento SL não se restringem somente à ausência de custos, mas a total liberdade de utilização, aperfeiçoamento e distribuição dos programas de computador, permitindo que o conhecimento seja compartilhado promovendo assim o progresso da ciência e eliminando as restrições impostas pelo *Software* Proprietário.

Para ser considerado SL todas as liberdades citadas acima devem ser respeitadas, não sendo enquadrados nesta categoria aqueles aplicativos gratuitos que não disponibilizam o código fonte.

Como naquela época não havia um sistema operacional livre, Stallman iniciou o desenvolvimento de um com o projeto chamado GNU (uma sigla recursiva que significa: GNU não é Unix) para garantir a liberdade que defendia aos usuários de computador. Vários componentes do sistema foram desenvolvidos neste projeto, como por exemplo, o editor de textos Emacs e o compilador da linguagem C, gcc. Outros foram incorporados pois já estavam disponíveis livremente, como por exemplo o gerenciador de janelas gráficas X Window. Mas

faltava o principal para que o sistema estivesse completo, o *kernel*¹, considerado como o coração do mesmo (WIKIPÉDIA, 2009a).

Daí no início da década de noventa, com o desenvolvimento de um *kernel* livre chamado Linux, iniciado por um estudante Finlandês, Linus Torvalds, o movimento se consolida e ganha força, pois com a junção deste *kernel* com o que já havia sido desenvolvido até então no projeto GNU, foi possível reunir todos os componentes de um sistema operacional, surgindo assim o GNU/Linux (STALLMAN, 2009).

O desenvolvimento do Linux ocorreu de maneira cooperativa, através da Internet, onde vários desenvolvedores colaboraram em sua criação, sendo o resultado distribuído como SL e batizado de Linux, como referência ao desenvolvedor que tomou a iniciativa (EM 10, 2001).

Hoje o SL já o domina o mercado mundial em alguns segmentos específicos, como o de aplicativos de servidores de páginas de Internet. Constatamos isso no gráfico 1, resultante de um levantamento realizado pela empresa de pesquisas Netcraft, divulgado em seu sítio (<http://news.netcraft.com/>), onde podemos ver um SL, Apache, liderando com ampla vantagem sobre o segundo colocado, um *Software Proprietário*.

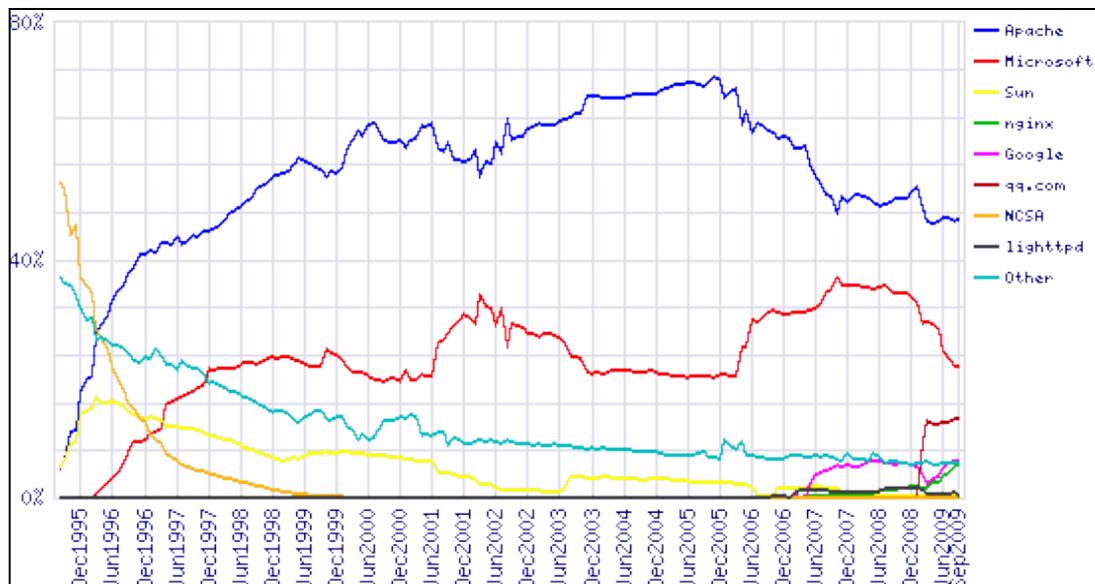


Gráfico 1 – Domínio de mercado de Servidores *web* (fonte: NETCRAFT, 2009)

Quando falamos em *Software Livre*, geralmente associamos a idéia de aplicativos sem custo, o que é um equívoco, pois existe um custo inicial relativo à capacitação de pessoal e suporte. O que realmente torna atrativo este segmento é que o custo total é inferior se

¹ Conjunto de arquivos executáveis desenvolvidos em linguagem C ou *Assembly* que constituem o núcleo do sistema operacional.

comparado com o *Software* Proprietário, pois ao invés de adquirirmos uma licença com um suporte associado, podemos utilizar um SL e contratar um suporte específico a nossa necessidade (AMEAÇA, 2000), e utilizar quantas cópias do *software* for necessário sem pagar a mais por isso.

1.2 O *Software* Livre no Brasil

Na iniciativa privada havia insegurança por partes das empresas na adoção do *Software* Livre, principalmente no que diz respeito ao suporte, mas atualmente existem vários centros de treinamento habilitados a capacitar mão-de-obra qualificada para atender esta demanda.

Atualmente muitas empresas já adotaram SL para atender suas necessidades, principalmente nos servidores de dados. Já no final do ano 2000, 56% dos provedores de Internet adotavam o sistema operacional GNU/Linux em seus servidores, além de 16% das empresas brasileiras utilizarem o mesmo ambiente operacional nos servidores, inclusive instituições bancárias (AMEAÇA, 2000).

Segundo uma pesquisa recente realizada pelo Instituto Sem Fronteiras (ISF), com mais de 1000 empresas de pequeno, médio e grande porte, 73% das corporações com mais de 1000 funcionários utilizam SL, o que contraria a crença de que a maior presença desta solução seria em pequenas empresas, com menos de 99 funcionários. Foi constatado ainda que entre as empresas que usam SL, 48% as empregam em aplicações de missão crítica, ao contrário do que se esperava, pois acreditava-se que esse tipo de solução não estava preparada para manter os dados mais importantes de uma companhia. Outro resultado importante desta pesquisa foi que 66% das empresas que utilizam SL acreditam que o Custo Total de Propriedade é menor que o do *Software* Proprietário (CONVERGÊNCIA DIGITAL, 2008).

Esta pesquisa, intitulada de “Tendência de Investimentos e Utilização de *Software* Livre nas Empresas Brasileiras” foi patrocinada por um grupo de grandes empresas do ramo da informática, entre elas, IBM e Intel, e foi realizada ao longo do ano de 2007 (LINUX MAGAZINE, 2008).

O *Software* Livre é importante não apenas do ponto de vista econômico, mas também social. Podemos citar como exemplo, o caso de uma província da Espanha chamada Extremadura, que de região mais pobre do País e segunda menos desenvolvida da Europa

Ocidental em 1998, passou a ser a região que mais crescia na Europa e tinha o maior número de computadores por estudante depois de cinco anos desde o início do investimento do governo local em SL. (SILVEIRA, 2004)

Foi desenvolvida uma versão do Linux, o LinEX, para ser utilizado nos computadores das escolas, evitando um gasto de 66 milhões de euros em *Software* Proprietário. Exemplos como este mostram a importância do investimento em SL pelo Estado, e vem sendo seguida por países como o Brasil. (SILVEIRA, 2004)

1.3 O *Software* Livre na Administração Pública Brasileira

A primeira iniciativa que temos notícia da adoção de *Software* Livre no Brasil com incentivo do poder público diz respeito ao governo estadual do Rio Grande do Sul, na gestão de Olívio Dutra, onde se originou o projeto SL RS (BRANDÃO et al,2005).

O então presidente da Procergs (Companhia de Processamento de Dados do Estado do RS), Marcos Mazoni, afirmou que em 1999 o governo estadual gastou R\$ 18 milhões com licenças de atualização do *software* existente. No ano seguinte com a substituição dos programas proprietários pelos SL, o gasto com compra de licenças caiu para R\$ 3 milhões, uma economia de mais de 80 % em apenas um ano. Na mesma época, o número de computadores passou de 5 mil para 15 mil e as redes locais passaram de 105 para 450, ou seja, a economia resultante com licença de *software* foi investida na expansão do parque tecnológico. De modo geral a substituição ocorreu nos sistemas operacionais e nos aplicativos de automação de escritório proprietários para os livres (ESPECIAL, 2001).

Outra iniciativa importante no Rio Grande do Sul foi a informatização das escolas do estado utilizando SL através do projeto chamado de Rede Escolar Livre RS. O custo inicial estimado para equipar as escolas com computadores era de R\$ 87 milhões, o qual passou para R\$ 47 milhões utilizando SL. Além deste projeto, muitos outros foram desenvolvidos no estado como o DiretoGNU, conjunto de aplicativos de correio, agenda e catálogo corporativo que economizou de R\$ 30 a 60 milhões com compra de licenças nos diversos órgãos do governo, o projeto *Open Office* Brasil, apoiado pelo governo, que traduziu para o português o conjunto de aplicativos compatível com o *Microsoft Office*, etc (TEZA Apud SILVEIRA, 2004).

Além do Rio Grande do Sul, o estado do Paraná também adotou o SL nos órgãos da administração pública direta e indireta do seu governo. Essa iniciativa permitiu uma economia de R\$ 127 milhões no período de 2003 a 2006. (COMPUTERWORLD, 2009)

As iniciativas bem sucedidas na adoção do SL nos estados brasileiros e em outros países acabaram chamando a atenção do Ministério Público (MP) para a relevância do tema. Este, por sua vez, ao ser acionado pelo Tribunal de Contas da União (TCU), a posicionar-se em relação a um processo de aquisição de produtos e serviços de informática emitiu parecer no qual defende a adoção de SL na Administração Pública, o qual deverá ser levado em consideração como alternativa em futuras aquisições de *software* por órgãos do governo. O documento apresentado pelo Ministério Público citou os casos de adoção do SL em países como China e Reino Unido, e também no Estado do Rio Grande do Sul, nos Municípios de São Paulo, Recife e Campinas e órgãos da Administração Pública como a Marinha, INPE e TRT 6ª Região. Estes exemplos mostram que o uso do SL não pode ser considerado como um fenômeno passageiro, diz o MP (BRASIL, 2009a)².

Segundo Brasil³, MP consultou um documento que trata da política de adoção do SL no Reino Unido, o qual justifica esta medida não apenas pela questão do custo menor em relação ao *Software* Proprietário, mas também por outros motivos como “a redução da dependência de fornecedores específicos de tecnologia de informação, a flexibilização no desenvolvimento, a melhoria e integração de sistemas, e a obtenção da propriedade intelectual do *software* desenvolvido sob encomenda pelo governo, vez que esse *software* tem seu código fonte aberto”. Além dos motivos mencionados, outra questão considerada vital pelo Reino Unido diz respeito à segurança dos sistemas:

Argumenta-se que um sistema de código aberto devidamente configurado pode ser, pelo menos, tão seguro quanto os sistemas proprietários, sendo que os sistemas de código aberto são considerados atualmente menos sujeitos a ataques pela Internet. Menciona-se ainda que, com base em estudos realizados, em alguns casos, os principais produtos proprietários podem ser significativamente menos seguros que as alternativas de código aberto.

Brasil⁴ destaca ainda que o motivo do processo que originou o acordo foi a suspeita de irregularidades em aquisição de produtos e serviços de informática da Microsoft por órgãos governamentais. A irregularidade estaria no fato da empresa fornecedora americana eleger apenas uma representante no Brasil para atender empresas estatais, impedindo a participação de outras empresas representantes. Ao julgar este processo, o TCU constatou que em muitos

² BRASIL. Tribunal de Contas da União. Relatório do Processo TC 003.789/1999-3. 2003.

³ Ibid.

⁴ Ibid.

casos, como na compra de aplicativos de automação de escritório, havia aquisição de *software* nos órgãos do governo sem licitação sob a alegação de promover a padronização, devido à grande maioria dos órgãos da Administração Pública utilizar estes tipos de aplicativos pertencentes a uma determinada marca, que domina o mercado em geral nesta categoria de *software*. Em função disso foi solicitado um levantamento das aquisições de produtos desta natureza, sem licitação, por órgãos da Administração Pública Federal no período de 1995 a 2000 e chegou-se ao resultado de que neste intervalo de tempo foi gasto pelas vinte instituições que dispenderam mais recursos o valor de 15,87 bilhões de reais. Diante deste montante ficou claro que a adoção de SL no âmbito do Governo Federal não poderia ser desprezada.

O TCU analisou e acolheu o parecer enviado pelo MP e como resultado incluiu no acordo 1521/2003 – Plenário, a sua posição favorável a considerar o SL uma alternativa viável nas futuras aquisições de *software* pelos órgãos estatais do Governo Federal. Um ponto importante a destacar neste documento é a orientação de que quando existirem alternativas capazes de atender às necessidades da Administração Pública, principalmente relacionada ao SL, só será admitida a indicação de uma marca (de *software* proprietário) nos processo de contratação de fornecimento de *software* quando demonstrado em estudo técnico uma economia maior que aquela obtida pela operacionalização das demais alternativas. O TCU encaminhou cópia do acordo, citado anteriormente, à Casa Civil da Presidência da República por considerar isso conveniente e oportuno, mesmo sabendo da existência de estudos visando a implantação de SL na Administração Pública Federal em órgão ligado àquela Casa (BRASIL, 2009a).

O Ministro Chefe da Casa Civil, por sua vez, através da Circular nº 40, de novembro de 2003, encaminha aos demais Ministros tanto o referido acordo, como também o Relatório do Planejamento Estratégico realizado pelo Comitê Técnico para a Implementação do *Software* Livre na Administração Pública Federal. Desde então, o SL começa a ser visto com mais seriedade pelo Governo Federal (BRASIL, 2009b).

Em outubro do ano 2000 foi criado o Comitê Executivo de Governo Eletrônico cujo objetivo era de “formular políticas, estabelecer diretrizes, coordenar e articular as ações de implantação do Governo Eletrônico, voltado para a prestação de serviços e informações ao cidadão”. O decreto que estabelece diretrizes para implementação do Governo Eletrônico, publicado em outubro de 2003, aponta como referência a utilização de SL como recurso estratégico. (MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, 2009)

Outra preocupação do governo na área tecnológica diz respeito a padronização, importante para garantir a integração de sistemas. Assim, tendo em vista a implantação de uma arquitetura no governo federal que garantisse essa integração e troca de informações entre as instituições e sociedade em geral, foi criado em novembro de 2003 o Comitê Constituinte do E-Ping, o qual tem como objetivo normatizar padrões de interoperabilidade. (PADRÕES, 2009)

A arquitetura E-Ping (Padrões de Interoperabilidade de Governo Eletrônico) é um “conjunto de premissas, políticas e especificações técnicas regulamentadoras para utilização da Tecnologia da Informação e da Comunicação” cuja “intenção é criar mecanismos capazes de promover a eficiência da Administração Pública no contexto da “Sociedade da Informação”. A E-Ping recomenda a adoção de padrões abertos nas especificações técnicas sempre que possível, além da preferência por SL, como podemos ver no seu documento de referência: (MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, 2009)

[...] a e-PING define que, sempre que possível, serão adotados padrões abertos nas especificações técnicas. Padrões proprietários são aceitos, de forma transitória, mantendo-se as perspectivas de substituição assim que houver condições de migração. Sem prejuízo dessas metas, serão respeitadas as situações em que haja necessidade de consideração de requisitos de segurança e integridade de informações. Quando disponíveis, soluções em *Software Livre* serão consideradas preferenciais. (Doc. De referencia – ver 0 – pág. 9)

Como podemos ver, vários fatos ocorreram na esfera da Administração Pública Federal e apontavam para uma mesma direção, que era a de adotar o SL como alternativa de plataforma tecnológica.

Mais tarde, em junho de 2004, em função do direcionamento do E-Ping, foi lançado o Guia Livre, cujo objetivo é servir de referência para os órgãos do governo federal interessados em migrar seus sistemas para SL. Este guia foi criado sob a coordenação da Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação (SLTI) do Ministério do Planejamento e foi elaborado por um grupo de trabalho composto por mais de 30 técnicos de 16 instituições do Governo Federal, os quais estavam inseridos em dois comitês técnicos do Governo Eletrônico Brasileiro, os quais são, o de Implementação de *Software Livre* e o de Sistemas Legados e Licenças. O documento tem como base o guia do IDA (Comunidade Européia) e apresenta as diretrizes que norteiam a migração, a gestão do ambiente, os elementos técnicos necessários e como planejar uma migração, além de experiências concretas de instituições que realizaram migrações em seus ambientes computacionais. (GOVERNO, 2009)

O Guia Livre cita as razões para a Administração Pública adotar o SL em seus domínios, as quais vão além do menor custo, que são (MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, 2009):

- ✓ necessidade de adoção de padrões abertos para o Governo Eletrônico (e-Gov);
- ✓ nível de segurança proporcionado pelo *Software Livre*;
- ✓ eliminação de mudanças compulsórias que os modelos proprietários impõem periodicamente a seus usuários, em face da descontinuidade de suporte a versões ou soluções;
- ✓ independência tecnológica;
- ✓ desenvolvimento de conhecimento local;
- ✓ possibilidade de auditabilidade dos sistemas;
- ✓ independência de fornecedor único.

Atualmente o governo brasileiro continua apoiando a migração para o *Software Livre* e mantém um portal (<http://www.softwarelivre.gov.br/>) dedicado ao assunto, além de outro portal onde encontramos soluções livres desenvolvidas por instituições públicas com o objetivo de disseminar o uso das mesmas (<http://www.softwarepublico.gov.br/>).

1.4 Representação do Mundo Real

Os mapas estão cada vez mais presentes atualmente e sua importância aumenta a cada dia como ferramenta de comunicação sobre características espaciais e locais do mundo e da sociedade em geral. (FOOTE; CRUM, 2009)

Segundo o mesmo autor, os mapas são importantes para o reconhecimento de distribuições e relacionamentos espaciais e nos permite visualizar e analisar padrões e processos que ocorrem no espaço sendo uma importante ferramenta de estudo do mundo em que vivemos.

O autor assinala ainda, que podemos então ver o mapa como uma forma de comunicação visual, uma linguagem com o propósito de descrever relacionamentos espaciais, assim podemos traçar um paralelo entre cartografia e linguagem, onde conceitos de gramática

e sintaxe nos ajudam a explicar, metaforicamente, as decisões que o cartógrafo toma quando faz um mapa.

O mundo é infinitamente complexo, e quando procuramos representá-lo, estamos capturando uma visão particular daquilo que nos interessa, armazenando em um banco de dados ou apresentando em um mapa. (PARSON; NYERGES, 2009)

Para que o mundo seja representado adequadamente de acordo com as necessidades dos usuários, precisamos da construção de um esquema conceitual onde os objetos do mundo real são identificados e modelados, através da extração de um conjunto de características fundamentais para a obtenção das informações desejadas, sendo este processo chamado de abstração. (DAVIS JR, 2000)⁵

1.5 O Dado Geográfico

Segundo Davis Jr.⁶ Existe uma diferença marcante no processo de abstração da realidade geográfica em relação às modelagens convencionais, que é presença do dado geográfico, sendo encontrados conceitos de geometria e topologia, que tornam a sua modelagem mais complexa. Estes conceitos são importantes na determinação do relacionamento e análise espacial entre os objetos e também no processo de entrada de dados.

O NCGIA (*National Centre for Geographical Information and Analysis*) define dados geográficos como: (YEUNG, 2009)⁷

[...]aqueles pertencentes a feições e recursos da terra, assim como atividades humanas sobre a superfície da mesma ou associados a essas feições e recursos. Esses dados são utilizados para resolver problemas e tomar decisões relacionados a geografia, ou seja, a um lugar, distribuição ou relacionamento espacial dentro de uma estrutura geográfica.

De acordo com Yeung⁸, o mesmo Centro diz ainda que a diferença dos dados geográficos para os convencionais é que o primeiro possui uma referência geográfica, sendo possível identificá-los e localizá-los através de coordenadas.

⁵ DAVIS JR., Clodoveu Augustos. *Múltiplas Representações em Sistemas de Informação Geográficos*. 2000.

⁶ Ibid.

⁷ YEUNG, Albert K. Unit 051 - *Information Organization and Data Structure*.

⁸ Ibid.

Para que o usuário seja capaz de realizar análises e fazer medidas satisfatórias utilizando esta representação, é necessário que a etapa de aquisição dos dados seja mais completa e acurada possível. Assim o conteúdo representado deve ser relevante em termos de características e temas capturados, período de cobertura e área de estudo. (PARSON; NYERGES, 2009)

Este autor assevera ainda que muitas das feições existentes no mapa não existem no mundo real, como por exemplo, contornos de curvas de nível e outras existem de fato, como edificações e lagos, assim o banco de dados geográfico é constituído de representações de objetos reais e de feições artificiais, como contornos. Podemos entender como feições artificiais, ou contornos, característica que apresentam uma variação contínua sobre a superfície terrestre como temperatura atmosférica, tipo de solo, altitude, etc.

Podemos classificar todas as feições citadas acima em duas classes de conceitos: (DAVIS JR, 2000)⁹

- ✓ Geo-campos – utilizado para representar os fenômenos de variação contínua;
- ✓ Geo-objetos – utilizado para representar entidades individualizáveis.

1.5.1 Níveis de Abstração do Dado Geográfico

Davis Jr¹⁰. Afirma que existem diferentes níveis de abstração nos quais os dados são modelados, e em aplicações geográficas encontramos basicamente três níveis diferentes, partindo do mundo real, o qual contém os objetos e fenômenos geográficos que serão representados, os quais são:

- ✓ Nível de representação: as entidades geográficas são modeladas em um alto nível de abstração em função da forma que são percebidas pelo usuário. Aqui são definidas as classes, contínuas ou discretas, que serão criadas no banco de dados;
- ✓ Nível de apresentação: neste nível é determinado como as entidades armazenadas no banco de dados serão apresentadas. Para obter o resultado desejado são realizadas operações sobre os atributos das entidades geográficas como seleção e classificação

⁹ DAVIS JR., Clodoveu Augustos. Múltiplas Representações em Sistemas de Informação Geográficos. 2000.

¹⁰ Ibid.

além de operações mais complexas de generalização cartográfica como deslocamento de elementos mapeados para aumentar a clareza e legibilidade do mapa impresso;

- ✓ Nível de implementação – São utilizados diversos meios para implementar fisicamente cada representação e também apresentação definidas nos níveis correspondentes.

O mesmo autor ainda diz que a diferença entre apresentação e representação de dados geográficos é que o primeiro conceito diz respeito às alternativas de visualização adequadas, na tela de um monitor de computador ou em papel, que comunicam o significado dos dados geográficos segundo a intenção daquele que os produziu, enquanto a representação está relacionada à codificação da forma geométrica dos mesmos (em um arquivo ou banco de dados), além de aspectos de resolução, precisão, nível de detalhamento e comportamento geométrico.

1.5.2 Generalização Cartográfica

Um processo importante presente no nível de implementação, entre a representação e a apresentação dos dados, é o de generalização cartográfica, utilizado geralmente quando utilizamos feições representadas em uma determinada escala para produzir mapas em escalas menores, sendo necessário eliminar detalhes em excesso e irrelevantes e outras tarefas relativas à visualização. Neste processo o principal objetivo é alcançar uma aparência visual clara, precisa, legível, de fácil interpretação, etc. (DAVIS JR, 2000)¹¹

A generalização cartográfica é um campo importante da cartografia, sendo objeto de pesquisas intensivas nesta área e em ciências da computação (GAEDE; KRUMM-HELLER; ZHOU, 2009), porém a automatização completa deste processo ainda não foi atingida (DAVIS JR, 2000) necessitando da intervenção humana. A automatização completa do processo de generalização cartográfica permanece como o maior problema em cartografia digital e SIG não resolvido (McMASTER; VEREGIN, 2009).

De acordo com Davis Jr.¹² as tarefas envolvidas na generalização cartográfica são:

- ✓ Agregação;
- ✓ Colapso;

¹¹ DAVIS JR., Clodoveu Augustos. Múltiplas Representações em Sistemas de Informação Geográficos. 2000.

¹² Ibid.

- ✓ Combinação;
- ✓ Deslocamento;
- ✓ Destaque;
- ✓ Exagero;
- ✓ Fusão;
- ✓ Refinamento;
- ✓ Simplificação;
- ✓ Suavização.

No âmbito deste projeto não iremos empregar todas as técnicas relativas à generalização cartográfica, pois não haverá mudança de escala entre o nível de representação e apresentação.

A tarefa da generalização que será mais utilizada é a de deslocamento que consiste em: (DAVIS JR, 2000)¹³

Alteração intencional do posicionamento de um objeto, de modo a destacá-lo de outro, muito próximo a ele. É uma técnica freqüentemente empregada em cartografia para aumentar a legibilidade de um mapa, em prejuízo da precisão de posicionamento.

1.5.3 Análise Espacial

Na implementação também serão utilizadas técnicas de análise espacial para alcançar a simbolização dos objetos e fenômenos geográficos de acordo com o que foi especificado no nível de apresentação.

Segundo Davis Jr.¹⁴ as operações relacionadas à análise espacial são:

- ✓ Análise de superfícies – realiza a extração de informações a partir de modelos tridimensionais;
- ✓ Classificação – agrupamento de objetos em classes, de acordo com faixas de valores;
- ✓ Interpolação Espacial – determinação do valor de um geo-campo em uma dada posição;

¹³ DAVIS JR., Clodoveu Augustos. Múltiplas Representações em Sistemas de Informação Geográficos. 2000.

¹⁴ Ibid.

- ✓ Pseudocoloração – modificação da aparência visual de uma ou mais células de acordo com uma faixa de valores;
- ✓ Rasterização – determinação dos valores de células em função das geometrias dos elementos que as interceptam;
- ✓ Reamostragem – criação de uma nova matriz de células a partir de uma nova resolução;
- ✓ Seleção – separação, a partir de um conjunto de objetos, daqueles que têm determinadas características em comum;
- ✓ Simbolização- atribuição de símbolos variados para representar objetos pontuais;
- ✓ Vetorização – traçados de elementos vetoriais a partir de uma matriz de células.

1.5.4 Estruturas do Dado Geográfico

Os dados geográficos podem ser representados tanto pela estrutura de dados vetorial, como pela matricial. (CÂMARA, 2005)¹⁵

De acordo com Câmara¹⁶, a estrutura de dados vetorial, coordenadas são utilizadas para representar as fronteiras dos objetos geográficos, através de três formas básicas, as quais são ponto, linha e polígono.

Os pontos são as formas geométricas mais simples de representar objetos espaciais e as feições que serão representadas por esta geometria dependem da escala do mapa. Em grandes escala, construções geralmente são representadas por pontos, enquanto que, em escalas pequenas cidades podem ser representadas por esta forma geométrica. (NYERGES, 2009)¹⁷

Segundo Nyerges¹⁸, a forma geométrica do tipo linha é utilizada, geralmente, para representar redes naturais ou de infra-estrutura como rios, rodovias, redes de transmissão de energia, etc.

O mesmo autor afirma que podemos representar muitos tipos de feições através de

¹⁵ CAMARA, Gilberto. Representação Computacional de Dados Geográficos. In: CASANOVA, Marco Antônio et al. Banco de Dados Geográficos. Curitiba: Mundogeo, 2005.

¹⁶ Ibid.

¹⁷ NYERGES, Timothy L. UNIT 11 - Spatial Objects and Database Models. NCGIA Core Curriculum in Geographic Information Science.

¹⁸ Ibid.

uma geometria do tipo polígono como limites de fenômenos naturais, como lagos, oceanos, tipos de solo e também limites sócio-econômicos como setores censitários, limites administrativos (países, estados, municípios).

Na estrutura matricial, o espaço é representado como uma matriz $P(m,n)$ (m-colunas, n-linhas), onde cada elemento da mesma possui um valor correspondente a uma característica do espaço geográfico. Esta estrutura, geralmente, é utilizada em aplicações que necessitam realizar operações de álgebra de mapas. (CÂMARA, 2009)¹⁹

1.6 Sistemas de Informação Geográfica (SIG)

A área do conhecimento que trata informações geográficas utilizando técnicas matemáticas e computacionais é chamada de *Geoprocessamento* e as ferramentas computacionais empregadas por esta disciplina são chamadas de *Sistemas de Informação Geográfica* (SIG), com as quais podemos realizar análises complexas integrando dados de diversas fontes em bancos de dados geo-referenciados. Podemos ainda automatizar a produção de documentos cartográficos. (CÂMARA, 2005)

De acordo com Câmara²⁰, os SIG são úteis em diversas áreas como, por exemplo, agricultura, floresta, cartografia, cadastro urbano e redes de concessionárias (água, energia e telefonia) e podemos destacar como as principais formas de utilização:

- ✓ ferramenta de produção de mapas;
- ✓ suporte para análise espacial de fenômenos;
- ✓ um banco de dados geográfico, com funções de armazenamento e recuperação de informações espaciais;

1.6.1 Histórico e Evolução dos SIG

¹⁹ CAMARA, Gilberto; DAVIS JR. Introdução. In: ____; DAVIS JR.; MONTEIRO, Antônio M. V. Introdução à Ciência da Geoinformação.

²⁰ Ibid.

Segundo Câmara²¹, na década de 70 foi desenvolvido *hardware* mais acessível, favorecendo a proliferação de sistemas comerciais, quando então surgiram os primeiros sistemas especializados em processar informações geográficas sendo criada a expressão *Geographic Information System* (em português, Sistemas de Informação Geográfica ou SIG), porém apenas grandes organizações tinham acesso a esta tecnologia, pois estes sistemas utilizavam exclusivamente computadores de grande porte.

Os SIG começam um período de crescimento acelerado na década de 80 devido à massificação da microinformática e a criação de centros de pesquisa sobre o assunto como o NCGIA. (CÂMARA, 2005)

Apesar dos avanços obtidos, até o início da década de 90, em organizações complexas, grande parte do processamento de dados era realizado em equipamentos de grande porte (*mainframes*) ou médio porte (minicomputadores) e os SIG funcionavam em estações de trabalho gráficas (*workstations*), cujo alto custo impedia muitas organizações de utilizar esse recurso, sendo o acesso a esse tipo de sistema limitado. Além do alto custo do equipamento necessário para executar os SIG, os aplicativos também tinham preços proibitivos, o que restringia o acesso aos mesmos a poucas organizações que realmente necessitavam de trabalhar com dados geográficos. Na época, a versão de um SIG tradicional para servidor custava em torno de cem mil dólares (DAVIS JR, 2002)²².

Segundo Davis Jr.²³, o custo de produção de dados geográficos é alto, o que levava as organizações, muitas vezes, a buscar dados já existentes, esbarrando assim em outra característica marcante dos SIG daquela época, que era a incompatibilidade dos produtos de diferentes fornecedores, dificultando a troca de dados entre organizações.

Para migrar os dados, de um produto diferente do que se possuía, era necessário recorrer a ferramentas que traduziam os formatos, mas o resultado nem sempre era satisfatório, apresentado muitas imperfeições e até perda de dados. Um exemplo típico da necessidade de troca de dados entre organizações diferentes é em grandes municípios, onde o poder público busca parcerias com concessionárias a fim de compartilhar os custos de geração e manutenção de uma base de dados geográficos, no final sendo interessante para todas as partes envolvidas. (DAVIS JR. et all, 2002)

Com o advento da Internet na década de 90, iniciou-se uma mudança de paradigma em todos os aspectos nos Sistemas de Informação Geográfica. O modelo conceitual dos SIG

²¹ Ibid.

²² DAVIS JR., Clodoveu Augustos. Geoprocessamento: dez anos de transformações. IP: informatica publica. Belo Horizonte:2002.

²³ Ibid.

começou a mudar de uma arquitetura isolada para uma infra-estrutura interoperável, de aplicações autônomas para soluções distribuídas, de formatos de dados proprietários para especificações de intercâmbio abertas, de uma plataforma *desktop* para um ambiente voltado à Internet. (CHOW, 2009)

Do ponto de vista da estrutura dos dados, os SIG utilizam uma estratégia dual na implementação das aplicações, para resolver a questão da complexidade do dado geográfico, onde os atributos descritivos eram armazenados em um Sistema Gerenciador de Dados Relacional (SGBD) e a geometria era separada fisicamente em arquivos convencionais

1.6.2 Arquitetura dos SIG

De maneira geral, podemos citar como partes de um SIG os seguintes componentes: (CÂMARA, 2009)

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

A parte de armazenamento e recuperação de dados utilizada pelos SIG, até a década de 90, era implementada utilizando uma estratégia dual de integração com SGBDs, sendo a componente espacial armazenada em arquivos de formato proprietário e os atributos alfanuméricos armazenados em um SGBD relacional, porém esta abordagem apresenta uma série de problemas, dentre os quais podemos citar (FERREIRA, 2005):

- ✓ controle e manipulação das componentes espaciais;
- ✓ manutenção da integridade entre a componente espacial e a alfanumérica;
- ✓ separação do processamento dos dados convencionais, realizado pelo SGBD, do processamento da parte espacial realizado pela aplicação utilizando arquivos proprietários;

- ✓ dificuldade de interoperabilidade, em função dos formatos proprietários utilizados;

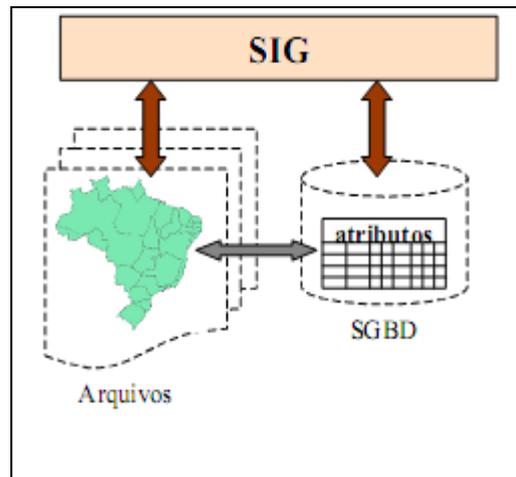


Figura 1: Arquitetura Dual (fonte: FERREIRA, 2005)

A maior parte dos problemas da estratégia dual (figura 1) está na incapacidade dos SGBDs existentes comercialmente em armazenar e manipular dados geográficos de maneira adequada, pois não foram projetados para este propósito, assim as funções de manipulação e consulta espaciais devem ser processadas à parte. Como exemplo de uma consulta espacial, podemos citar a seleção das cidades pelas quais passam um determinado rio. A linguagem de consulta convencional dos SGBDs, SQL (*Structured Query Language*), não possui meios para processar esta consulta, uma vez que não é possível representar toda semântica dos dados geográficos no modelo de dados relacional (RAMIREZ; SOUZA, 2007)²⁴.

Para Ramirez e Souza²⁵ um SGBD atender a um SIG satisfatoriamente, além de características básicas como suporte a modelo de dados, visões externas, linguagem de consulta, processamento de consulta, método de acesso eficiente, interface para desenvolvimento de programas, compartilhamento, segurança e recuperação de falhas também deve oferecer suporte à semântica geográfica, facilidades para trabalho cooperativo, controle de versões, interoperabilidade e distribuição.

A tecnologia na área de banco de dados evoluiu no sentido de oferecer suporte a aplicações não convencionais, ou seja, aquelas que trabalham com outros tipos de dados além dos tradicionais, como tipos de dados espaciais, temporais e espaço-temporais. Com este propósito os SGBDs convencionais evoluíram e foram desenvolvidos os SGBDs Objeto-Relacionais (SGBDs-OR) e SGBDs Orientados a Objetos (SGBDs-OO) (FERREIRA, 2005).

²⁴ RAMIREZ, Milton Ramos; SOUZA, Jano Moreira. Sistema Gerenciador de Banco de Dados em Sistemas de Informações Geográficas. In: MEIRELLES, Margareth S. Penello (Ed.); CÂMARA, Gilberto (Ed.); ALMEIDA, Maria de Almeida (Ed.). Brasília:2007

²⁵ Ibid.

Os SGBDs-OR são uma evolução dos SGBDs relacionais extensíveis. Eles são relacionais em essência, por realizarem consultas SQL e orientados a objeto por gerenciarem dados com estruturas complexas. Esta tecnologia tornou possível a implementação de modelos de dados geográficos e das funcionalidades relativas aos demais requisitos. (RAMIREZ; SOUZA, 2007)

A utilização de extensões de SGBDs-OR tornou possível definir Tipos de Dados Espaciais (TDE) em seu modelo de dados. As extensões espaciais acrescentam operadores à SQL, transformando-a de fato em uma linguagem de consulta espacial e também adaptam funções do SGBD, como de armazenamento e acesso, métodos de otimização de consultas, para manipular TDEs mais eficientemente. Também é possível armazenar tanto os dados alfanuméricos quanto os espaciais em SGBDs relacionais, utilizando campos longos (BLOBs) para armazenar a componente espacial. No entanto, SGBDs Relacionais e Objeto-Relacionais tratam os BLOBs como cadeias de *bits* sem nenhuma semântica adicional. Sendo assim, esta abordagem apresenta desvantagens em relação a utilização de extensões espaciais, pois além dos BLOBs não possuem semântica, também não possuem métodos de acesso e a linguagem de consultas SQL oferece apenas operadores elementares de cadeia para tratar os campos com este tipo de dado (FERREIRA, 2005)²⁶..

Para Ferreira²⁷, os SGBDs-OR permitiram a adoção de outra abordagem em relação ao armazenamento e recuperação de dados em aplicações geográficas, que é a integrada, mostrada na figura 2 abaixo, onde os dados alfanuméricos e espaciais são armazenados no SGBD utilizando extensões espaciais.

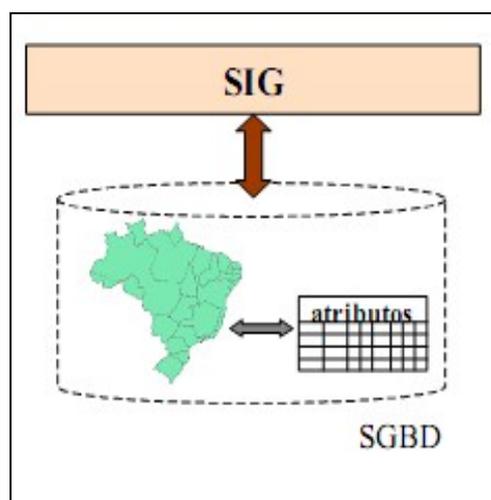


Figura 2: Arquitetura Integrada (fonte: FERREIRA, 2005)

²⁶ FERREIRA, Karine Reis et al. Arquitetura e Linguagens. In: CASANOVA, Marco Antônio et al. Banco de Dados Geográficos. Curitiba: 2005.

²⁷ Ibid.

É possível adotar uma estratégia integrada combinada, em SIGs que manipulam objetos com geometrias tanto vetorial quanto matricial, utilizando as extensões disponíveis nos SGBDs-OR para armazenar dados espaciais vetoriais e os BLOBs para armazenar dados espaciais matriciais. (FERREIRA, 2005)

A mesma autora afirma que existe uma especificação da OGC (*Open Geoscience Consortium*) chamada SF-SQL, que define tipos de geometrias vetoriais, operações topológicas e operações métricas, além de um esquema de tabelas para metadados de informações espaciais. Esta especificação introduz o conceito de “tabela de feições” para representar dados geográficos, onde os atributos alfanuméricos são mapeados para colunas de tipos disponíveis na SQL-92 e os atributos espaciais são para colunas cujo tipo de dados é baseado no conceito de “tipos de dados geométricos adicionais para SQL”.

1.7 O consórcio OGC

Os dados referenciados geograficamente foram coletados digitalmente por mais de 25 anos. O aperfeiçoamento e disseminação de tecnologias como o Sistema de Posicionamento Global (GPS) e imagens de satélite permitiu que um número cada vez maior de pessoas e organizações tivessem acesso e produzissem dados geográficos. Durante este período, muitos métodos de aquisição, armazenamento, processamento, análise e visualização foram desenvolvidos independentes um do outro (OGIS, 2009).

Com este crescimento da produção de dados geográficos e o aumento da demanda pelos mesmos, ficou evidente a existência de uma grave problema, que é a dificuldade de integração entre dados deste tipo produzidos por diferentes sistemas.

Os modelos conceituais diferentes dos principais SIG disponíveis no mercado foi um dos principais motivadores da dificuldade de troca e compartilhamento de dados entre instituições, pois cada uma seguia regras conceituais relacionadas aos sistemas por elas utilizadas. Este aspecto dos dados relacionado aos SIG nos quais foram produzidos chamamos de semântica. Além da diferença semântica entre os dados produzidos por organizações que usam diferentes SIG, também existe a diferença sintática que corresponde à maneira que cada

SIG representa e armazena os seus dados de acordo com o próprio formato (CASANOVA, 2005).

Também existe a dificuldade de adesão dos fornecedores de *software* em seguir especificações existentes e recomendadas para amenizar, ou até mesmo eliminar, o problema da interoperabilidade (THOMÉ, 1998).

Portanto a OGC, uma associação sem fins lucrativos, fundada em 1984 dedica-se à (OGIS, 2009)²⁸:

promoção de novas técnicas e aproximação comercial para obter geoprocessamento interoperável [...] em resposta ao amplo reconhecimento do problema da não interoperabilidade e suas consequências negativas para a indústria, governo e academia. Os membros da OGC compartilham a visão positiva de um infra-estrutura de informações nacional e global na qual geodados e recursos de geoprocessamento circulam livremente, completamente integrado com as últimas plataformas de computação distribuídas, acessível para todos, "geo habilitando" uma extensa variedade de atividades que estão atualmente fora do domínio do geoprocessamento, abrindo novos mercados e criando novos tipos de negócios e novos benefícios para o público.

A OGC estimou que somente o governo norte-americano gastava mais de 4 bilhões de dólares por ano com conversão de dados. Porém, a dificuldade de compartilhamento era um problema comum a todos os usuários e produtores de dados geográficos do mundo. Assim, várias organizações envolvidas no desenvolvimento de aplicações de geoprocessamento e instituições governamentais uniram-se a OGC para criar especificações de *software* e novas estratégias de negócios para ajudar a solucionar a falta de integração entre dados geográficos de diferentes fontes. (OGIS, 2009)²⁹

Segundo OGIS³⁰, a especificação da OGC é chamada de *Open Geodata Interoperability Specification* (OGIS), uma infra-estrutura de *software* cujo objetivo é possibilitar o acesso distribuído a dados geográficos e recursos de geoprocessamento. A especificação da OGC torna possível ao desenvolvedor de aplicações produzir *software* que seja interoperável com produtos desenvolvidos por terceiros que estejam em conformidade com a mesma .

A infra-estrutura OGIS é subdividida em três partes:

- ✓ *Open Geodata Model* (OGM) – um meio comum de representar digitalmente os fenômenos terrestres, matematicamente e conceitualmente;
- ✓ *OGIS Service Model* – um modelo de especificação comum para implementar serviços de acesso, gerenciamento, manipulação, representação e compartilhamento de dados geográficos entre diferentes organizações;

²⁸ OGIS Project Technical Committee of the Open GIS Consortium. BUEHLER, Kurt ; McKEE, Lance, editores. *Part 1 - Introduction to Interoperable Geoprocessing*. In: *The OpenGIS Guide*. 2009.

²⁹ Ibid.

³⁰ Ibid.

- ✓ Modelo de Comunidades de Informação – uma infra-estrutura para utilizar o *Open Geodata Model* e o *OGIS Service Model* para resolver não somente o problema técnico da falta de interoperabilidade, mas também os problemas institucionais ;

A infra-estrutura OGIS procura solucionar o problema da interoperabilidade em todos os aspectos. O *Open Geodata Model* pretende atender a falta de um modelo conceitual comum entre os diferentes SIGs, resolvendo o aspecto semântico, enquanto que o *OGIS Service Model* busca atender o problema da diferença sintática dos dados, uma vez que através dos serviços oferecidos pelo mesmo, as aplicações podem compartilhar dados entre si por uma interface comum. O Modelo de Comunidades de Informação tem como objetivo resolver a dificuldade de compartilhamento de dados entre diferentes grupos de usuários que possuem em suas bases feições em comum, mas com significados distintos. Exemplificando, um ecologista vê uma estrada como uma barreira com características particulares afetando a população de animais e plantas, enquanto que para um engenheiro civil a mesma estrada é uma via de transporte com outras características como tipo de pavimento, número de vias, estado de conservação (OGIS, 2009).

Dentre as especificações da OGC, as mais difundidas e adotadas por desenvolvedores de soluções para disseminação de informações espaciais na Internet, são (KIEHLE; HEIER; GREVE, 2007):

- ✓ GML – um dialeto para codificar feições espaciais em XML;
- ✓ *Web Map Service* (WMS) – para publicação de dados cartográficos pela Internet;
- ✓ *Web Feature Service* (WFS) – para distribuição e edição de dados vetoriais;
- ✓ *Web Coverage Service* (WCS) – para distribuição de dados raster;
- ✓ *Catalogue Service* (CAT) – para publicação e descoberta de dados espaciais e serviços *web* relacionados;
- ✓ *Web Coordinate Transformation Service* (WCTS) – para transformação dos sistemas de coordenadas dos dados espaciais;

1.7.1 WMS

A especificação *WMS* permite disponibilizar dados espacialmente referenciados para consultas dinamicamente (OPEN, 2006). Os usuários enviam uma solicitação ao servidor com

parâmetros como, por exemplo, nome das camadas desejadas, coordenadas da área de interesse e recebem uma figura, retornada pelo servidor em um formato adequado para a internet, como JPG ou PNG. Assim, este serviço permite aos usuários apenas a visualização dos dados.

O usuário pode solicitar um mapa ao servidor através do método HTTP-GET³¹ ou HTTP-POST e a aparência de um mapa é especificada através dos parâmetros *LAYER* e *STYLES*, como exemplificado no quadro 1, abaixo:

```
http://servidorWms.com/WMS?
VERSION=1.1.0&
REQUEST=GetMap&
BBOX=0.0,0.0,1.0,1.0&
LAYERS=Rivers,Roads,Houses&
STYLES=CenterLine,CenterLine,Outline
```

Quadro 1:Exemplo de requisição HTTP-GET.

Os servidores *WMS* disponibilizam os dados com estilos de apresentação padrão e podem oferecer outros estilos como alternativas, porém essa solução é limitada e o usuário não pode definir o seu próprio estilo de apresentação (OPEN, 2002).

1.7.2 WFS

A especificação *Web Feature Server (WFS)* permite a criação e edição dos dados no servidor, assim o usuário pode (OPEN, 2005b):

- ✓ Criar uma nova instância de uma feição;
- ✓ Apagar uma instância de uma feição;
- ✓ Atualizar uma instância de uma feição;
- ✓ Bloquear uma instância de uma feição;
- ✓ Obter ou pesquisar feições através de consultas espaciais ou não espaciais;

1.7.3 SLD

³¹ Os métodos Get e Post, são os principais do protocolo HTTP, pelos quais o cliente se comunica com o servidor de internet.

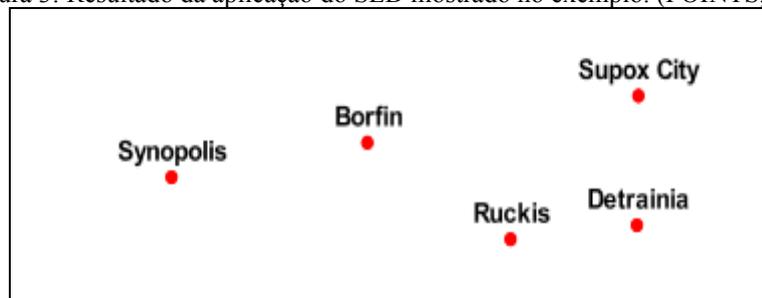
Outra especificação, complementar à *WMS*, é a *Styled Layer Descriptor (SLD)*, que permite ao usuário configurar o modo como os dados serão apresentados, acrescentando seus próprios estilos.

Abaixo, no quadro 2, temos um fragmento de um arquivo SLD, mostrando como configurar feições pontuais e os textos relativos às mesmas. Como podemos ver é possível controlar a posição do texto, a fonte, o preenchimento do ponto, etc (OPEN, 2002). E na figura 3 mostramos o resultado da aplicação deste SLD.

<pre> <FeatureTypeStyle> <Rule> <PointSymbolizer> <Graphic> <Mark> <WellKnownName>circle</WellKnownName> <Fill><CssParameter name="fill">#FF0000</CssParameter></Fill> </Mark> <Size>6</Size> </Graphic> </PointSymbolizer> <TextSymbolizer> <Label> <ogc:PropertyName>name</ogc:PropertyName></Label> <CssParameter name="font-family">Arial</CssParameter> (...) </pre>	<pre> <LabelPlacement> <PointPlacement> <AnchorPoint> <AnchorPointX>0.5</AnchorPointX> <AnchorPointY>0.0</AnchorPointY> </AnchorPoint> <Displacement> <DisplacementX>0</DisplacementX> <DisplacementY>5</DisplacementY> </Displacement> </PointPlacement> </LabelPlacement> <Fill><CssParameter name="fill">#000000</CssParameter></Fill> </TextSymbolizer> </Rule> </FeatureTypeStyle> </pre>
--	--

Quadro 2: Fragmento de código SLD. Fonte: *SLD cook book point geoserver* (POINTS, 2009)

Figura 3: Resultado da aplicação do SLD mostrado no exemplo. (POINTS, 2009)



A *SLD* pode ser utilizada em conjunto com outra especificação da OGC, a *Filter Encoding*, que permite selecionar um subconjunto de feições sobre as quais podem ser realizadas as operações desejadas. Com esta especificação podemos realizar consultas utilizando operadores de comparação, lógico e espacial. Assim, o usuário pode explorar todo

o potencial dos dados fornecidos pelos servidores *WMS*, na composição dos seus próprios mapas. O quadro mostra um exemplo de utilização desta especificação.(OPEN, 2005a)

```
<Filter>
  <Not> <Disjoint>
    <PropertyName>Geometry</PropertyName>
    <gml:Envelope srsName="http://www.opengis.net/gml/srs/epsg.xml#63266405">
      <gml:lowerCorner>13.0983 31.5899</gml:lowerCorner>
      <gml:upperCorner>35.5472 42.8143</gml:upperCorner>
    </gml:Envelope>
  </Disjoint> </Not>
</Filter>
```

Quadro 3: Exemplo de filtro com operador espacial (OPEN, 2005a).

Como vimos anteriormente, existe a especificação *Simple Feature for SQL* (SF-SQL) da OGC para codificar e realizar operações sobre dados geográficos vetoriais em SGBDs. Além desta especificação de codificação de dados geográficos, a OGC criou também a linguagem GML (*Geography Markup Language*), baseada na linguagem XML, para transporte e armazenamento de dados. O usuário pode definir a sua própria linguagem para modelar os seus dados partindo da GML, que a partir da versão 3.0 oferece esquemas que contém modelos de geometria, feições e superfícies (DAVIS JR. et all, 2005). Esta linguagem é utilizada em conjunto com a especificação *WFS* para o compartilhamento de dados. No quadro 4, vemos um exemplo de código GML.

```
<gml:Polygon>
  <gml:outerBoundaryIs>
    <gml:LinearRing>
      <gml:coordinates>
        0,0 100,0 100,100 0,100 0,0
      </gml:coordinates>
    </gml:LinearRing>
  </gml:outerBoundaryIs>
</gml:Polygon>
<gml:Point>
  <gml:coordinates>100,200</gml:coordinates>
</gml:Point>
<gml:LineString>
  <gml:coordinates>100,200 150,300</gml:coordinates>
</gml:LineString>
```

Quadro 4: Fragmento de código GML (fonte: WIKIPÉDIA, 2009b)

Atualmente, a maioria das aplicações de geoprocessamento, proprietárias ou livres, aderiram às especificações da OGC, tornando mais fácil o compartilhamento dos dados.

Levando em consideração a adoção da Internet como meio de disseminação de dados, apontado até mesmo pelas especificações da OGC, muitas aplicações foram desenvolvidas para visualização, distribuição e manipulação de dados geográficos utilizando este ambiente, surgindo assim o conceito de *Webmapping*, onde o navegador é utilizado para este propósito.

Neste cenário a arquitetura cliente/servidor, também conhecida como arquitetura de duas camadas, onde temos um nível de servidores de banco de dados (SGBD) e outro com os clientes, tem cedido lugar à arquitetura de três camadas, na qual é acrescentado um nível intermediário, que recebe o nome de servidor de aplicações. Esta arquitetura geralmente é utilizada em sistemas baseados na Internet. (DAVIS JR.; SOUZA; BORGES, 2005)

Assim, os SIG passaram de aplicações isoladas, com dificuldade de troca de dados, para uma estrutura interoperável e distribuída, com especificações de dados aberta possibilitando o compartilhamento de dados de maneira mais eficaz, e pela Internet.

1.8 Sistemas de Informação Geográfica Livres

O *Software Livre* está consolidado em aplicações de servidor e ferramentas de automação de escritório, como visto anteriormente. Porém, este movimento não está restrito a estas áreas e tem avançado muito no desenvolvimento de ferramentas de geoprocessamento.

Atualmente, existe uma fundação sem fins lucrativos, a OSGEO, que promove e apóia o desenvolvimento colaborativo de tecnologias e dados geoespaciais abertos. Na página da OSGEO (<http://www.osgeo.org/>) podemos encontrar vários projetos que foram encampados pela fundação, como o *Mapserver*, *Geoserver*, *gvSIG*, *Quantum Gis*, *Postgis*, etc.

Dentre os programas voltados para o geoprocessamento, alguns destacam-se devido a uma grande comunidade ativa de usuários e desenvolvedores como, por exemplo, as ferramentas de *webmapping Geoserver* e *Mapserver*.

Outros SL que merecem destaque são os SIGs *gvSig* e o *Quantum Gis* voltados para aquisição e edição de dados geográficos, e também o *Postgis*, extensão de dados geoespaciais para o SGBD *PostgreSQL*.

1.8.1 *Mapserver*

O desenvolvimento do *Mapserver*, ferramenta para publicação de dados geográficos na Internet, iniciou-se em 1990 na Universidade de Minnesota (UMN) em cooperação com a Nasa e o Departamento de Recursos Naturais de Minnesota (MNDNR) (ABOUT, 2009)

O *Mapserver* está na versão 5.4.2 e possui uma grande variedade de recursos avançados, como (ABOUT, 2009a):

- ✓ De saída cartográfica como desenho de feições de acordo com a escala em tempo de execução;
- ✓ Geração automática de toponímia, com função de mediação de colisões;
- ✓ Geração automática de elementos cartográficos como legenda e barra de escala;
- ✓ Funções de mapeamento temático utilizando expressões lógicas e regulares;
- ✓ Suporte a fontes *true-type*;
- ✓ Suporte a linguagens de script e ambientes de desenvolvimento como PHP, Python, Perl, Ruby, Java, and .NET;
- ✓ Multiplataforma (Linux, Windows, Mac OS X, Solaris, etc)
- ✓ Suporte a vários padrões da OGC (WMS – Cliente e servidor, WFS não transacional, WMC, WCS, etc)
- ✓ Suporte a vários formatos de dados raster e vetor (TIFF/GeoTIFF, EPPL7, e muitos outros via GDAL e ESRI *shapfiles*, *PostGIS*, ESRI *ArcSDE*, *Oracle Spatial*, *MySQL* e muitos outros via OGR);
- ✓ Suporte a projeção de mapas através da biblioteca PROJ.4.

1.8.2 *Geoserver*

O *Geoserver* é um Servidor de Dados Espaciais escrito em Java que permite aos usuários a visualização e edição dos mesmos. Foi projetado visando a interoperabilidade, sendo capaz de publicar os dados de qualquer origem que adote as especificações da OGC. Possui selo de conformidade com as especificações WMS 1.1.1, WFS 1.0 e WCS 1.0.

Segundo sua página oficial na Internet, o *Geoserver* é a implementação de referência das especificações WFS E WCS. (WELCOME, 2009)

Foi desenvolvido sobre uma biblioteca livre de desenvolvimento de aplicações geoespaciais, a *Geotools*, e permite a integração com outras soluções populares de mapeamento na internet como o *Google Maps*, *Google Earth*, *Yahoo Maps* e também conexão com ferramentas tradicionais de SIG, como o *ArcGis* e todas as outras que acessem dados através dos serviços da OGC citados anteriormente (WHAT, 2009).

Possui interface simples para configurar os serviços de distribuição dos dados, facilitando o domínio das funcionalidades básicas pelos usuários, mesmo sem um conhecimento profundo do assunto.

Entre as funcionalidades deste servidor de dados geográficos, destacamos as seguintes (WHAT, 2009):

- ✓ Totalmente em conformidade com as especificações da OGC WMS 1.1.1, WFS (1.0 e 1.1 transacional e não transacional) e WCS (1.0 e 1.1), passando pelo teste da OGC CITE (*Compliance and Interoperability Testing Initiative*);
- ✓ Facilidade de configuração através de interface *web*;
- ✓ Suporte maduro ao *Postgis*, *Oracle*, *Shapefile*, *ArcSDE* e *DB2*;
- ✓ Suporte nativo Java para *GeoTIFF*, *GTOPO30*, *ArcGrid*, *WorldImages*, Mosaicos de Imagem e Pirâmides de Imagem;
- ✓ Suporte para *MrSID*, *ECW*, *JPEG2000*, *DTED*, Imagens Erdas e NITF através da extensão GDAL;
- ✓ Saídas de mapas no formato JPEG, GIF, PNG, PDF, SVG, KML e GeoRSS;
- ✓ Ferramenta de visualização de dados geográficos, *Openlayers*, integrado;
- ✓ Suporte completo a SLD, especificação OGC para definir estilos de mapa, incluindo tipos definidos pelo usuário;

1.8.3 gvSIG

O projeto de desenvolvimento do *gvSIG* iniciou-se em 2003 para atender uma demanda do Conselho de Infraestrutura e Transporte de Valência, Espanha, onde era iniciado um novo projeto de manejo de informações geográficas. Os requisitos do projeto eram os seguintes: (CONEGA, 2009a)

- ✓ Portável: funcionar em diferentes sistemas operacionais;

- ✓ Modular: facilidade de adicionar novas funcionalidades, após o fim do desenvolvimento;
- ✓ Código Aberto: código fonte original deveria estar disponível a comunidade;
- ✓ Licença Livre: sem limite de instalação;
- ✓ Interoperável: capacidade de acessar os diversos formatos de dados existentes;
- ✓ Sujeito a padrões: seguir as especificações da OGC e da União Européia.

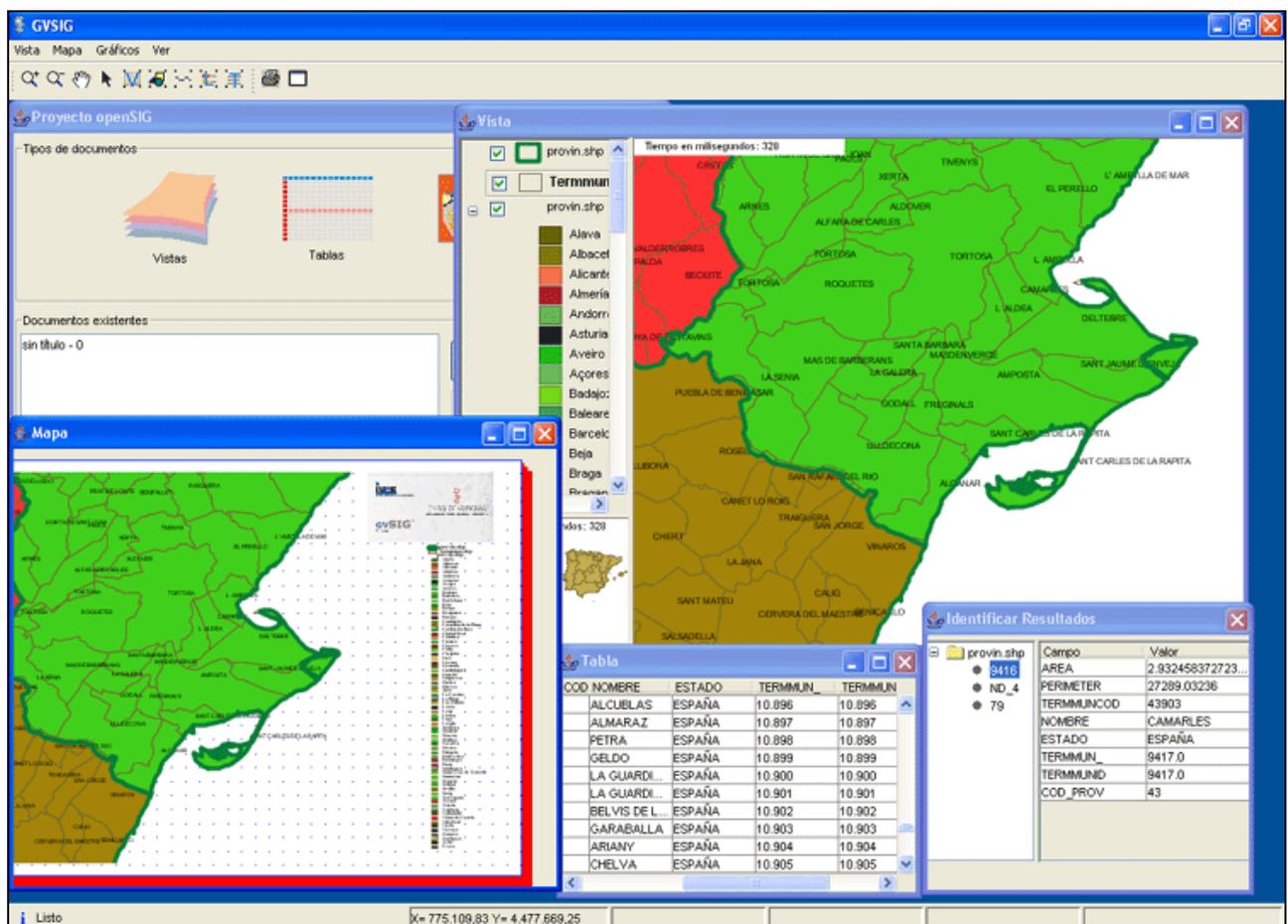


Figura 4: GvSIG (fonte: CAPTURES, 2009)

Assim, foram utilizadas bibliotecas de desenvolvimento de *software* abertas, como o *Geotools2*, *JTS*, *GDAL*, além de partes dos códigos de outros SL disponíveis, como o *Mapserver* e o *OpenJump* e a linguagem utilizada foi a Java para atender o requisito da portabilidade (CONEGA, 2009b)

1.8.4 *Quantum Gis*

O *Quantum Gis* (figura 5) é um SIG amigável que funciona tanto no sistema operacional Linux quanto no Windows, além do Mac OS/X. O seu desenvolvimento iniciou-se em 2002, com o objetivo de atender a demanda por este tipo de sistema aos usuários do Linux. (ABOUT, 2009b)

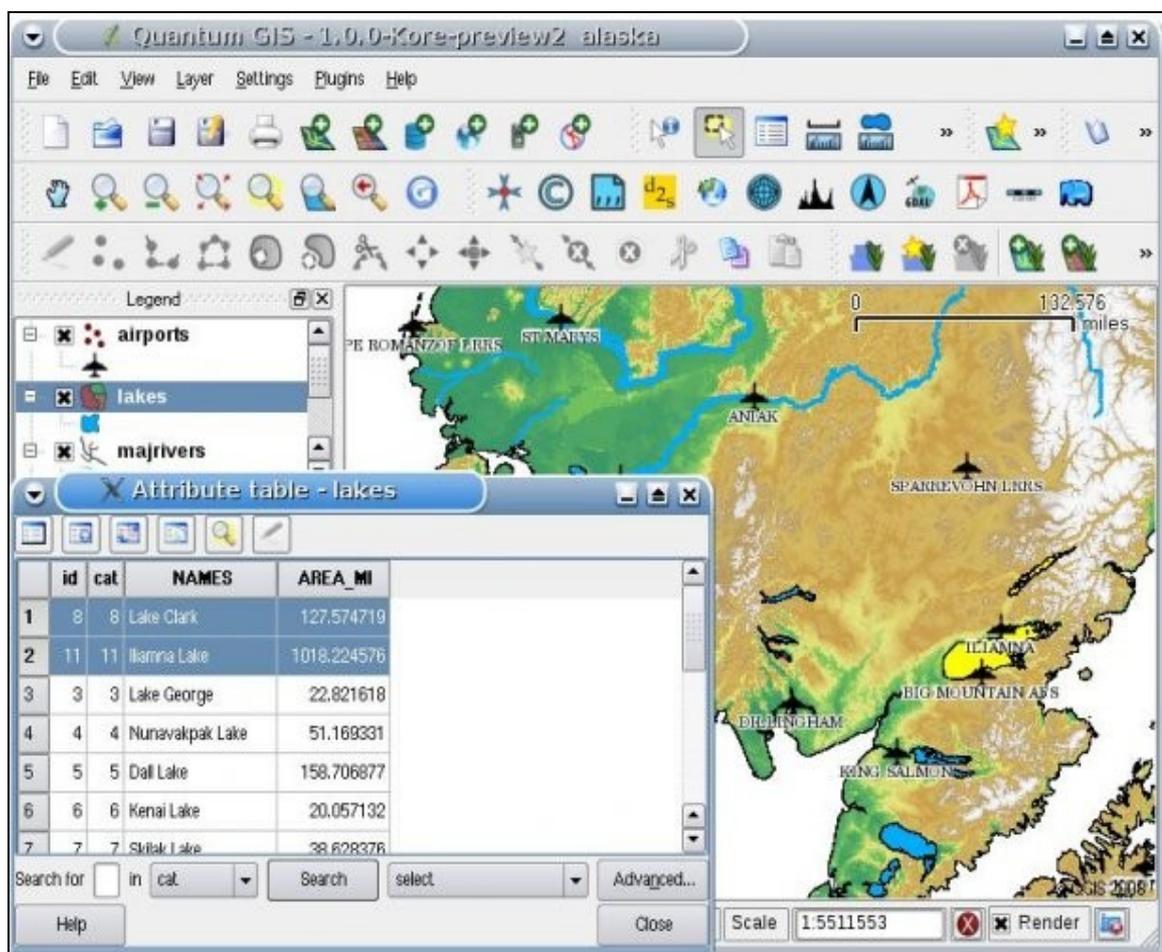


Figura 5: *Qgis*. (fonte: *QGIS*, 2009)

Este SIG possui uma ampla gama de funcionalidades, dentre as quais, destacamos:

- ✓ Capacidade de visualizar dados de diferentes formatos (*Postgis*, *Shapefile*, *Mapinfo*, *GML*, acesso a dados disponibilizados online via *WMS* ou *WFS*), raster e vetor, em diferentes sistemas de projeção simultaneamente, sem necessidade de conversão para um formato próprio;

- ✓ Criação, edição e exportação de dados geográficos através de ferramentas de digitalização, georreferenciamento e aquisição de dados de GPS;
- ✓ Criação de mapas e exploração de dados geográficos através de uma interface gráfica amigável, com uma grande variedade de ferramentas como a de composição de mapa, identificação e seleção de feições, alteração de simbologia de raster e vetor, etc.

Além das funcionalidades existentes, ainda é possível adicionar novas funções desenvolvendo *plugins*. (QGIS, 2009)

1.8.5 PostGis

O *PostGIS* é uma extensão do SGBD objeto-relacional *PostgreSQL* que o habilita a armazenar e manipular dados geográficos.

O SGBD *PostgreSQL* foi desenvolvido inicialmente na Universidade da Califórnia em um projeto liderado pelo professor Michael Stonebraker no ano de 1986. Somente em 1996 o projeto deixou a academia e passou a ser desenvolvido pela comunidade de desenvolvedores de SL, ganhando relevância depois de contar com características importantes como sistema de controle de concorrência, velocidade e conformidade com os padrões SQL, etc. (HISTORY, 2009)³²

De acordo com History³³, atualmente o *PostgreSQL* é um projeto de destaque entre os projetos desenvolvidos em SL, devido a mais de uma década em desenvolvimento ativo. E ele também é considerado um SGBD corporativo, pois conta com funcionalidades avançadas como criação de *tablespace*, criação de funções com a linguagem Java e realização de *backup* com o SGBD em funcionamento. Além de uma grande variedade de funções, outra característica marcante é a facilidade de adicionar novas funcionalidades através de interfaces nativas para várias linguagens de programação como C/C++, Java, .Net, Perl, Python, Ruby, Tcl, entre outras, sendo assim altamente adaptável (HISTORY, 2009).

Outras características do *PostgreSQL* são: (ABOUT, 2009c)

- ✓ Tamanho ilimitado de Base de Dados;
- ✓ Tabelas com capacidade de até 32 Tb;
- ✓ Linhas com até 1.6 Tb;

³² HISTORY. PostgreSQL: History. Acesso em Nov. de 2009

³³ Ibid.

- ✓ Campos com até 1 Gb;
- ✓ Tabelas com capacidade ilimitada de linhas;
- ✓ Tabelas com até 250 ou no máximo 1600 colunas, dependendo do tipo de dado;
- ✓ Criação ilimitada de índices por tabela;

Os desenvolvedores do *PostgreSQL* procuram seguir os padrões existentes, assim, por exemplo, a implementação SQL do SGBD está totalmente em conformidade com o ANSI-SQL:2008 (ABOUT, 2009c).

O *PostgreSQL* possui tipos de dados geométricos, porém são muito limitados para realizar operações espaciais e análises com dados de SIG, necessitando muito esforço na implementação de novas operações espaciais (QUEIROZ; FERREIRA, 2005).

Assim, com a facilidade de adicionar novos tipos e a boa documentação do *PostgreSQL*, os desenvolvedores do *Postgis* não encontraram dificuldades para criar a primeira versão em maio de 2001, a qual foi baseada na especificação da OGC, SF-SQL. Porém somente na versão 0.8 o *Postgis* passou a estar totalmente em conformidade com a especificação da OGC. (POSTGIS, 2009)

Com o lançamento da versão 1.0 do *Postgis*, a integração com vários outros aplicativos em SL na área de geoprocessamento devido à sua aderência à especificação da OGC e o ganho de desempenho na manipulação de grandes bases de dados, esta extensão espacial passou a ser referência como sistema de armazenamento de geometrias, passando a ser utilizada em vários projetos importantes pelo mundo como, por exemplo, o Sistema de Informação Territorial Estatal *Online* do México, em que vários órgãos deste país compartilham os seus dados espaciais.

Como vimos, há vários projetos de SL na área de geoprocessamento amplamente utilizado pela comunidade de usuários para divulgação, criação, manipulação e armazenamento de dados geográficos.

2 – MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 A Carta CIM

As especificações da Carta CIM foram adotadas em 1962, em uma conferência das Nações Unidas, e serve como orientação para os países confeccionarem as folhas da referida carta que cobrem seus territórios. (IBGE, 1993)³⁴.

De acordo com IBGE³⁵, o Brasil é recoberto por 46 folhas da Carta CIM (figura 6), sendo que cada folha abrange uma área de 4 graus de latitude por 6 graus de longitude.

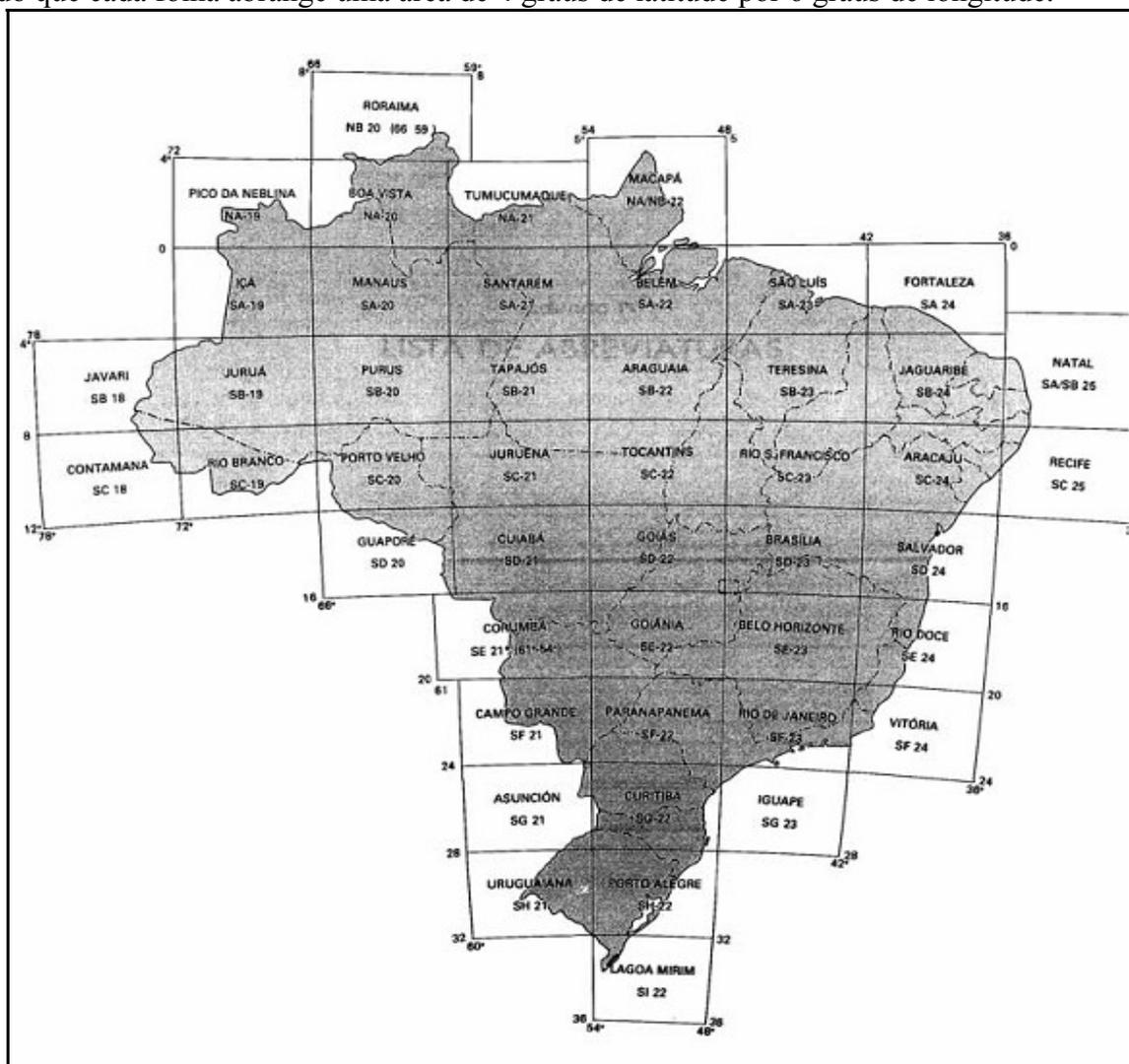


Figura 6: Folhas da Carta CIM que cobrem o Brasil. (fonte: IBGE, 1993)

³⁴ IBGE. Diretoria de Geociências. Manual de Normas, Especificações e Procedimentos Técnicos para a Carta Internacional do Mundo, Ao Milionésimo - CIM 1:1000000. Rio de Janeiro:1993.

³⁵ Ibid.

O objetivo da Carta CIM é servir como um documento que permita uma visão de conjunto do mundo, auxiliando aos órgãos competentes na tomada de decisão e também no atendimento às necessidades dos especialistas das mais variadas ciências. Outro objetivo é servir de base para a confecção de cartas temáticas em escalas menores, as quais são fundamentais em estudos e análises diversas (IBGE, 1993).

Atualmente, a Carta CIM é distribuída pelo IBGE no formato *shape*, e *Access* (no formato Geomedia e ArcView) de acordo com a estrutura de dados da Mapoteca Digital (MD) versão 5 (figura 7). Os arquivos estão disponíveis na página *web* da instituição.

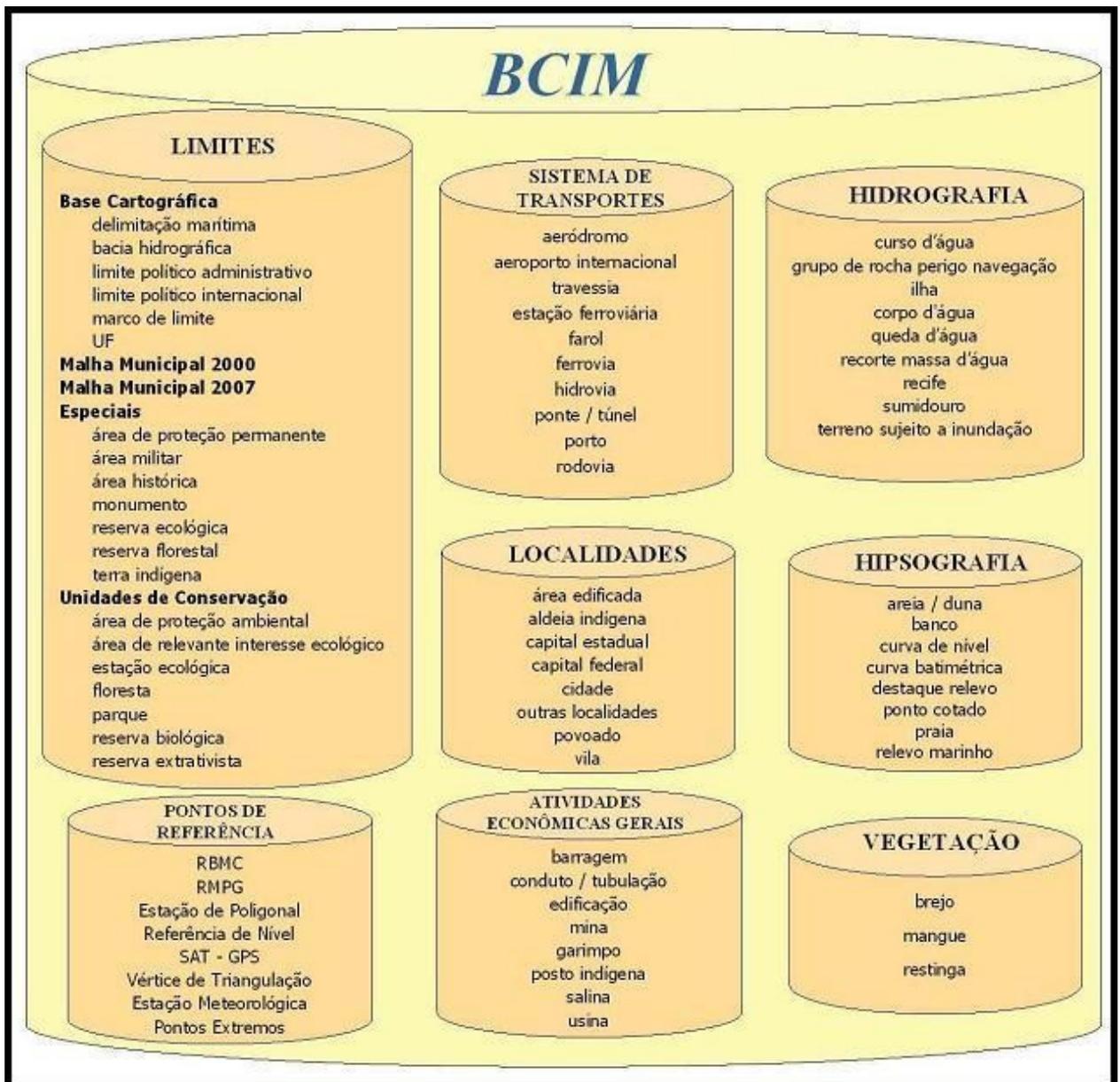


Figura 7: Categorias da Mapoteca Digital, versão 5. (fonte: IBGE, 2009)

De acordo com IBGE (2003), os elementos geográficos na MD versão 5 estão organizados de acordo com as categorias de informação Hidrografia, Hipsografia, Localidade, Limite, Sistema de Transporte, Atividades Econômicas e Gerais, Pontos de Referência e Vegetação.

Os arquivos estão em um formato vetorial, adequados para utilização em Sistemas de Informação Geográfica, sendo necessário realizar a editoração cartográfica para obtermos a carta com a apresentação correta para impressão.

Na especificação da Carta CIM, do IBGE, encontramos a simbologia utilizada na apresentação dos elementos cartográficos que forem mapeados, como tipo de traço, cor, símbolos, etc. Além disso, é descrita o sistema de referência das folhas, ou seja, como a Carta CIM é subdividida, mencionando as dimensões de cada folha, as zonas e os fusos adotados.

A projeção adotada na confecção das folhas da Carta CIM entre as latitudes 84 N e 80 S é a Cônica Conforme de *Lambert* com 2 paralelos padrões (figura 8). E para as folhas situadas nas regiões polares recomenda-se o uso da Projeção Estereográfica Polar (IBGE, 1993).

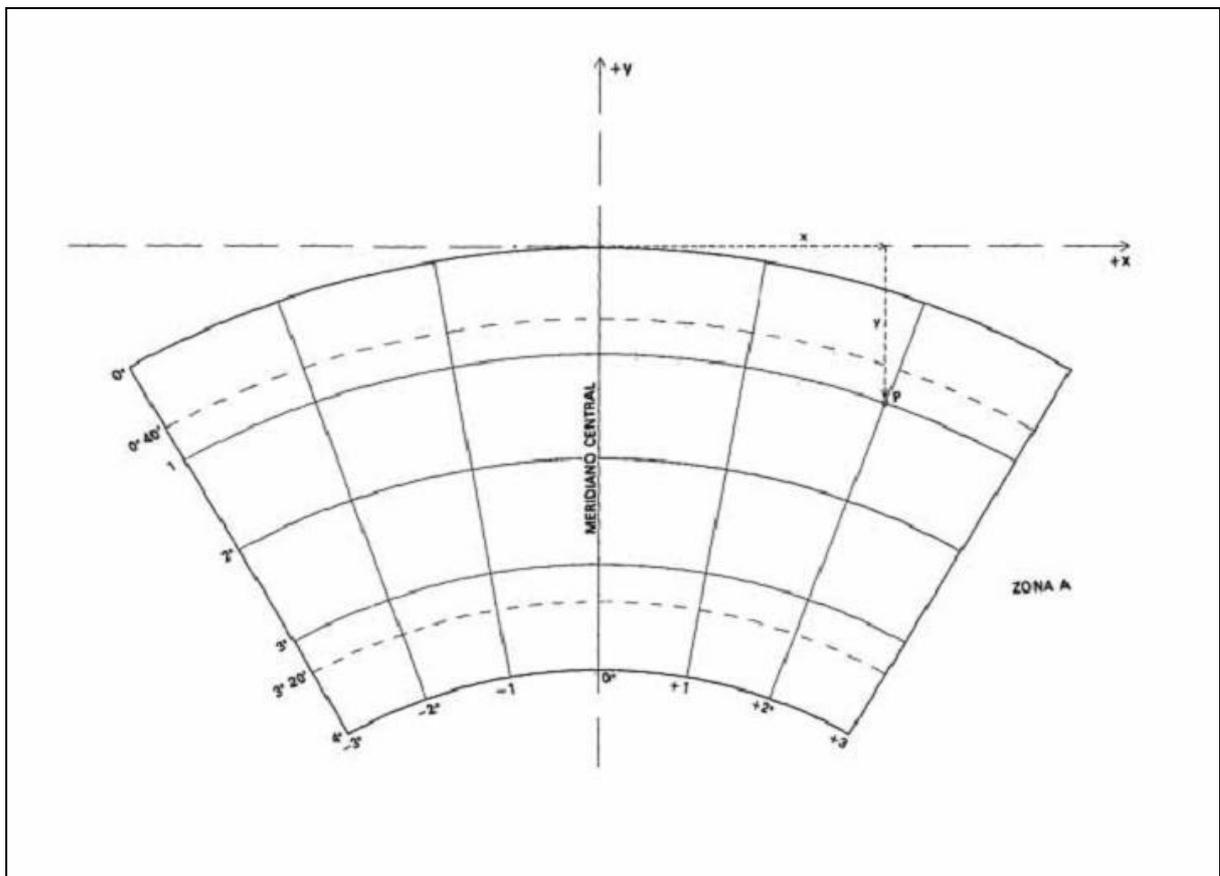


Figura 8: Projeção Cônica Conforme de *Lambert*. (IBGE, 1993)

A carta CIM passou a ser disponibilizada no Brasil em formato digital no ano de 2003, sendo que os dados foram integrados, não mais obedecendo a subdivisão original em folhas (figura 9), como no caso da edição impressa (IBGE, 2009). A versão digital integrada passou a ser chamada de Base Cartográfica Integrada do Brasil ao Milionésimo Digital (bCIMd) (IBGE, 2003). Assim, temos o mapeamento de todo território do País de maneira contínua e em uma mesma escala, permitindo a realização de análises sobre os objetos geográficos na sua totalidade.

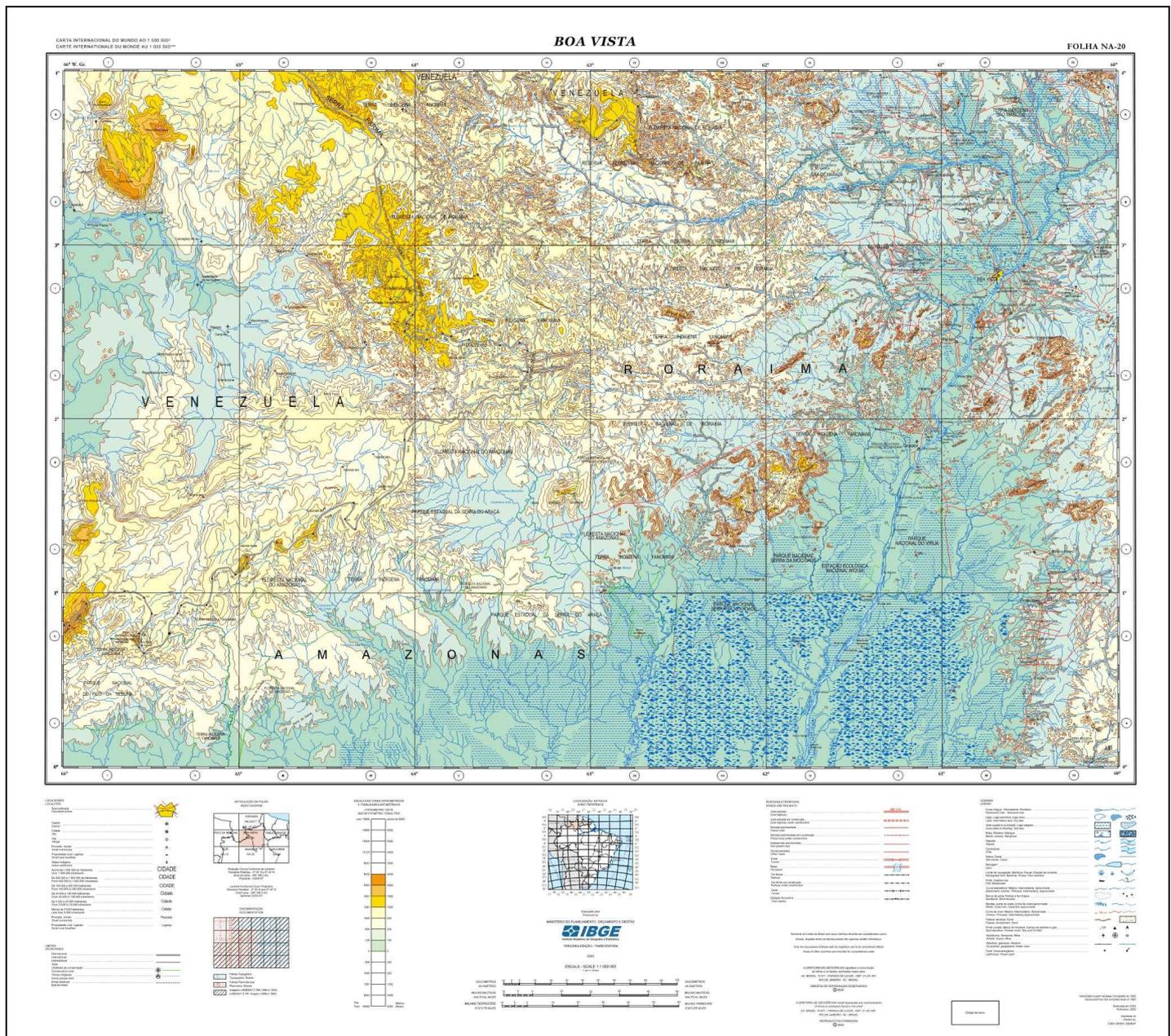


Figura 9: Folha da Carta CIM. (IBGE)

2.2 Modelagem da Solução Proposta de Editoração Cartográfica com Software Livre

No desenvolvimento da solução proposta, iremos considerar três níveis de abstração do modelo de dados (figura 10), conforme apresentado no capítulo anterior (nível de representação, nível de apresentação e nível de implementação).

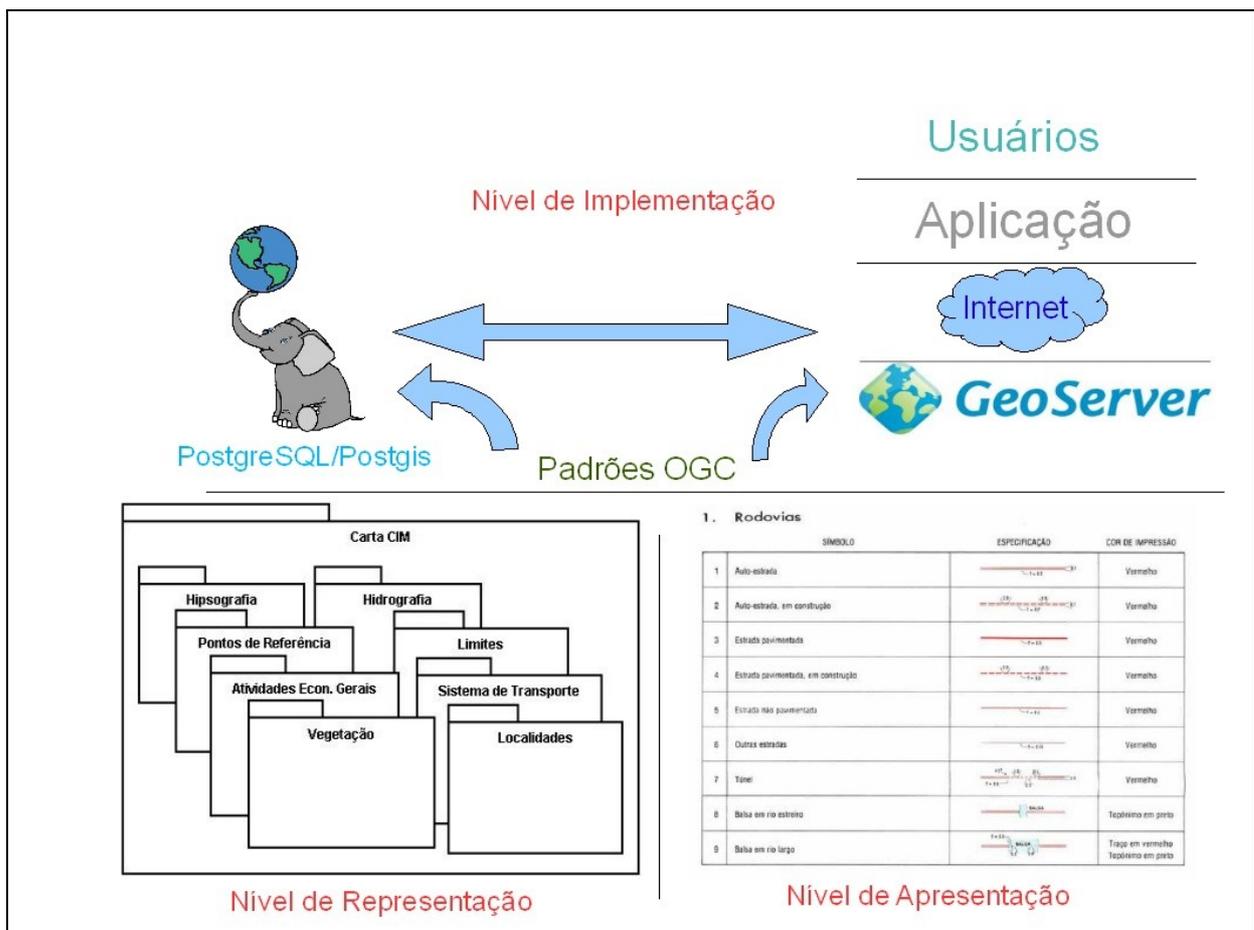


Figura 10: Níveis de Abstração da Solução Desenvolvida.

No nível de representação não iremos alterar de maneira significativa o modelo original com o qual os dados são disponibilizados, sendo alterado somente quando houver necessidade em função da apresentação do dado, como por exemplo, no caso das cores hipsométricas, que derivam das curvas de nível, sendo necessário criar polígonos através das geometrias do tema original.

Para o nível de apresentação seguiremos a especificação adotada pelo órgão produtor do dado e por todos os países que produzem a Carta CIM, o Manual de Normas,

Especificações e Procedimentos Técnicos para Carta Internacional do Mundo, Ao Milionésimo – CIM.

E no nível de implementação iremos adotar os padrões atuais utilizados no tratamento dos dados e informações geográficos e aplicações para a manipulação, visualização e armazenamento dos mesmos, desde que sejam disponibilizadas através de uma licença livre, além de um ambiente de desenvolvimento para fazer a aplicação final, com a qual os usuários irão acessar as folhas da Carta CIM editoradas. O nível de representação será implementado em um SGBD com extensão espacial, em função da natureza geográfica dos dados que estamos trabalhando. O nível de apresentação será implementada em uma ferramenta de *webmapping*, que realiza a tarefa de atribuição de simbologia aos objetos geográficos de maneira muito eficaz.

Assim, neste projeto necessitaremos de ferramentas de:

- ✓ Armazenamento de dados geoespaciais;
- ✓ SIG, para realizar as tarefas de edição dos dados;
- ✓ *Webmapping*, para distribuir e realizar a função de apresentação das feições cartográficas;
- ✓ Desenvolvimento de aplicações;

2.3 Critérios utilizados na seleção das aplicações

Levando em consideração o estágio atual de amadurecimento das aplicações livres em geoprocessamento, iremos explorar o potencial de utilização das mesmas em um ambiente de produção cartográfica.

Para alcançar o objetivo proposto inicialmente serão utilizadas as funcionalidades oferecidas pelos aplicativos selecionados, e desenvolvidas customizações quando necessário, aproveitando ao máximo as potencialidades dos mesmos na execução das etapas necessárias para obtenção de uma folha cartográfica editorada.

Na seleção dos aplicativos utilizados na solução para realizar a etapa de editoração de folhas de cartas topográficas adotamos como critérios, além do atendimento dos requisitos do projeto, a adoção de um tipo de licença livre na distribuição dos mesmos. Depois, avaliamos se o referido programa possui uma versão estável, considerada finalizada e finalmente, se o

desenvolvimento continua ativo, ou seja, existe uma comunidade de usuários e desenvolvedores trabalhando na avaliação e melhorias do aplicativo.

Daí, a primeira etapa do método é selecionar as aplicações que serão utilizadas no desenvolvimento da solução para editoração de folhas de cartas topográficas, de acordo com os seguintes critérios:

1. Ser distribuído segundo um tipo de licença livre;
2. Possuir uma versão estável;
3. O desenvolvimento permanecer ativo atualmente;
4. Estar em conformidade com os padrões vigentes;

2.4 Seleção da Ferramenta de *Webmapping*

Existem duas aplicações livres de *Webmapping*, com uma grande comunidade de usuários, muitos casos de uso de sucesso, com versões estáveis e com lançamento frequente de novas versões, que são o *Mapserver* e o *Geoserver*.

O critério que definiu a escolha entre essas duas aplicações foi o de conformidade com os padrões de acesso e distribuição da OGC. Apesar do *Mapserver* possibilitar o acesso aos dados através das especificações da OGC, como, WMS, WFS e WCS, constatamos que o mesmo não está totalmente em conformidade com estes. Podemos verificar isso ao consultar a documentação disponível na internet, onde encontramos várias limitações nas implementações dos serviços OGC, como, por exemplo, na aplicação de filtros espaciais em documentos SLD (McKENNA; ASSEFA, 2009).

Ao contrário do *Mapserver*, o *Geoserver*, como já citado anteriormente, apresenta em sua página na internet um selo de certificação da OGC de conformidade com as especificações WCS 1.0, WMS 1.1.1 e WFS 1.0 (WELCOME, 2009), além de ser considerada a implementação de referência para as especificações WCS 1.1.0, WFS 1.1 e WFS 1.0.0 (COMPLIANCE, 2009).

Assim, a ferramenta de *webmapping* selecionada foi o *Geoserver*, um sistema estável, de fácil configuração, com uma grande comunidade de usuários, livre e de fácil entendimento.

2.5 Seleção do SIG

Dentre os SIG disponibilizados como SL encontramos muitas opções como *Quantum GIS*, *Gvsig*, *Openjump* e *Udig*.

Entre estes citados todos atendem aos critérios adotados, sendo que o *Quantum GIS* e o *Gvsig* disponibilizam novas versões com mais frequência, assim, selecionamos os dois para serem avaliados.

Avaliamos as aplicações selecionadas em função das nossas necessidades e constatamos que ambos estão aptos a executar as tarefas envolvidas no projeto de modo que podemos adotar tanto um como outro sem prejuízo no resultado esperado.

2.6 Seleção do SGBD com Extensão Espacial

Dentre os Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados livres, os mais populares são o *PostgreSQL* (<http://www.postgresql.org/>) e o *Mysql* (<http://www.mysql.com/>) e ambos possuem extensões que os habilitam a armazenar e manipular dados geográficos.

No que diz respeito ao desenvolvimento os dois SGBDs possuem versões estáveis e atualizações são disponibilizadas com frequência, além de possuírem comunidades de usuários muito ativas, atendendo, assim, parte dos quesitos iniciais para a seleção de aplicações.

Existem vários estudos comparativos entre os dois sistemas (WIKIVS, 2009, POSTGRESQL, 2009, etc) mostrando que um está mais comprometido com a velocidade de acesso e consulta aos dados enquanto o outro com a integridade dos mesmos, ficando a escolha condicionada aos requisitos do projeto.

A decisão de qual destes sistemas adotar foi tomada na avaliação dos mesmos em relação aos padrões existentes. Além de constar na página oficial do *PostgreSQL* a conformidade do mesmo com o Padrão SQL, podemos constatar em consultas na documentação disponibilizada por ambos na Internet, que o *Postgis*, extensão espacial do *PostgreSQL*, atende o critérios de conformidade com o Padrão OGC SF-SQL, de armazenamento e manipulação de dados geográficos em banco de dados, enquanto que o *Mysql* implementa o mesmo padrão sem estar completamente em conformidade. Além disso,

o *Postgis* possui mais funções de manipulação de dados espaciais, dando melhor suporte no tratamento dos mesmos.

Diante do que foi exposto, o SGBD selecionado foi o *PostgreSQL* com a extensão espacial *Postgis*.

2.7 Seleção do Ambiente de Desenvolvimento

O trabalho necessário para a conclusão da editoração de uma folha da Carta CIM não será totalmente realizado através das funcionalidades disponibilizadas pelas aplicações selecionadas, sendo necessário desenvolver uma aplicação para automatizar algumas tarefas do processo, customizando as ferramentas utilizadas para realizar partes específicas deste projeto.

A linguagem de programação selecionada para desenvolver a aplicação foi a Java, pois uma ferramenta importante utilizada neste trabalho, o *Geoserver*, é desenvolvido nesta linguagem. Além disso, Java é distribuída como SL, é utilizado por mais de 6 milhões de desenvolvedores e dá suporte para uma ampla variedade de tecnologias. Outro ponto importante para essa escolha foi a existência de uma biblioteca livre escrita nesta linguagem de programação para desenvolvimento de aplicações de geoprocessamento, a *Geotools*, utilizada pelas principais ferramenta nesta área, como o *Geoserver*, por exemplo. (SAIBA, 2009)

O ambiente de desenvolvimento utilizado neste trabalho foi o Eclipse, inicialmente desenvolvido pela IBM em 2001 e sob a responsabilidade de uma fundação atualmente. Com o Eclipse temos suporte para gerenciar, testar e compilar o código fonte de maneira mais eficiente, aumentando a produtividade na criação de aplicações Java.

2.8 Implementação da Solução Proposta de Editoração Cartográfica com *Software Livre*

A etapa de implementação da solução proposta consiste no emprego de cada ferramenta selecionada na resolução parcial do problema levantado inicialmente, a editoração cartográfica utilizando SL, e no desenvolvimento de uma aplicação para acessar os dados e automatizar partes do processo finalizando a produção do documento final, a folha cartográfica editorada.

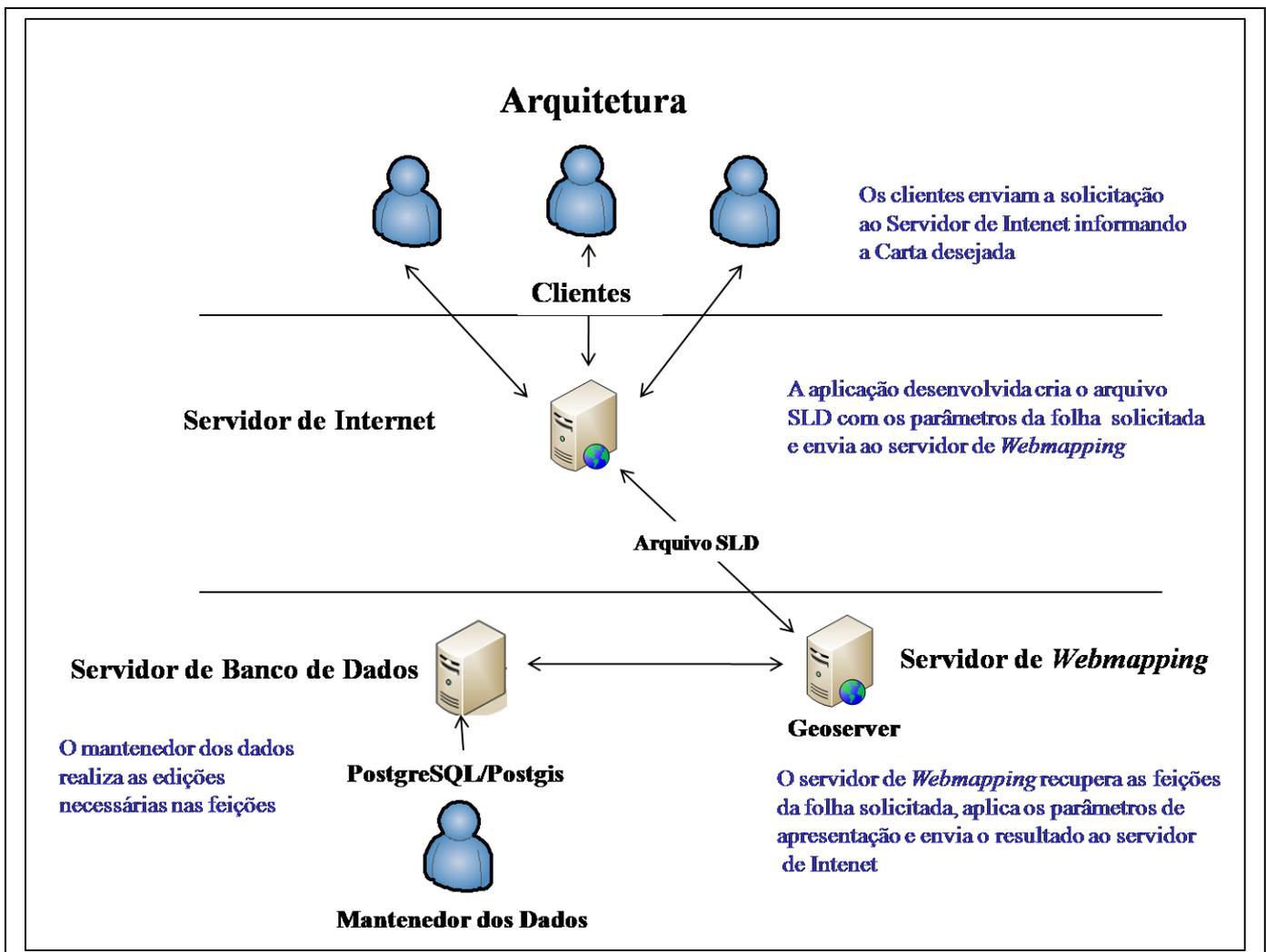


Figura 11: Arquitetura da Solução Desenvolvida.

Na figura 11 mostramos a arquitetura da solução desenvolvida, desde a solicitação do usuário (cliente) até o processamento da mesma pelo servidor de *webmapping*.

O processo inicia-se a partir da solicitação de uma folha pelo usuário, a qual é enviada ao servidor de internet e processada pela aplicação desenvolvida, que cria um arquivo SLD com os parâmetros da moldura e níveis informação que compõe a folha. O servidor de internet envia o arquivo SLD gerado pela aplicação ao servidor de *webmapping*, onde o mesmo é processado, sendo criado o arquivo PDF da folha e enviado ao usuário.

A seguir, detalharemos a aplicação das ferramentas selecionadas na resolução de cada etapa do processo de editoração cartográfica.

2.8.1 Armazenamento e Manipulação de Dados Geográficos

Para que o processo de editoração cartográfica seja realizado totalmente com SL, devemos partir desde o armazenamento até o produto final. Para isso ocorrer, devemos migrar os dados do seu formato original para o SGBD selecionado.

No SGBD, além de armazenar os dados, também realizaremos algumas tarefas de manipulação dos mesmos a fim de prepará-los para receber a simbologia adequada.

A grande diferença entre sistemas CAD, de criação e manipulação de dados gráficos, e SIG é que o último apresenta capacidades de transformação e integração dos dados espaciais originais de maneira a permitir a realização de consultas para responder perguntas relacionadas ao contexto geográfico. (DATA, 2009)

O *Postgis* fornece muitas funcionalidades normalmente relacionadas ao SIG através de operações SQL sendo possível realizar 90 % das atividades executadas por esses tipos de sistema no SGBD. Utilizaremos esses recursos na manipulação dos dados geográficos. (REFRACTIONS, 2009)

Os dados da Carta CIM estão disponibilizados sem restrição no servidor FTP do IBGE e os arquivos estão organizados tanto por folha como na forma de base integrada, sendo esta última opção conhecida como base contínua.

Neste trabalho optamos pela base contínua, sendo o motivo desta escolha operacional pela facilidade no momento da migração, pois cada classe de objetos que cobre o território brasileiro está reunida em um arquivo, sendo necessário realizar o procedimento de importação uma vez por classe, ao contrário da outra opção, na qual seria necessário repetir o mesmo procedimento para cada classe em todas as folhas.

O *Postgis* possui um utilitário chamado de *shp2pgsql*, que auxilia na importação de arquivos do tipo *Shapefile* para o banco de dados. Desta forma, os dados foram obtidos, através de *download*, neste formato e realizamos a importação para o SGBD com este aplicativo.

Após a importação, cada arquivo passou a ser uma tabela no banco de dados, com um campo espacial correspondente à geometria do objeto geográfico.

As principais operações realizadas no SGBD foram a criação de novas tabelas a partir das originais, criação de visões e consultas de análises espaciais para auxiliar a fase de apresentação dos dados.

A criação de novas tabelas foi necessária para reduzir a quantidade de consultas realizadas ao banco no momento da geração da folha editorada, diminuindo o tempo total de processamento e devido à criação de novas classes de objetos com o tipo de geometria diferente das classes de origem.

Este procedimento foi utilizado para a tabela de curva de nível para atender a apresentação de cores hipsométricas na carta CIM, na qual intervalos de altitudes predeterminados recebem uma cor diferente. O resultado é obtido a partir da atribuição da cor hipsométrica ao preenchimento de polígonos, os quais foram criados a partir da geometria das curvas de nível, que é linear, correspondentes ao intervalo da respectiva cor hipsométrica.

Assim, a partir da tabela de curva de nível foi criada uma série de novas tabelas (figura 12) correspondentes às altitudes que recebem a apresentação das cores hipsométricas.

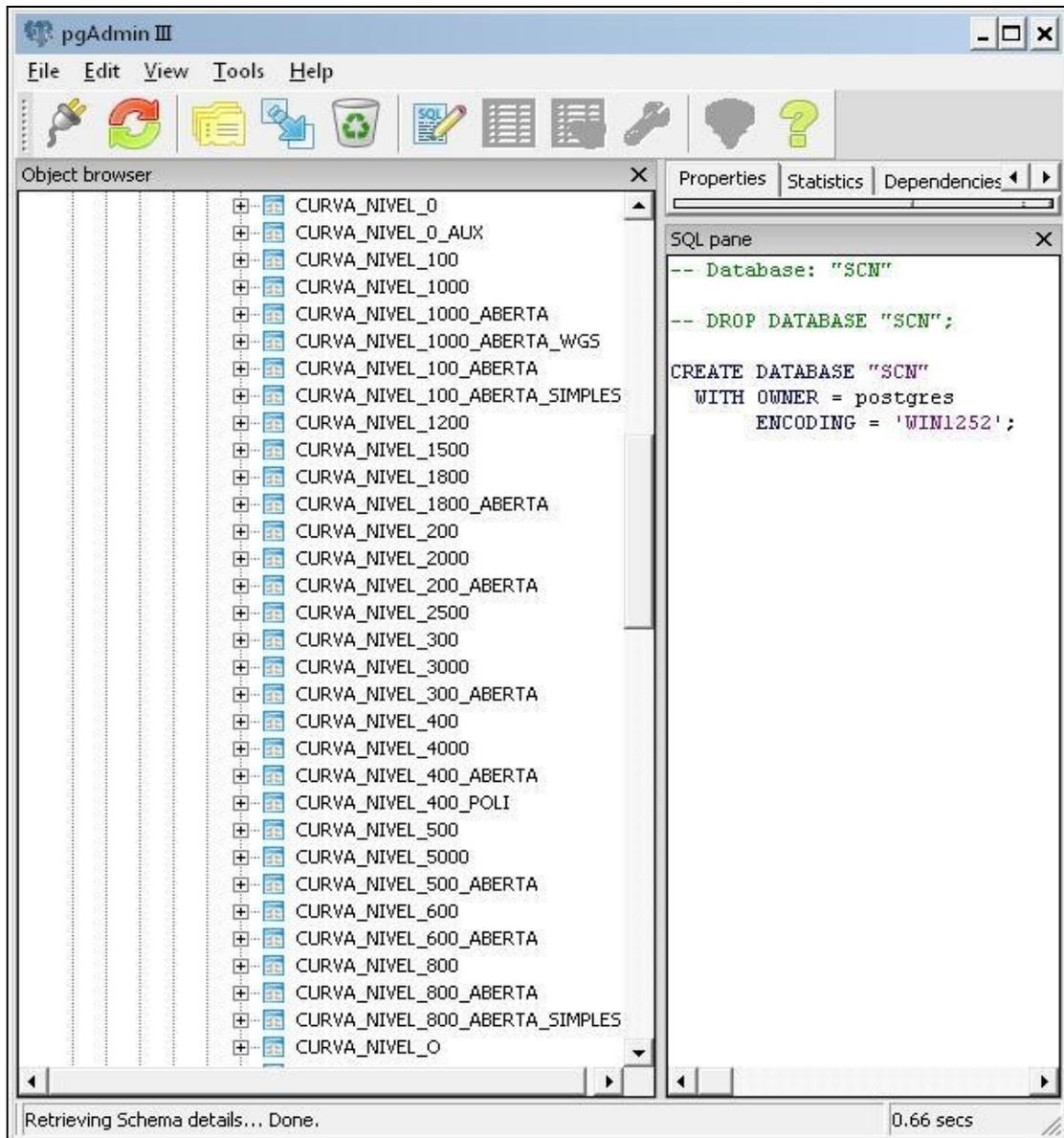


Figura 12: Tabelas geradas a partir da tabela Curva de Nível.

As novas tabelas foram criadas com o campo geométrico do tipo polígono, assim, para abastecê-las, além de realizar uma seleção das curvas de nível correspondente à cor hipsométrica, também foi necessário transformar a geometria da tabela de origem, linhas, em polígonos.

Para que os dados estivessem preparados para receber a apresentação final de acordo com a convenção da Carta CIM, foram necessárias várias modificações nos dados originais e a esta fase do processo de editoração cartográfica chamamos de edição dos dados.

O processo de geração dos polígonos demandou várias etapas intermediárias conforme esquematizado na figura 13, pois originalmente, na etapa de aquisição dos dados da Carta CIM, não havia a necessidade de criação de polígonos das curvas de nível, daí as linhas serem armazenadas sem a preocupação de criar uma poligonal fechada.

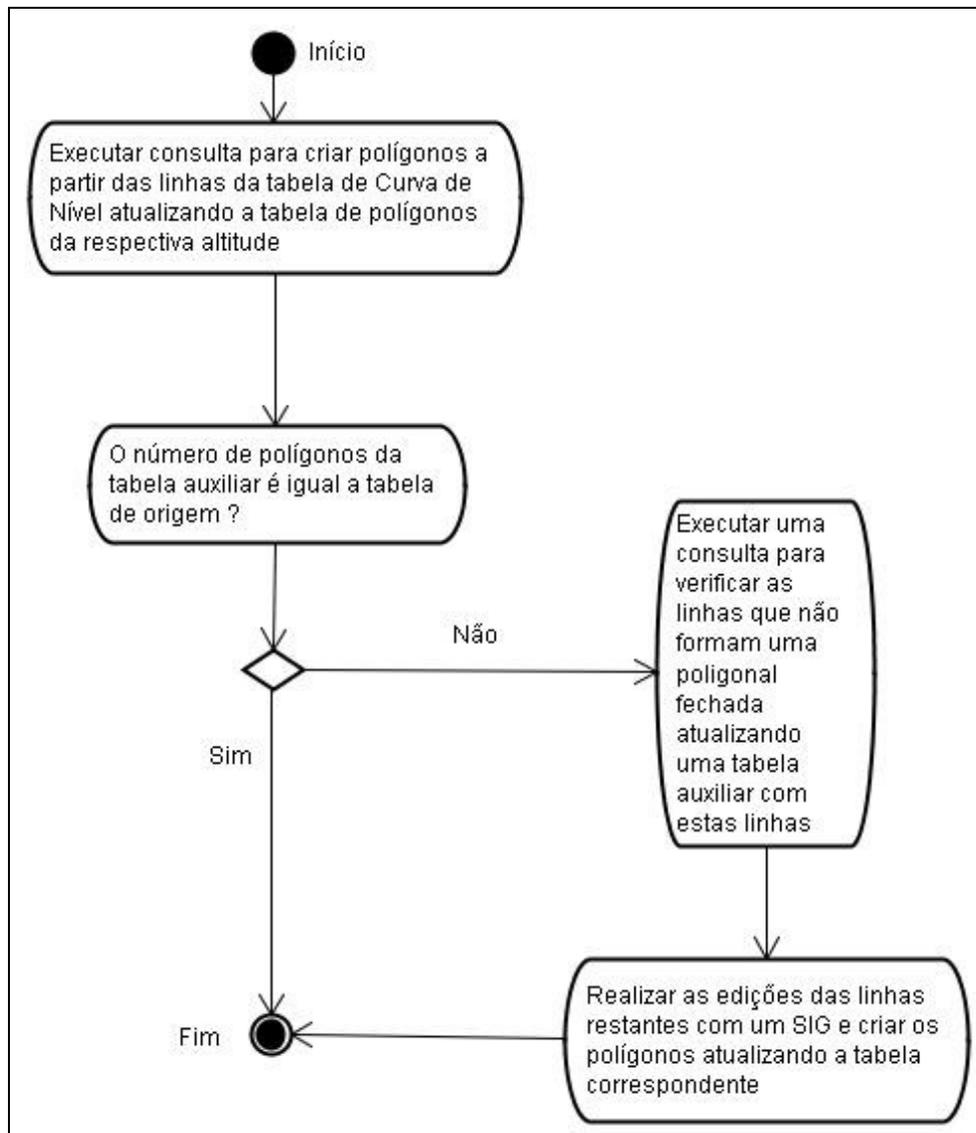


Figura 13: Diagrama de atividades da criação de polígonos.

Inicialmente, realizamos uma consulta para criação de polígonos a partir das linhas da tabela de origem e atualizamos a tabela de polígonos criada previamente. O requisito para o sistema criar os polígonos é que as linhas de entrada estejam conectadas, formando uma poligonal fechada, caso contrário o polígono não será criado.

Após a primeira consulta, realizamos outra para verificar se o número de polígonos criados é o mesmo que das linhas de entrada, no caso afirmativo, o processo de conversão das linhas em polígonos está finalizado. Caso o número de polígonos seja menor, existem linhas

que não formam uma poligonal fechada, sendo necessário realizar uma nova consulta para criar os polígonos a partir destas linhas. Para facilitar o trabalho, as linhas com as quais não foi possível criar os polígonos foram separadas em uma nova tabela, sendo executada outra consulta sobre a mesma.

Executamos uma consulta diferente da primeira sobre todos os registros da tabela criada para armazenar as linhas que apresentaram problemas no passo anterior, utilizando uma função espacial que adiciona um vértice a essas linhas, de maneira que as mesmas passem a ser uma poligonal fechada. A função utilizada adiciona um vértice partindo do último, então o vértice adicional deve ser o primeiro da linha, pois em uma poligonal fechada o último vértice coincide com o primeiro. O primeiro vértice da linha foi obtido a partir de outra função disponível no banco.

A última consulta não funcionou, e após uma análise dos dados foi constatado que havia três situações distintas no conjunto das linhas. O primeiro correspondia ao caso em que era necessário adicionar apenas um vértice para fechar a poligonal, sem que houvesse cruzamentos na linha e um outro caso era aquele que havia a necessidade de adicionar mais de um vértice, e o último era o que havia a necessidade de unir mais de uma linha para criar o polígono. Então, resolvemos separar os conjuntos de linhas em tabelas diferentes e quando voltamos a realizar a consulta para as linhas do primeiro caso, os polígonos foram criados.

Nos outros dois casos foi necessária a realização de uma análise visual das linhas, e para isso utilizamos um SIG para acessar os dados no banco e mostrar na tela do computador.

O SIG escolhido para realizar a visualização e edição das linhas com os quais não foi possível criar polígonos no banco de dados foi o *QGIS* descrito anteriormente. Com este sistema acessamos as tabelas de interesse e os objetos geográficos ficaram disponíveis para visualização e edição.

O *QGIS* possui funções para edição de dados vetoriais como adição, remoção e deslocamento de vértices de linhas e polígonos, criação e deslocamento de pontos, etc.

A criação dos polígonos com as linhas que estavam corretamente conectadas e com aquelas que necessitavam de apenas mais um vértice foi possível utilizando os recursos oferecidos pela extensão espacial do SGBD, o *Postgis*. A partir deste ponto, o processo tornou-se mais complexo e recorreremos ao auxílio do *QGIS*.

A figura abaixo detalha a atividade de edição das linhas contida na figura 14 e descrita acima.

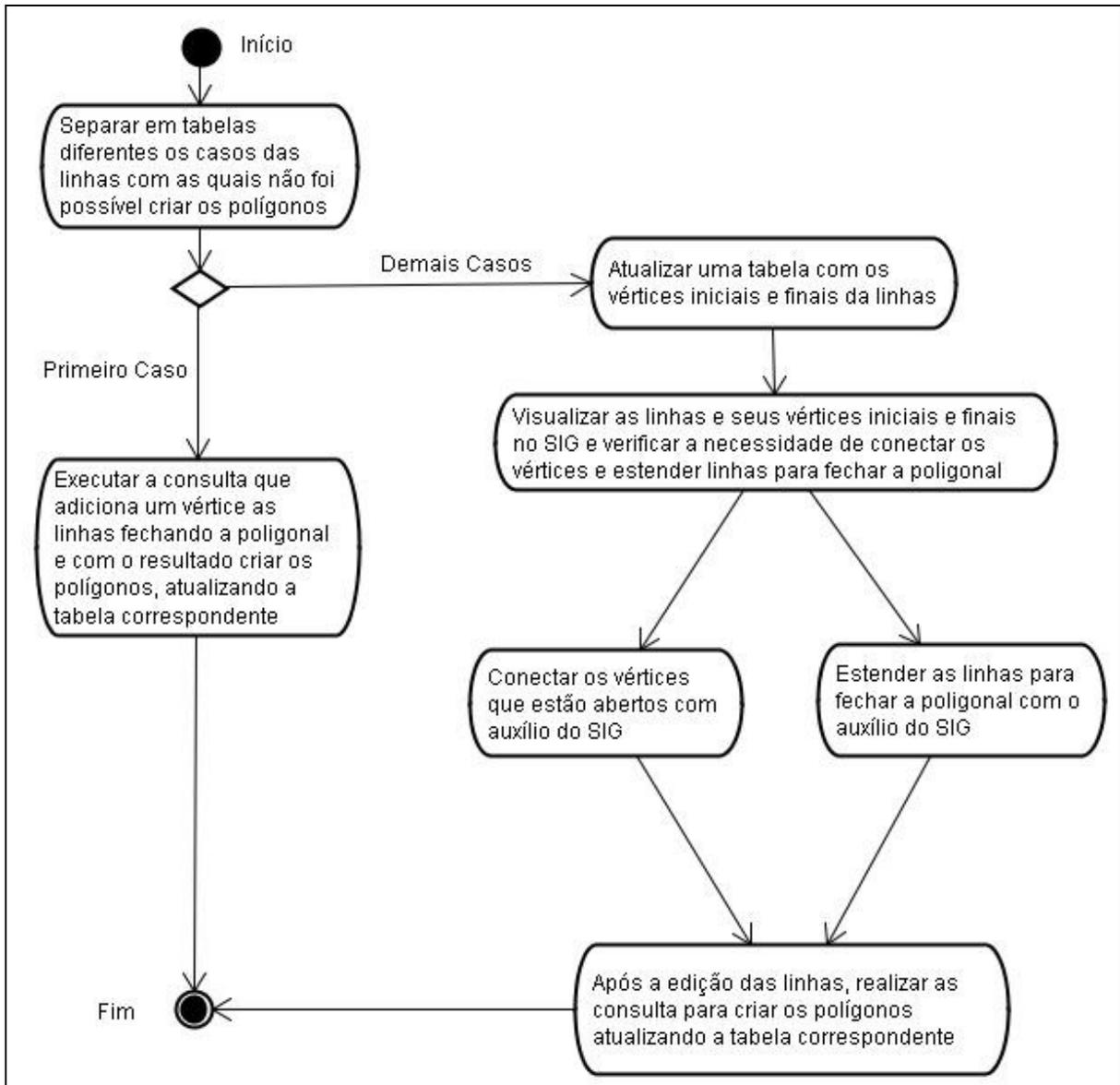


Figura 14: Diagrama de atividades da edição de linhas.

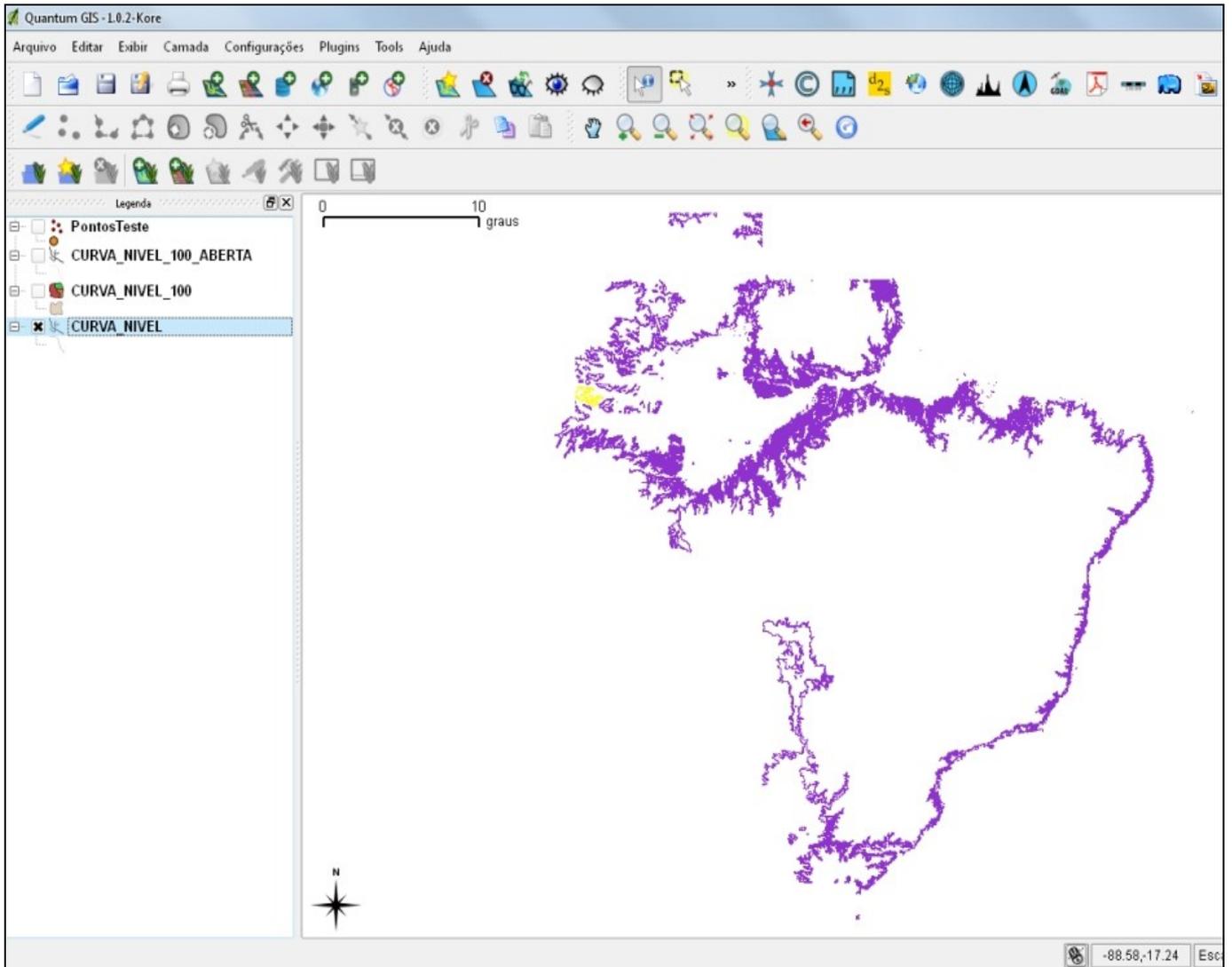


Figura 15: Exemplo de Linhas que não formaram polígonos.

Na figura 15 podemos ver exemplos de linhas dos casos em que não foi possível a criação de polígonos. Como podemos observar, não há como saber onde termina uma linha e começa outra. Neste exemplo estamos visualizando todas as poligonais abertas da altitude de 100 metros, ou seja, nas três situações descritas anteriormente.

Para distinguir as linhas que formam a poligonal fechada e também facilitar a edição das mesmas foi necessária a criação de mais uma tabela auxiliar para armazenar os pontos iniciais e finais das linhas. Os pontos são importantes para identificar quantas e quais linhas formam a poligonal.

Na figura 16 podemos ver linhas da figura anterior que formam uma poligonal e também os pontos iniciais e finais das mesmas, além de uma edição realizada estendendo uma linha até a outra. Verificamos que algumas linhas não estavam conectadas, sendo necessário unir os pontos iniciais e finais das mesmas para fechar a poligonal. Também observamos uma ampliação da área demarcada pelo círculo, onde identificamos necessidade de estender outras linhas para fechar a poligonal.

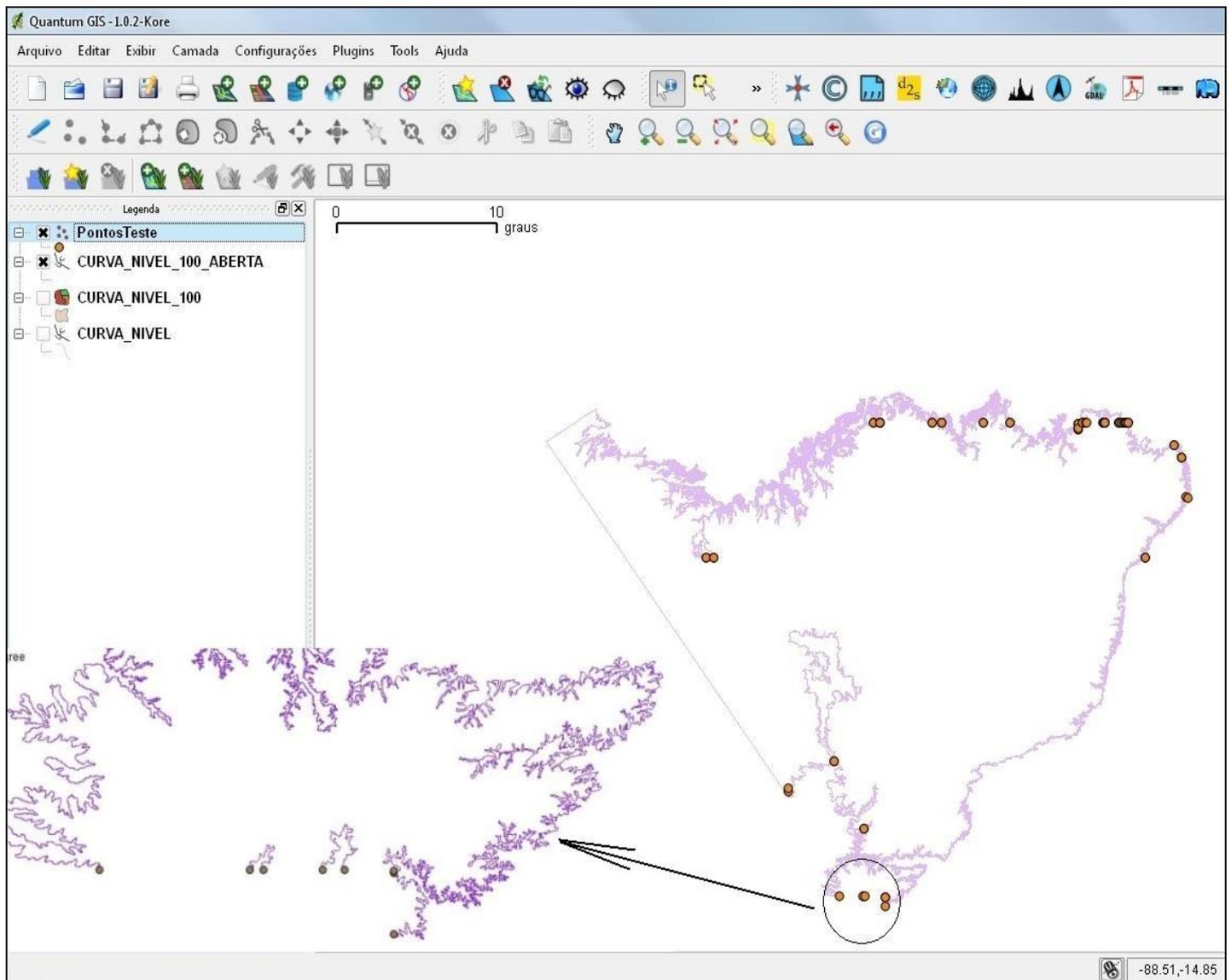


Figura 16: Edição realizada para fechar uma poligonal.

Após a finalização de todas as edições necessárias identificadas na visualização das linhas, realizamos uma consulta para unificá-las criando uma única poligonal fechada e a partir desta linha criamos o polígono. O resultado final pode ser visto na figura 17 abaixo.

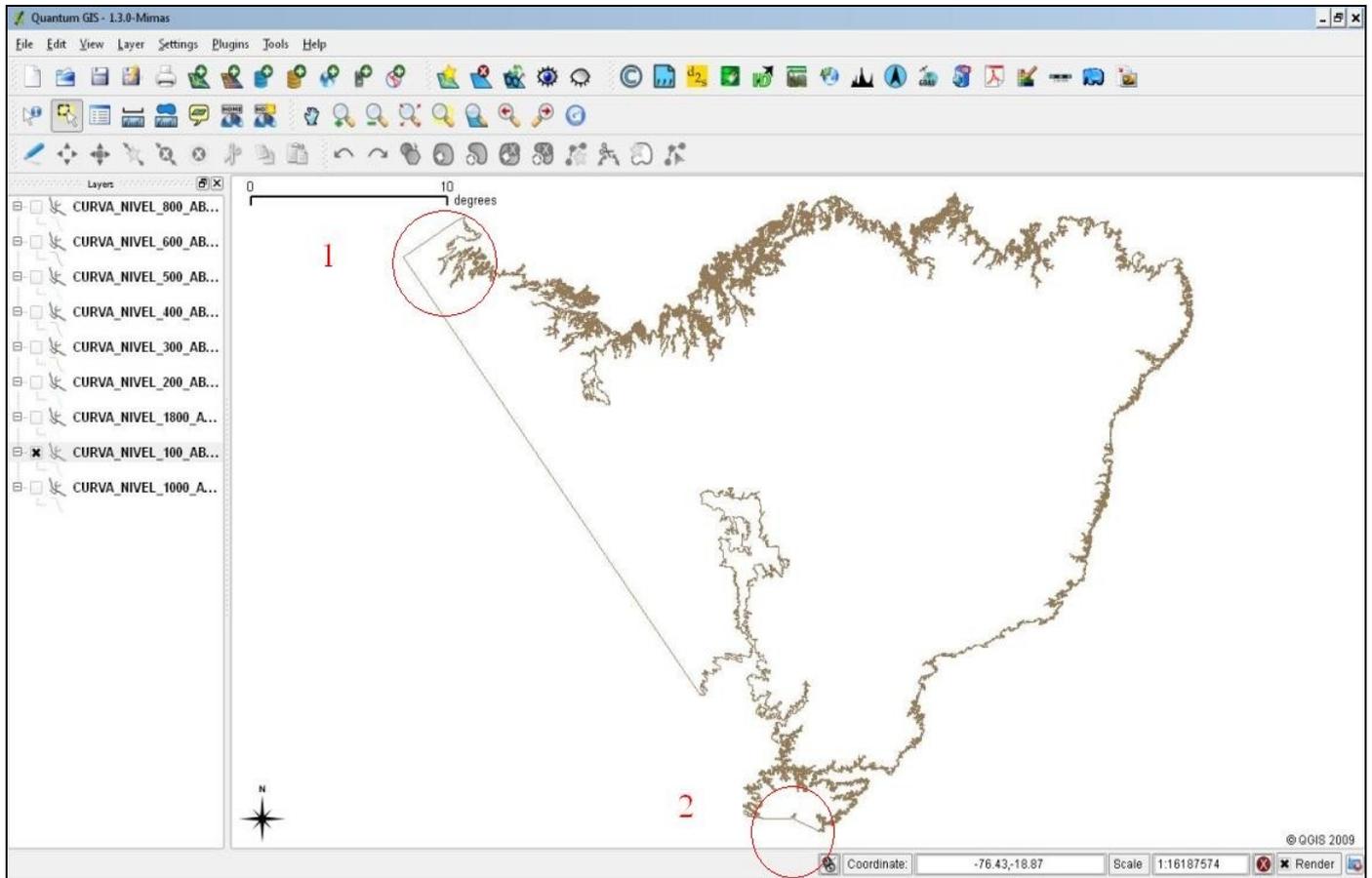


Figura 17: Resultado da consulta que criou o polígono a partir da poligonal resultante das edições.

Na figura 16, podemos ver a poligonal resultante do processo de edições e notamos no círculo 1 que foi necessário adicionar um vértice a linha para evitar que houvesse cruzamentos na mesma e no círculo 2 observamos as edições realizadas nas linhas para fechar a poligonal.

Além da necessidade de criação de polígonos a partir das linhas, também foi necessário unir linhas com o mesmo atributo, pois verificamos que nos dados originais havia várias linhas que representavam um mesmo objeto geográfico, como, por exemplo, um rio. Isso traz consequências indesejadas no momento da apresentação, como a repetição do nome do elemento geográfico em um espaço muito pequeno, pois a aplicação responsável pela apresentação insere no mapa o nome de cada objeto em função de sua geometria, e no caso de ocorrer segmentação da geometria, a aplicação irá repetir a apresentação do nome de maneira inadequada.

Para realizar a unificação das geometrias que representam o mesmo elemento geográfico, utilizamos funções espaciais disponíveis no banco e atualizamos um dos registros do objeto em questão com uma geometria que representa a união de todas. Este procedimento foi necessário para os elementos lineares das categorias Hidrografia e Sistemas de transporte.

Iremos tratar sobre a edição e manipulação de elementos pontuais no tópico sobre apresentação dos dados, pois dependemos das funções relacionadas a este assunto para finalizar a edição destes elementos.

2.8.2 Apresentação dos Dados Geográficos

Após a importação dos dados para o SGBD e a realização das edições necessárias, passamos para a fase de apresentação dos dados, a qual foi realizada com o servidor de dados geográficos para a *web*, *Geoserver*.

Para que os elementos do SGBD estejam disponíveis para receber a apresentação, devemos configurar um *Datastore* no *Geoserver* com os dados do banco.

Após a configuração do banco de dados no *Geoserver*, podemos acessar todos os objetos geográficos e atribuir a forma de apresentação dos mesmos. Para isso devemos criar uma *Feature Type* para cada objeto geográfico, onde configuramos todos os parâmetros de apresentação. A configuração é efetuada através de uma interface básica disponibilizada pelo *Geoserver*, na qual podemos criar o estilo de apresentação do objeto ou utilizar um existente.

O estilo de apresentação está associado a um arquivo SLD que pode ser criado através de uma interface do *Geoserver*, na qual informamos alguns parâmetros básicos para a criação do arquivo. Como podemos ver na figura 18, a interface disponibilizada é muito simplificada, sendo necessário editar o arquivo caso necessite adicionar parâmetros mais específicos, como consultas espaciais.

The screenshot shows a web browser window with the URL `http://localhost:8...ypeEditorSubmit.do`. The page title is "Create new SLD for FeatureType: *AERODROMO*".

The interface is divided into several sections:

- Label names for the points:**
 - Name Field: `nm_nome` (dropdown menu)
 - Text Color: `black` (color picker)
- Color of the points:**
 - Color: `#000000` (color picker)
 - Opacity: `1` (input field, range 0.0 - 1.0)
- Point size and shape:**
 - Point Size: `4` (input field)
 - Point Shape: `circle` (dropdown menu)

Below these sections, there is a note: ** All fields are required.*

There are two buttons: "Apply Style" and "Finished".

Below the buttons, there is a message: *You must apply the style before it will be saved. Hit the 'Apply Style' button above!*

At the bottom, there is a code editor showing the following SLD setup:

```

setup
ft = AERODROMO
interval: featureTypeName = AERODROMO

```

The page ends with the word "Concluido" (misspelled as "Concluido" in the image).

Figura 18: Interface do *Geoserver* para criação de arquivos SLD.

Outro parâmetro que configuramos na criação da *Feature Type* é o Sistema de Referência Espacial, com o qual os dados serão disponibilizados. Aqui, devemos informar o

código do Sistema de Referência Espacial desejado (figura 19). Podemos informar o código do mesmo Sistema de Referência Espacial dos dados geográficos ou de um diferente. No último caso, o *Geoserver* irá transformar os dados, passando do Sistema de Referência Espacial original para o informado.

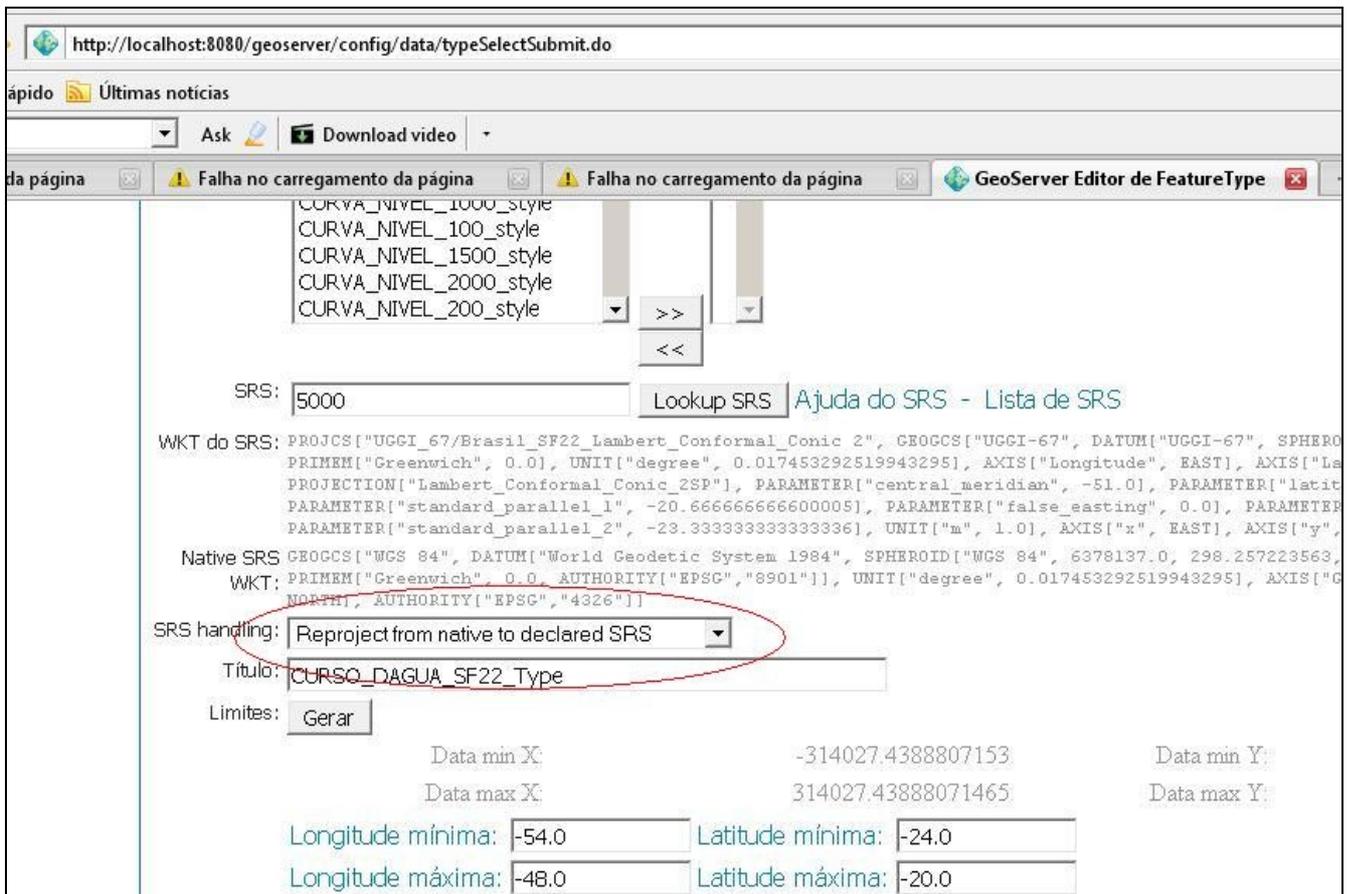


Figura 19: Configuração do Sistema de Referência Espacial da *Featuretype*.

O código do Sistema de Referência Espacial informado é referente à entrada em um catálogo com os parâmetros de *datum* geodésico, geóide, sistemas de coordenadas e projeção cartográfica. Há instituições, como a EPSG, que divulgam catálogos com diversos Sistemas de Referência Espacial e seus códigos são extensamente utilizados, inclusive pelo *Geoserver*, tornando-se um padrão.

No caso de não encontrar o Sistema de Referência Espacial desejado na lista disponibilizada pelo *Geoserver*, temos a opção de criar um novo de acordo com nossas necessidades e incluí-lo na lista do *Geoserver*, para que possamos utilizá-lo.

Os objetos estão armazenados em um Sistema de Referência Espacial diferente do utilizado nas folhas da Carta CIM, assim o *Geoserver* irá realizar a transformação entre os Sistemas.

As folhas da Carta CIM utilizam o mesmo Sistema de Referência Espacial, porém com parâmetros diferentes, o qual não está disponível na lista do *Geoserver*, assim devemos criá-los para cada folha.

Após a criação da *Feature Type*, caso seja identificada a necessidade de alterar os parâmetros de apresentação, iniciamos a edição dos arquivos SLD e acrescentamos o que não foi possível na interface do *Geoserver*, como as consultas espaciais, por exemplo.

Na edição do SLD podemos acrescentar parâmetros para que os símbolos sejam atribuídos em função de atributos no banco, ou seja, realizamos consultas no banco para que os símbolos sejam apresentados de acordo com nossas necessidades.

Desta forma é possível configurar todos os objetos pontuais, lineares e poligonais do banco para que o *Geoserver* realize a apresentação automaticamente.

O *Geoserver* oferece ainda recursos muito úteis, como o de forçar o texto a seguir a curvatura das linhas. Esta tarefa demanda muito tempo e o aplicativo possibilita que seja realizada automaticamente. Quando utilizamos esta função, o nome é posicionado sobre a linha, como na formatação de texto tachado (Ex.: ~~Rio São Francisco~~), assim, para que o texto ficasse acima da linha foi necessário utilizar a geometria de uma visão, onde a geometria original foi deslocada com uma função espacial. O resultado foi alcançado na maior parte do casos, como podemos observar na figura 20, e para os outros casos podemos criar uma tabela auxiliar e acrescentar novas linhas onde desejamos que o texto apareça.

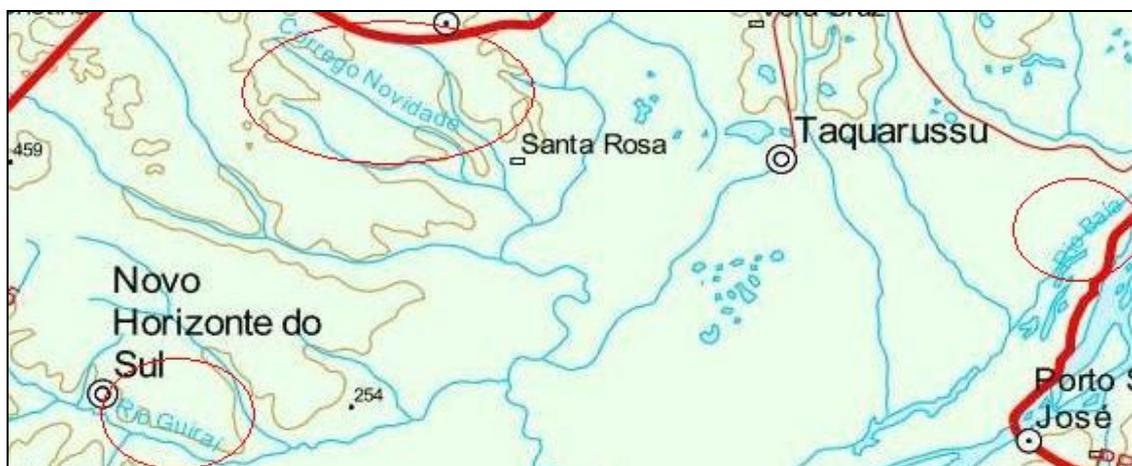


Figura 20: Textos acompanhando a curvatura das linhas

Outro recurso que utilizamos foi o de repetir o nome de uma feição linear após determinado espaço, pois normalmente o aplicativo apresenta o nome do objeto apenas uma vez.

Assim, a aplicação realizou automaticamente, muitas tarefas que normalmente necessitam de intervenção humana, como por exemplo, no caso da apresentação do nome das localidades, em que o tamanho da fonte depende da população, e também, como já citamos, os nomes das feições lineares que precisam seguir a curvatura das linhas.

Porém, no caso do posicionamento dos textos foi necessária a intervenção humana, pois ainda que o *Geoserver* ofereça muitos recursos, nas áreas onde há grande concentração de textos, o problema de colisão é inevitável quando os mesmos são apresentados automaticamente em uma posição relativa predeterminada. A aplicação resolve este problema ocultando um dos textos que estão em conflito. Temos também a opção de indicar uma prioridade, mas para o nosso caso todos os textos devem ser exibidos.

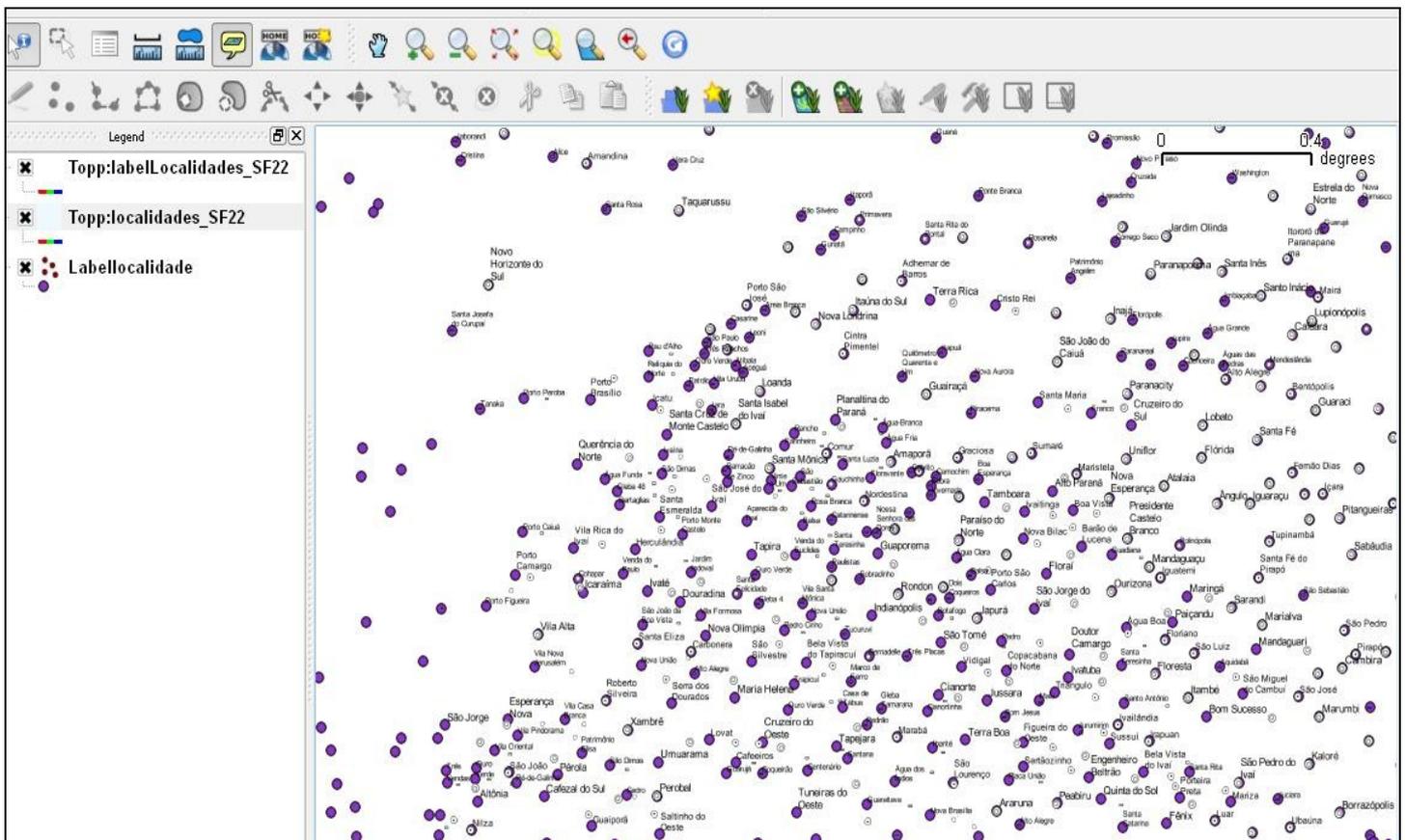


Figura 21: Utilização do *Qgis* para reposicionamento dos pontos.

Para realizar a edição dos pontos utilizamos o *Qgis* (figura 21), adicionando os objetos que necessitam de mudanças e outras camadas auxiliares, como os símbolos das localidades e

a de nomes. As duas últimas são adicionadas como camadas WMS, apenas para visualização e a outra, acessamos os objetos diretamente do banco, daí quando deslocamos os pontos dos objetos do banco e acionamos a função de redesenhar do *Qgis*, os nomes aparecem na nova posição, assim temos como saber se há necessidade de novo deslocamento.

Para ajudar no entendimento das tarefas realizadas na edição dos pontos, eliminando a colisão dos textos e evitando que haja símbolos sem nome, criamos um diagrama de atividades, mostrada na figura 22.

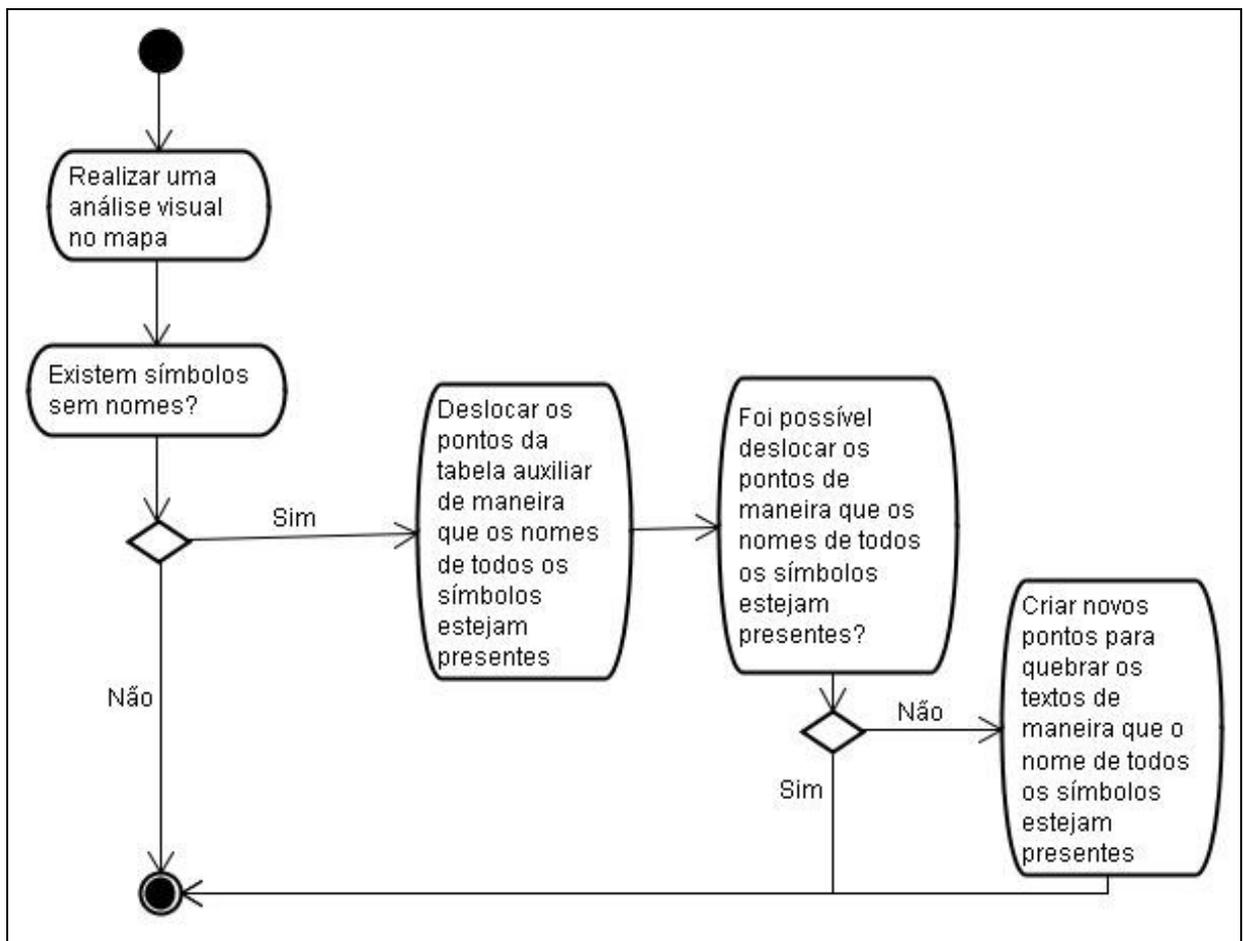


Figura 22: Diagrama de atividades da edição dos pontos.

No SLD temos a opção de associar um texto a um objeto geográfico, partindo de um atributo no banco de dados. Assim, indicamos o atributo que será a origem dos textos associado ao objeto geográfico e indicamos a posição relativa dos mesmos e a distância desejada entre o texto e os respectivos objetos.

Existem pelo menos duas maneiras de resolver a apresentação da moldura, sendo uma através do cálculo dos seus elementos e posterior armazenamento no banco, configurando uma *Feature Type* no *Geoserver* e a outra, após o cálculo, através do envio dos elementos da moldura no corpo de um documento SLD para o servidor realizar a apresentação.

A segunda abordagem mostrou-se mais flexível, reduzindo a necessidade de armazenar os elementos da moldura no banco e conseqüentemente diminuindo o número de consultas ao mesmo no momento da criação da folha.

Utilizamos a linguagem Java para desenvolver a aplicação que cria o arquivo SLD com os níveis de informação que compõem a folha CIM juntamente com os elementos da moldura. Após isso, a mesma o envia através de uma requisição para o servidor de mapas realizar a apresentação. Não entraremos em detalhes quanto à implementação da aplicação, pois este não é o foco deste trabalho.

Os limites das folhas da Carta CIM estão em coordenadas geográficas (figura 26), e o resultado final é projetado conforme orientação do Manual de Normas e Especificações da mesma Carta. Assim, após o cálculo dos elementos da moldura, precisamos transformá-los para a projeção adotada pela Carta CIM. Tanto o cálculo dos elementos e a transformação para a projeção é realizado pela aplicação desenvolvida.

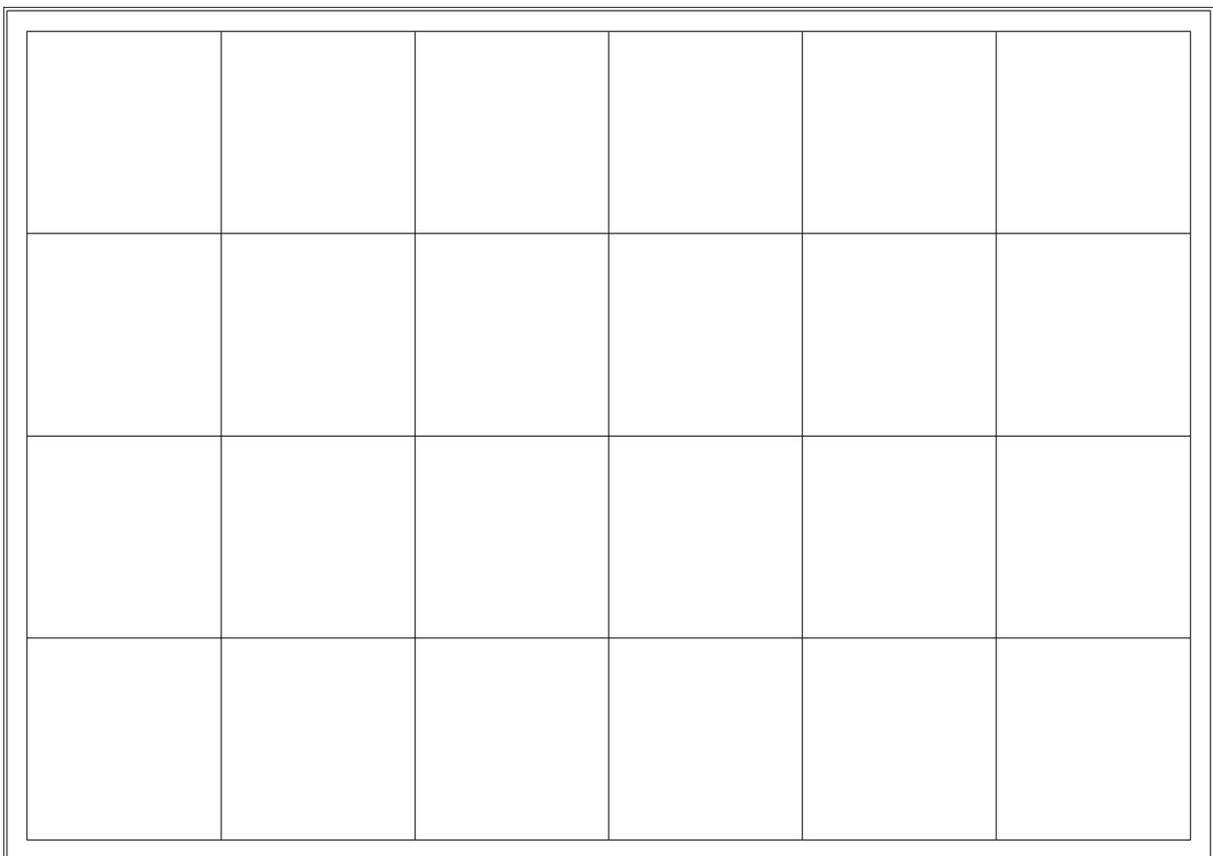


Figura 26: Moldura da Carta CIM em coordenadas geográficas.

Para exemplificar, mostramos a moldura após a transformação para o sistema de projeção utilizado pela Carta CIM na figura 27. Como podemos ver, as linhas sofreram uma ligeira deformação em função da transformação.

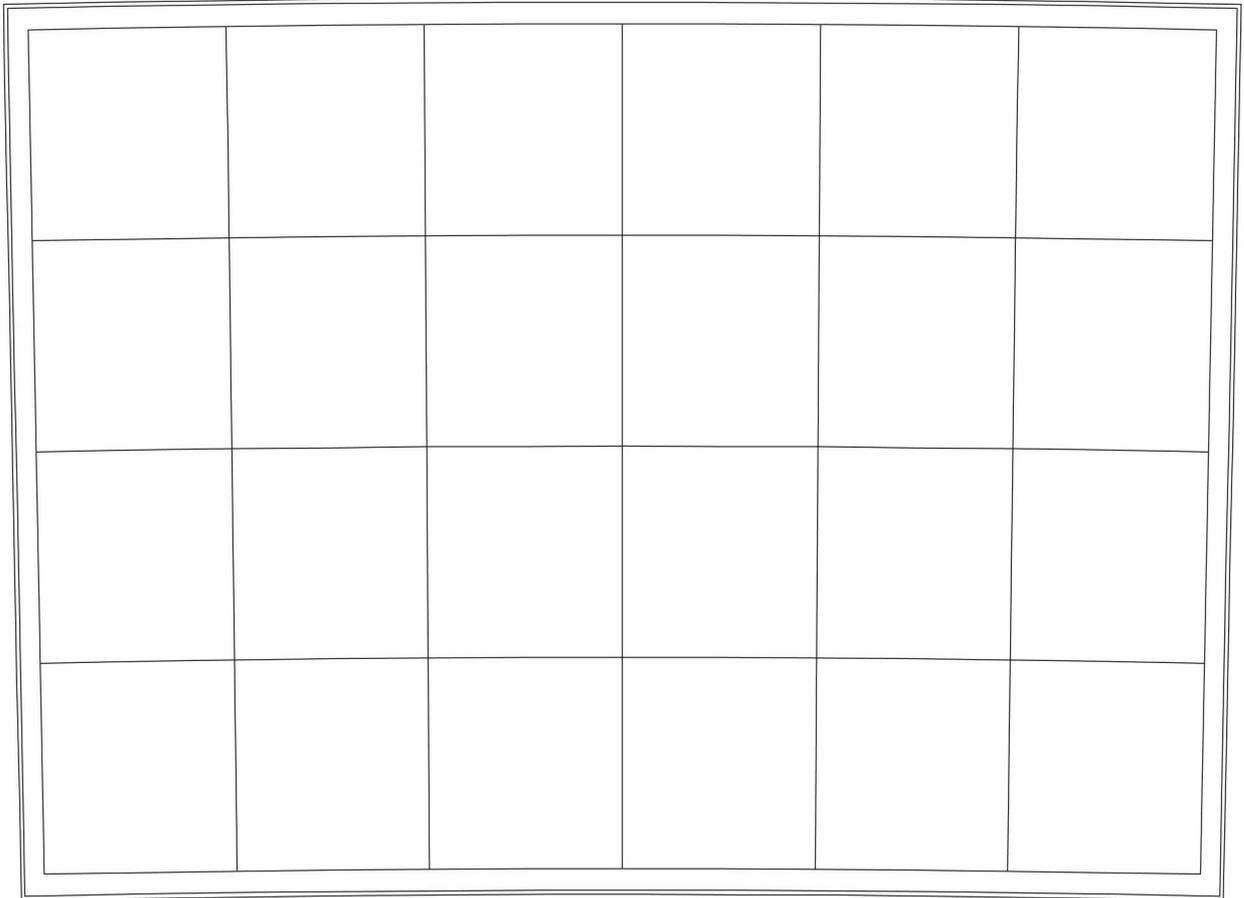


Figura 27: Moldura da Carta CIM projetada.

Na figura podemos notar ainda a rede de meridianos e paralelos, elementos que fazem parte da moldura.

Os outros elementos são o nome da folha, o índice de nomenclatura, o nome da carta da qual a folha pertence, Carta Internacional do Mundo ao Milionésimo, em português e francês, a numeração dos paralelos e meridianos além de letras minúsculas e números para facilitar a referência entre os paralelos e meridianos respectivamente.

Todos esses elementos são criados no momento da solicitação da folha e enviados ao servidor de mapas, *Geoserver*, para a criação da folha.

Para cada elemento é criado uma feição no arquivo SLD, enviado embutido na requisição ao servidor.

Há três formas de realizar uma requisição WMS ao servidor de mapa, as quais são:

- ✓ Utilizando uma requisição HTTP GET, fazendo referência a um SLD remoto;
- ✓ Utilizando uma requisição HTTP GET, com os elementos XML SLD no corpo da requisição;
- ✓ Utilizando uma requisição HTTP POST, com a requisição GetMap decodificada em XML com um SLD embutido;

Através da última opção podemos criar feições no momento da requisição, os quais não existem no servidor. Utilizamos esta opção e incluímos os elementos da moldura e seus respectivos estilos além dos elementos que já haviam sido configurados anteriormente no *Geoserver*. O arquivo com a requisição GETMAP e o SLD embutido é criado pela aplicação e está no apêndice A deste trabalho.

Na figura 28 mostramos o resultado da criação da moldura com os elementos citados anteriormente.

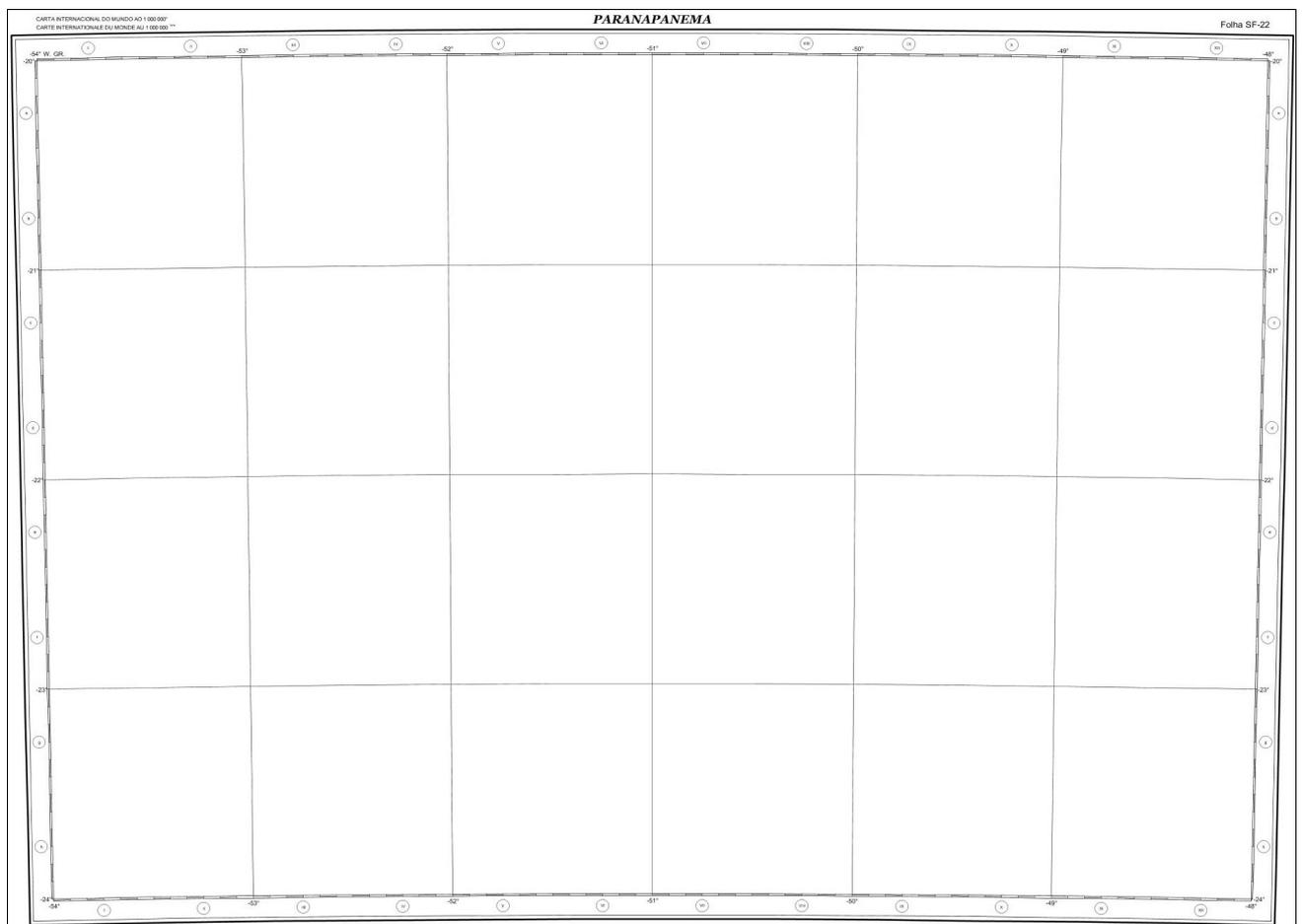


Figura 28: Resultado da criação da moldura.

Para facilitar a visualização mostramos na figura 29 uma ampliação de parte da moldura criada.

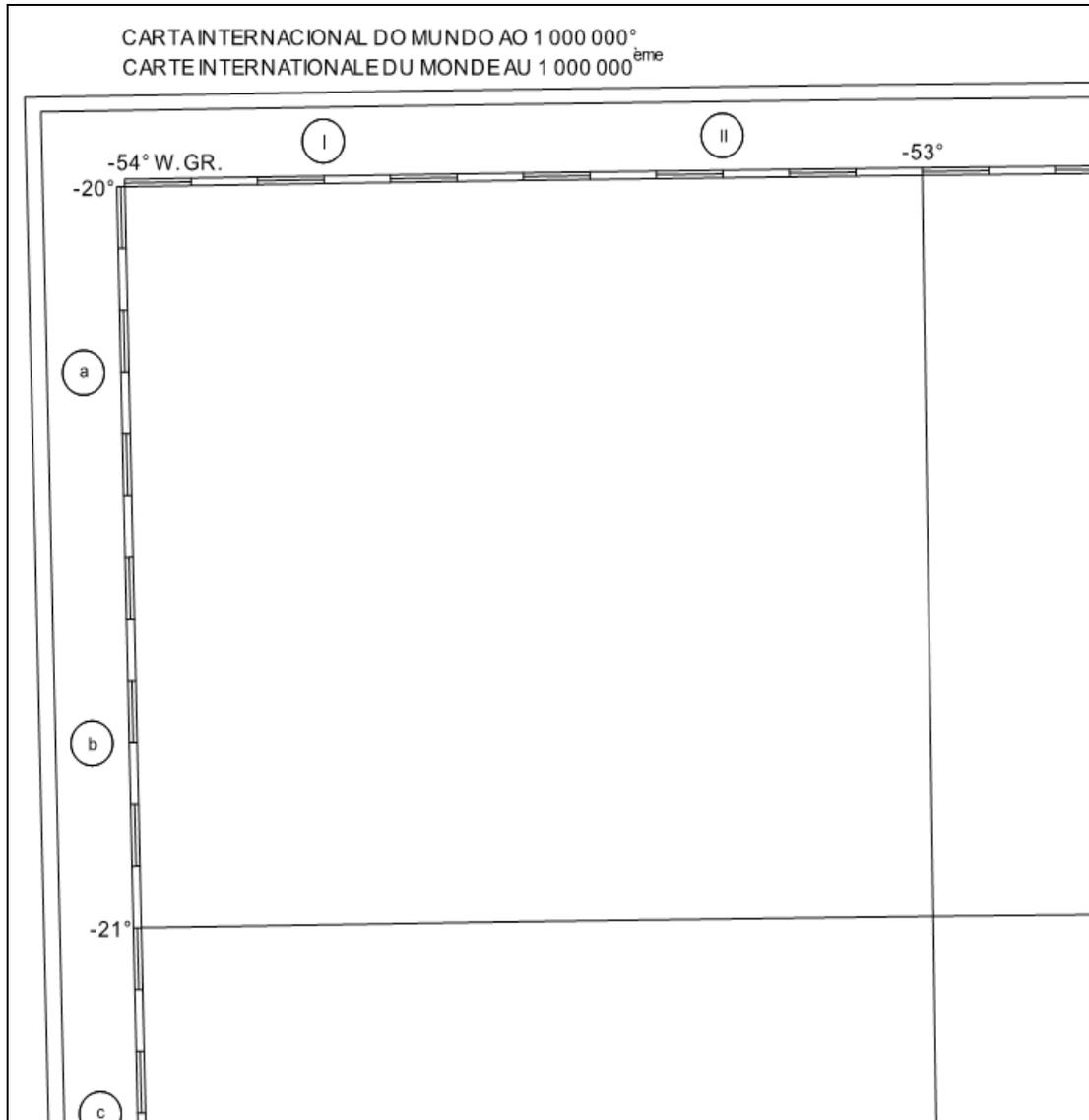


Figura 29: Ampliação da moldura criada.

Após a seleção do método para criação moldura e sua implementação, passamos para a elaboração da legenda.

Para criar a legenda poderíamos ter adotado o mesmo caminho utilizado na criação da moldura, porém a legenda possui alguns elementos mais sujeitos a alteração, como a edição da carta e ano de publicação, assim resolvemos criar tabelas no banco de dados com os elementos da legenda e configuramos camadas no *Geoserver* com estas tabelas para realizar a apresentação, assim, caso seja necessário alterar elementos da legenda, podemos fazer através

da edição das tabelas, sem necessidade de alterar o código da aplicação, facilitando a manutenção.

A legenda possui elementos fixos, que não variam de uma folha para outra e outros que dependem da folha, como, por exemplo, o quadro de articulação da folha, que exibe as folhas adjacentes à atual. Na figura 30 mostramos um exemplo com as partes de uma legenda.

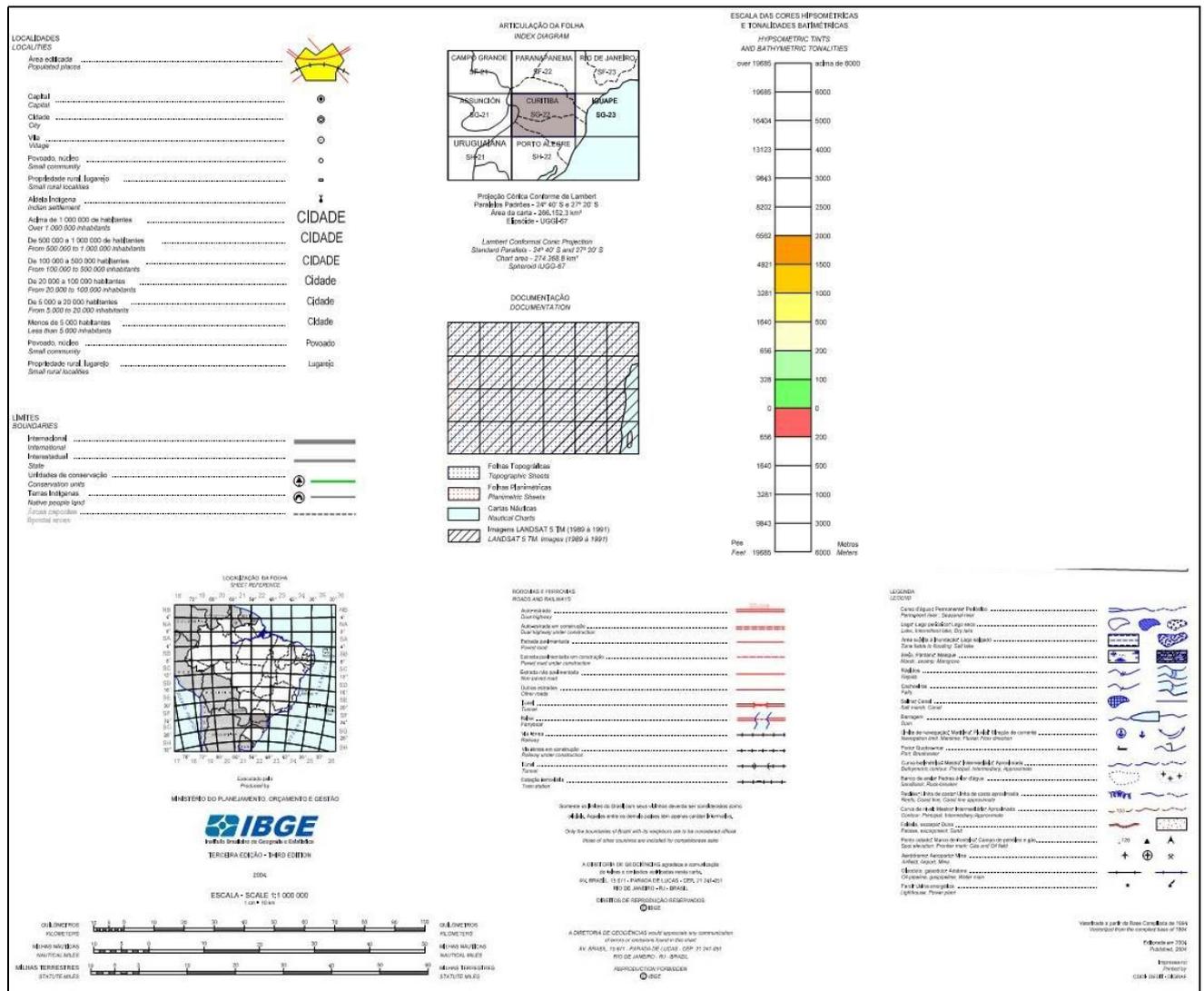


Figura 30: Elementos da Legenda da Carta CIM.

Foram criadas tabelas para os elementos pontuais, lineares e poligonais os quais serão reposicionados em relação a cada folha, assim a criação da legenda será automática.

O quadro de documentação, que informa os documentos utilizados na elaboração da folha não é passível de automação, pois esta informação é variável, assim, necessitamos criar este quadro de forma individual para cada folha, e armazenar os elementos do mesmo no banco para utilizarmos na elaboração da legenda.

A criação do quadro de articulação da folha foi automatizada, através de consultas espaciais no banco. Como subsídio para criação do quadro, utilizamos as feições da tabela que contém a geometria de todas as folhas da carta CIM que cobrem o Brasil. Esta tabela possui, além da geometria, o nome da folha e o índice de nomenclatura. Realizamos uma consulta no banco para recuperar a geometria das folhas que tocam na geometria da folha que estamos criando. Com o resultado alteramos o tamanho original da geometria, de modo que caiba na legenda e movemos até a posição de interesse, assim a criação deste quadro está totalmente automatizada.

Para demonstrar o conceito, criamos parte da legenda da Carta CIM, com os símbolos e respectivas descrições. Na criação de parte da legenda, constatamos que esta tarefa pode ser totalmente automatizada, exceto o quadro de documentação que necessita de informação específica. Na figura 31 podemos verificar o resultado parcial da criação da legenda.

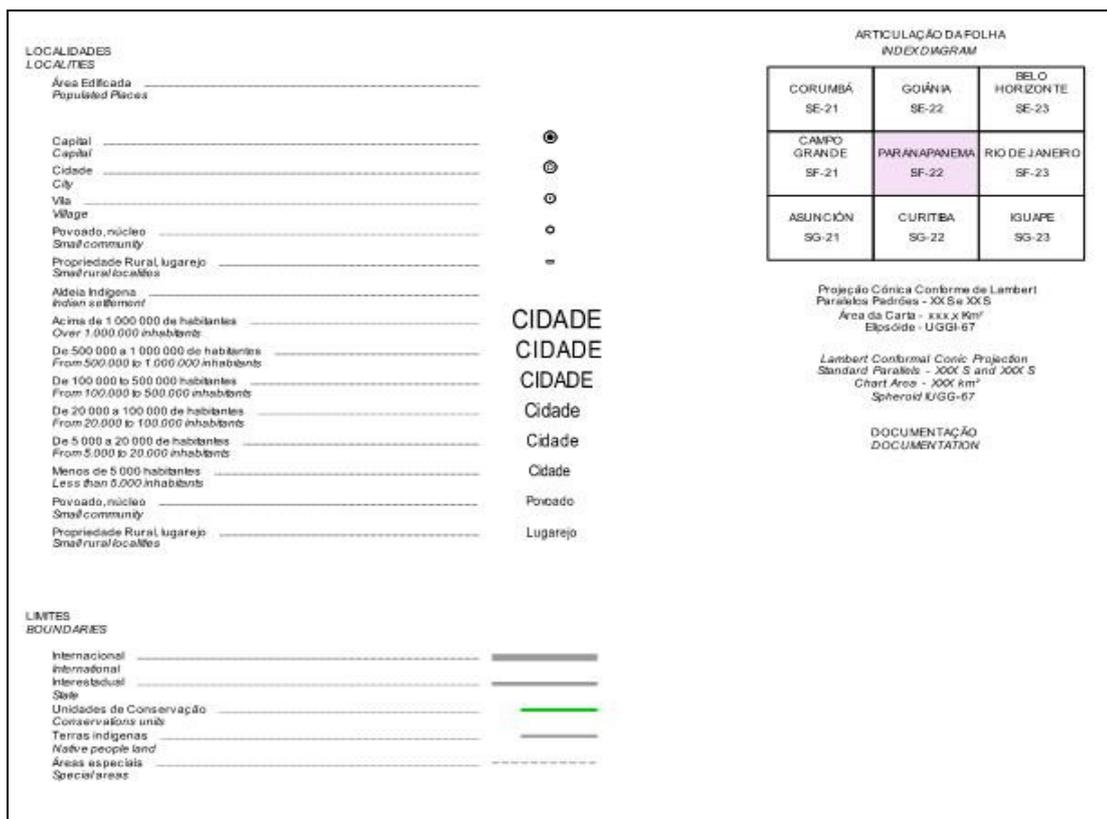


Fig. 31: Legenda criada pela solução apresentada.

Finalmente, para alcançar a escala desejada devemos ajustar dois elementos do arquivo SLD, o *bounding box* e o *size*. O primeiro diz respeito as coordenadas métricas do sistema de projeção do retângulo envolvente da área da folha e o segundo corresponde à largura e à altura do tamanho do papel em *pixels*. Esses dois elementos devem ser

relacionados de maneira a alcançarmos a escala final desejada. O cálculo para realizar este ajuste é feito pela aplicação desenvolvida. Após a criação da moldura foram feitas verificações, as quais confirmaram que a escala final obtida foi alcançada, validando os cálculos realizados.

A interface da aplicação é bem simples (figura 32) e disponibiliza ao usuário uma opção para selecionar uma das folhas da Carta CIM que cobre o Brasil, e a partir daí o arquivo com a requisição GETMAP é criado e enviado ao *Geoserver*, o qual cria um arquivo PDF correspondente à folha solicitada.

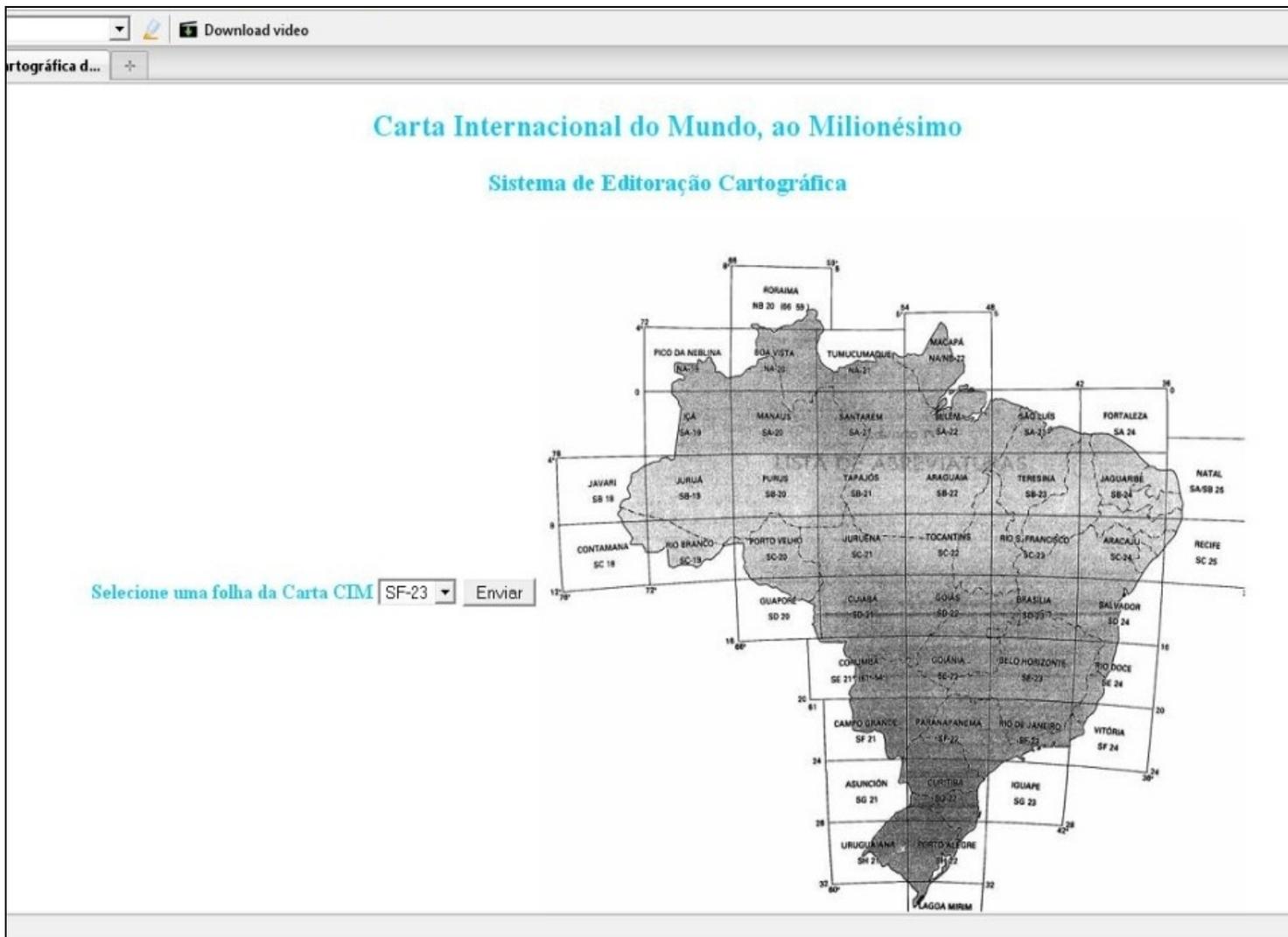


Figura 32: Interface do Sistema de Editoração Cartográfica da Carta CIM.

Na figura 33 podemos ver o resultado obtido pela aplicação, retornado pelo *Geoserver*, um arquivo PDF correspondente à folha solicitada na página inicial.

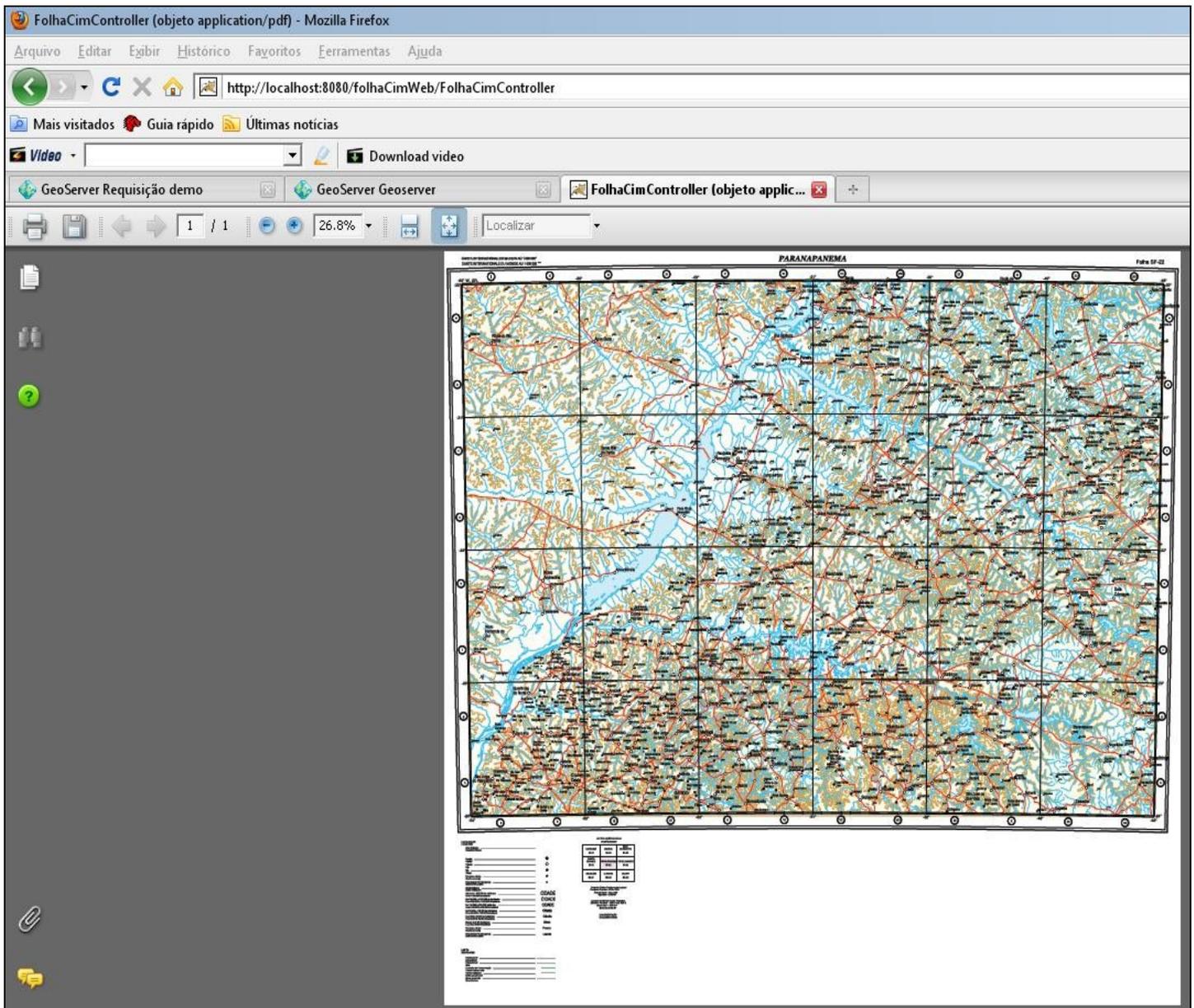


Figura 33: Resultado obtido pela aplicação.

A figura da página anterior é uma redução do resultado final mostrando uma visão geral da folha. Abaixo, na figura 35, podemos ver uma parte da folha em seu tamanho original.

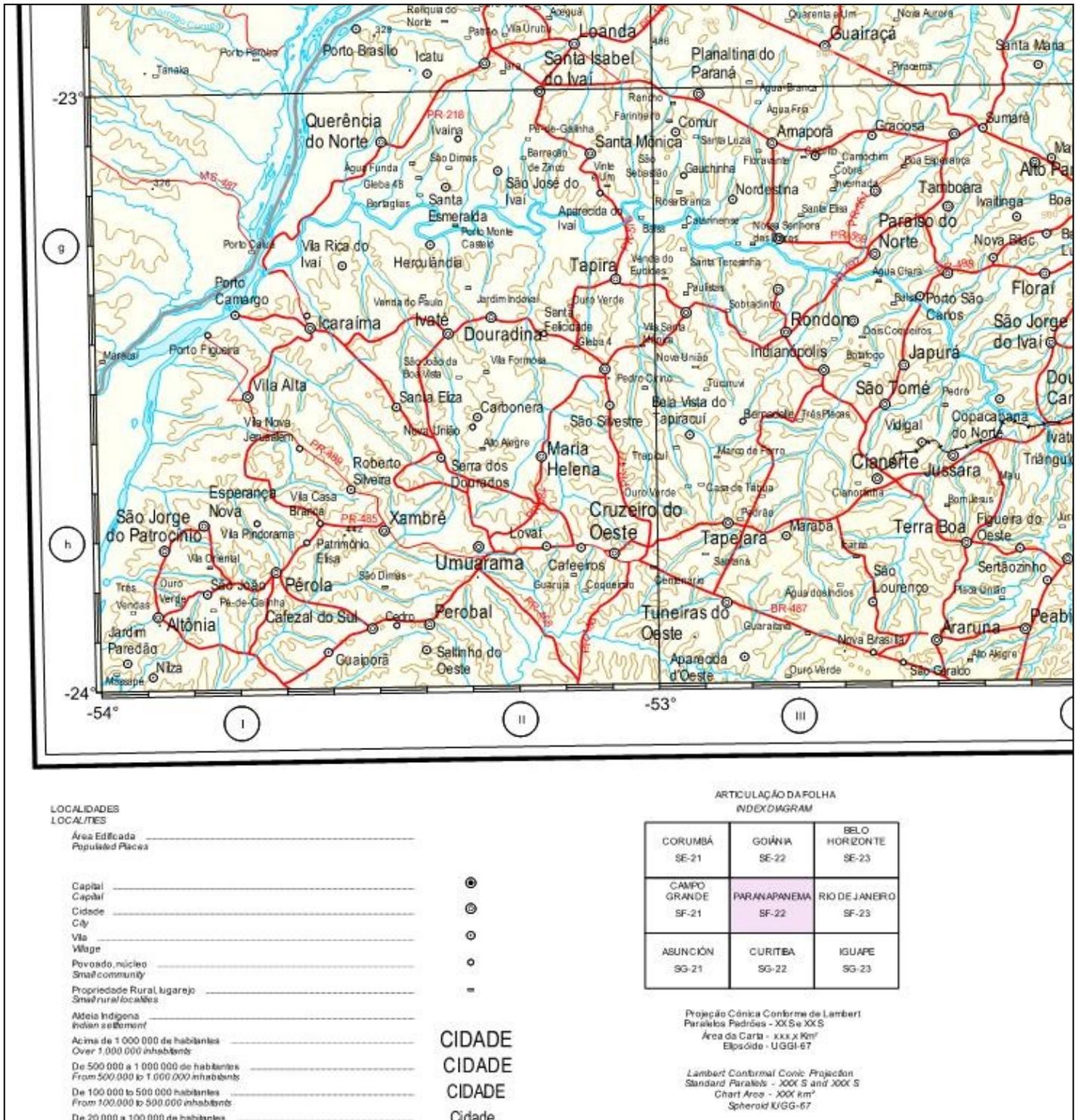


Figura 35: Fragmento da folha criada em tamanho real.

Para demonstrar a viabilidade do projeto foram selecionadas feições que são representadas por cada uma das primitivas geométricas, ponto, linha e polígonos e configuradas no *Geoserver*. Assim, obtendo sucesso na apresentação dessas feições, fica demonstrado a possibilidade de apresentar todas as outras.

Todos os elementos da moldura foram finalizados e a legenda ficou parcialmente finalizada, tendo em vista que a maioria dos elementos é fixa, deste modo, apresentando parte destes elementos ficou comprovada a validade do método utilizado.

Algumas partes da legenda dependem da folha, como por exemplo, o quadro de articulação. A apresentação deste quadro na legenda, foi implementada de maneira que o mesmo seja criado automaticamente. Esta parte da legenda foi realizada para demonstrar o potencial das ferramentas utilizadas.

A apresentação dos elementos selecionados foi realizada com sucesso, sendo possível realizar algumas tarefas críticas automaticamente com recursos oferecidos pelas ferramentas selecionadas, como por exemplo a apresentação do nome de feições lineares que devem seguir a curvatura das mesmas, demonstrando a riqueza de recursos do *Geoserver*.

Dentro das dificuldades encontradas, destacamos a representação de elementos pontuais, normalmente feita através da atribuição de uma figura ou utilizando formas como círculo, quadrado ou triângulo. O problema ocorre quando o símbolo deve ser muito reduzido e não é possível representar por uma das formas básicas e mesmo quando utilizamos imagem pequena, não conseguimos reduzi-lá o suficiente para apresentar o elemento adequadamente.

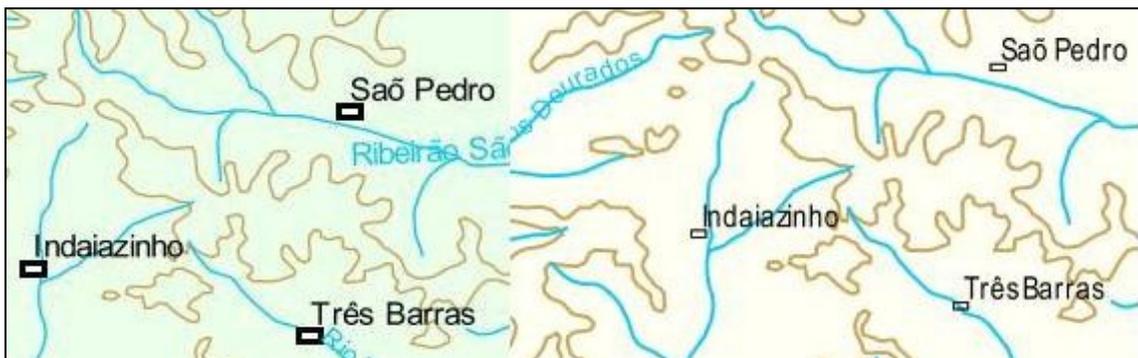


Figura 36: Apresentação de feições pontuais.

Na figura 36, do lado esquerdo, podemos ver as feições apresentadas com uma imagem de cinco *pixels* de largura por três *pixels* de altura, a menor dimensão para representar um retângulo em uma imagem. Mesmo criando uma imagem reduzida não foi possível apresentar a feição adequadamente. Na mesma figura do lado direito, vemos as mesmas

feições apresentadas utilizando a solução adotada. Como podemos ver, o símbolo é menor e a apresentação ficou conforme o desejado.

Neste caso, constatamos a vantagem de utilizar uma aplicação de código fonte aberto, pois utilizamos uma solução desenvolvida por um usuário da ferramenta.

A solução em questão, uma alternativa às formas usuais de apresentar feições pontuais, é utilizar fontes³⁶ *true type* para simbolizar essas feições. Com esta solução conseguimos reduzir suficientemente o carácter em questão para apresentar feições com símbolos muito reduzidos.

Neste caso será necessário criar uma biblioteca de fontes para apresentar símbolos muito reduzidos, os quais não são possíveis apresentar com imagens ou através das formas básicas.

Outra situação crítica foi a apresentação de feições lineares, as quais, até a versão 1.7 do *Geoserver*, mostrou-se limitada. O problema era que, para melhorar o desempenho, o valor da espessura da linha era arredondado, assim valores menores que 1 eram arredondados para 1, reduzindo a capacidade de controlar a espessura da linha.

Essa deficiência foi apontada no fórum de desenvolvimento do *Geoserver* e logo depois foi acrescentado um parâmetro de configuração para corrigir este problema e na versão 2.0 a configuração passou a aceitar valores decimais como padrão, seguindo a orientação da especificação SLD.

³⁶ Conjunto de tipos de letras, contemplando todo o alfabeto e caracteres especiais.

4 – CONCLUSÃO

Este trabalho avaliou a viabilidade de utilização de *Software* Livre na produção de mapeamento cartográfico e, após sua finalização, podemos afirmar que as ferramentas empregadas atenderam as necessidades do projeto.

Para fazer esta avaliação, realizamos umas das atividades mais complexas envolvidas na produção de mapeamento cartográfico, a editoração cartográfica, colocando à prova as funcionalidades disponibilizadas pelas ferramentas empregadas na realização de diversas tarefas.

O produto final alcançado atendeu as expectativas iniciais, sendo produzido utilizando os últimos avanços na área de cartografia digital, automatizando tarefas que normalmente demandam muitas horas de trabalho de um técnico experiente.

Como vantagens encontradas no emprego das ferramentas utilizadas podemos citar a organização dos dados, uma vez que os mesmos permanecem em um servidor de banco de dados, eliminando o inconveniente de ter vários arquivos distribuídos nos computadores dos técnicos envolvidos, dificultando o gerenciamento do dado.

Outra vantagem importante é o fato de empregarmos ferramentas desenvolvidas especificamente para as atividades onde foram utilizadas, desempenhando o seu papel de maneira eficaz, ao contrário do que acontece com pacotes comerciais, aonde novas funcionalidades vão sendo adicionadas de acordo com a demanda, as quais nem sempre atendem as expectativas.

Com este trabalho comprovamos a importância de utilizar *software* que adote padrões, como os da OGC, o que permite integrar diferentes aplicações facilmente, alcançando a interoperabilidade. Isto foi importante, pois utilizamos programas de origens diferentes, cada um realizando uma atividade específica, relativa à sua especialidade e caso os mesmos não adotassem padrões não seria possível utilizar a saída de uma aplicação em outra.

Outro ponto importante que merece destaque na adoção de padrões é a independência de *software*, pois uma vez que todo trabalho seja feito de acordo com padrões, a mudança de uma aplicação para outra poderá ser feita sem maiores transtornos. Como exemplo podemos

citar a especificação SLD da OGC utilizada para apresentar as feições, as quais podem ser utilizadas em qualquer outro aplicativo que adote essa especificação.

A solução adotada está alinhada com as iniciativas de diversos países, que têm disponibilizado dados geográficos em infra-estruturas de dados espaciais. Assim, esta solução pode ser empregada na produção de mapeamento cartográfico a partir dos dados disponibilizados por essas iniciativas, pois a tecnologia e os padrões adotados são os mesmos empregados no desenvolvimento dessas infra-estruturas.

Como trabalhos futuros, sugerimos a comparação do tempo necessário para a editoração de uma folha cartográfica através do método tradicional e o proposto neste trabalho, além do custo envolvido em ambos.

O método utilizado foi desenvolvido para a editoração de folhas cartográficas do mapeamento sistemático, as quais possuem uma delimitação geográfica bem definida. Assim, recomendamos um trabalho para editoração de mapas com a delimitação geográfica definida pelo usuário.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABOUT. Mapserver 5.6.1 Documentation. Disponível em: <<http://www.mapserver.org/about.html>>. Acesso em: 20 nov. 2009a
- ABOUT Qgis. Disponível em: <<http://www.qgis.org/en/about-qgis.html>>. Acesso em: 20 nov. 2009B
- ABOUT. PostgreSQL: About. Disponível em: <<http://www.postgresql.org/about/>>. Acesso em: 20 nov. 2009C
- AMEAÇA pingüim: Como um *software* originalmente acadêmico se torna uma ameaça aos sistemas proprietários. Revista do Linux, Curitiba, n. 11, nov. 2000.
- BRANDÃO, Wladimir C. et all. Impactos e desafios na implantação de uma infra-estrutura de *Software* Livre nas organizações: estudo de caso de uma empresa do setor siderúrgico. IP:Informática Pública. Belo Horizonte: Empresa de Informática e Informação do Município de Belo Horizonte, vol. 7(2): 53-66, 2005
- BRASIL. Tribunal de Contas da União. Relatório do Processo TC 003.789/1999-3, de 8 out. 2003. Relatório que recomenda a utilização de *software* livre na administração pública. Disponível em: <<http://www.softwarelivre.gov.br/casos/relatorioTCU>> Acesso em: 10 out. 2009a
- _____. Aviso Circular nº 40 /SE-C.Civil/PR, de 24 de nov. 2003. Encaminha Acórdão nº 1521/2003 do TCU e solicita providências no sentido de avaliar a conveniência da utilização preferencial do *software* livre. Disponível em: <<http://www.softwarelivre.gov.br/documentos-oficiais/circulardoministro/>> Acesso em: 10 out. 2009B
- CAMÂMARA, Gilberto. Representação Computacional de Dados Geográficos. In: CASANOVA, Marco Antônio et al. *Banco de Dados Geográficos*. Curitiba: Mundogeo, 2005. Cap. 1, p. 11-52
- _____; DAVIS JR. Introdução. In: _____.; DAVIS JR.; MONTEIRO, Antônio M. V. Introdução à Ciência da Geoinformação. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap1-introducao.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2009
- CAPTURES de Pantalla. Documentació. Disponível em: <<http://www.gvsig.gva.es/documentacion-gvsig/captura-pantallas/>>. acesso em: 05 dez. 2009.
- CASANOVA, Marco Antônio et al. Integração e Interoperabilidade entre fontes de Dados Geográficos. In: _____. *Banco de Dados Geográficos*. Curitiba: Mundogeo, 2005. Cap. 9, p. 317-352
- _____. Integração e Interoperabilidade entre fontes de Dados Geográficos. In: _____. *Banco de Dados Geográficos*. Curitiba: Mundogeo, 2005. Cap. 9, p. 317-352
- CHOW, T Edwin. The Potential of Maps APIs for Internet GIS Applications. Transactions in GIS, v. 12, n. 2, p. 179-191, 2008. Disponível em: <<http://www3.interscience.wiley.com/journal/119417553/abstract?CRETRY=1&SRETRY=0>> Acesso em : 10 nov. 2009
- COMPLIANCE and Interoperability Testing Initiative (CITE). Reference Implementations. Disponível em: <<http://cite.opengeospatial.org/reference>>. acesso em: 05 dez. 2009.
- COMPUTERWORLD, Paraná economizou R\$ 127 milhões com *software* livre. Disponível em: <<http://www.rs.sucesu.org.br/noticias/economia%20sl>>. Acesso em: 10 out. 2009

- CONEGA el projecte. Com Sorgix el Projecte. Disponível em: <<http://www.gvsig.gva.es/conoce-proyecto/como-surge/>>. Acesso em: 20 nov. 2009a
- CONEGA el projecte. Descripció Tècnica (Llenguatge de Desenvolupament, Llibreries Utilitzades...). Disponível em: <<http://www.gvsig.gva.es/conoce-proyecto/descripcion-tecnica/>>. Acesso em: 20 nov. 2009b
- CONVERGÊNCIA DIGITAL [homepage na Internet]. *Software livre ganha market share nas grandes empresas.* Disponível em <<http://www.convergenciadigital.com.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=12555&sid=16>> Acesso em: 09 set. 2008.
- DATA Analysis. In: *The GIS Primer: An Introduction to Geographic Information System.* Disponível em: <<http://www.innovativegis.com/basis/primer/analysis.html>>. acesso em: 05 dez. 2009.
- DAVIS JR., Clodoveu Augustos. *Múltiplas Representações em Sistemas de Informação Geográficos.* 2000. 106 f. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) - Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2000.
- _____. Geoprocessamento: dez anos de transformações. IP: informatica publica. Belo Horizonte: Empresa de Informatica e Informacao do Municipio de Belo Horizonte, v.4, n.1: 17-24, 2002.
- _____; SOUZA, Ligiane Alves de; BORGES, Karla A. V. Disseminação de Dados Geográficos na Internet. In: CASANOVA, Marco Antônio et al. *Banco de Dados Geográficos.* Curitiba: Mundogeo, 2005. Cap. 10, p. 353-378
- _____. et all. O Open Geospatial Consortiun. In: CASANOVA, Marco Antônio et al. *Banco de Dados Geográficos.* Curitiba: Mundogeo, 2005. Cap. 11, p. 379-398
- _____. SIG Interoperável e Distribuído para Administrações Municipais de Grande Porte. . IP: informatica publica. Belo Horizonte: Empresa de Informatica e Informacao do Municipio de Belo Horizonte, v.4, n.1: 121-141, 2002.
- EM 10 anos, o Linux deixou de ser apenas um hobby de um estudante de computação da Finlândia para se tornar um modelo de negócios que está revolucionando o setor de informática. Revista do Linux, Curitiba, n. 20, Ago. 2001.
- ESPECIAL: Com uma série de projetos de lei engatilhados para este ano, o Rio Grande do Sul se confirma como a Meca do *software* livre no país Revista do Linux, Curitiba, n. 20, ago. 2001
- FERREIRA, Karine Reis et al. Arquitetura e Linguagens. In: CASANOVA, Marco Antônio et al. *Banco de Dados Geográficos.* Curitiba: Mundogeo, 2005. Cap. 5, p. 181-212
- FOOTE, Kenneth E.; CRUM, Shannon. Cartographic Communication. Disponível em: <http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/cartocom/cartocom_f.html>. Acesso em: 10 nov. 2009
- GAEDE, Volker; KRUMM-HELLER, Alex; ZHOU, Xiaofang. *Generalization of Spatial Data for Web Presentation.* 7 f. Disponível em: <http://lbox.itee.uq.edu.au/~zxf/_papers/apweb.pdf> Acesso em: 15 nov. 2009
- GOVERNO Federal apresenta Guia de Migração para *Software* Livre. Governo Eletrônico. Disponível em: <<http://governoeletronico.gov.br/noticias-e-eventos/noticias/governo-federal-apresenta-guia-de-migracao-para-software-livre>>. Acesso em: 10 out. 2009
- HISTORY. PostgreSQL: History. Disponível em: <<http://www.postgresql.org/about/history>>. Acesso em: 20 nov. 2009
- IBGE. Diretoria de Geociências. Manual de Normas, Especificações e Procedimentos Técnicos para a Carta Internacional do Mundo, Ao Milionésimo - CIM 1:1000000. Rio de Janeiro: IBGE(CDDI);1993.
- _____. Base Cartográfica do Brasil ao Milionésimo Digital - "bCIMd": Metodologia de Desenvolvimento e Execução. Rio de Janeiro: IBGE; 2003.

- IBGE. Diretoria de Geociências. Base Cartográfica Vetorial Contínua do Brasil ao Milionésimo - BCIMD: Documentação Técnica Geral. v. 3. vol. II. Rio de Janeiro: IBGE;2009.
- KIEHLE, Christian; HEIER, Christian; GREVE, Klaus. Requirements for Next Generation Spatial Data Infrastructures-Standardized Web Based Geoprocessing and Web Service Orchestration. *Transactions in GIS*, v. 11, n. 6, p. 819-834, 2007.
- LINUX MAGAZINE [homepage na Internet]. Grandes empresas usam mais *Software Livre* que pequenas – mesmo em desktops. Disponível em: <http://www.linuxmagazine.com.br/noticia/pesquisa_tendencias_2007> – publicado em 11/02/2008, acesso em: 09 set. 2008.
- McMASTER, ROBERT B.; VEREGIN, HOWARD. *Visualizing Cartographic Generalization*. Disponível em: <<http://mapcontext.com/autocarto/proceedings/autocarto-13/pdf/visualizing-cartographic-generalization.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2009
- MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO (MP). *Guia Livre: Referência de Migração para Software Livre do Governo Federal*. Versão 1.02, 6 dez. 2004. Disponível em: <http://www.governoeletronico.gov.br/anexos/E15_469GuiaLivre-v1-02.pdf> acesso em: 10 out. 2009
- NETCRAFT. January 2010 Web Server Survey. Disponível em: <<http://news.netcraft.com/>>. acesso em: 05 dez. 2009.
- NYERGES, Timothy L. UNIT 11 - Spatial Objects and Database Models. NCGIA Core Curriculum in Geographic Information Science. Disponível em: <<http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ncgia/u11.html>> Acesso em: 10 nov. 2009
- OGIS Project Technical Committee of the Open GIS Consortium. BUEHLER, Kurt ; McKEE,Lance, editores. Part 1 - Introduction to Interoperable Geoprocessing. In: *The OpenGIS Guide*. Disponível em: <http://ibank.tripod.com/OGIS/guide1.htm#1_1>. Acesso em: 10 nov. 2009
- OPEN Geospatial Consortium Inc. *OpenGIS Web Map Server Implementation Specification*. 15 mar. 2006. 85 f. Disponível em: <http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=14416>. Acesso em: 10 nov. 2009
- _____. *Styles Layer Descriptor Implementation Specification*. 19 set. 2002. 107 f. Disponível em: <http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=1188>. Acesso em: 10 nov. 2009
- _____. *OpenGIS Filter Encoding Implementation Specification*. 03 maio 2005a. 30 f. <http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=8340> Acesso em: 10 nov. 2009
- _____. *Web Feature Service Implementation Specification*. 03 maio 2005b. 117 f. <http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=8339> Acesso em: 10 nov. 2009
- PADRÕES de Interoperabilidade de Governo Eletrônico. e-PING - Governo Eletrônico. Disponível em: <<http://www.governoeletronico.gov.br/aco-es-e-projetos/e-ping-padres-de-interoperabilidade>>. Acesso em: 10 out. 2009
- PARSON, Charles; NYERGES, Timothy. UNIT 6 - SAMPLING THE WORLD. NCGIA Core Curriculum in Geographic Information Science. Disponível em: <<http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ncgia/u06.html>>. Acesso em: 10 nov. 2009
- POSTGIS History. Refrations Research: PostGIS History. Disponível em: <<http://www.refrations.net/products/postgis/history/>>. Acesso em: 20 nov. 2009
- POSTGRESQL Wiki. Why PostgreSQL Instead of MySQL 2009. Disponível em: <http://wiki.postgresql.org/wiki/Why_PostgreSQL_Instead_of_MySQL_2009>. Acesso em: 10 dez 2009.

- QGIS* 1.0 Screenshots. *Qgis* Screenshots. Disponível em: <<http://qgis.org/en/about-qgis/screenshots.html>>. Acesso em: 05 dez.
- QUEIROZ, Gilberto Ribeiro de; FERREIRA, Karine Reis. SGBD com Extensões Espaciais. In: CASANOVA, Marco Antônio et al. *Banco de Dados Geográficos*. Curitiba: Mundogeo, 2005. Cap. 8, p. 281-316
- RAMIREZ, Milton Ramos; SOUZA, Jano Moreira. Sistema Gerenciador de Banco de Dados em Sistemas de Informações Geográficas. In: MEIRELLES, Margareth S. Penello (Ed.); CÂMARA, Gilberto (Ed.); ALMEIDA, Maria de Almeida (Ed.). *Geomática: Modelos e Aplicações Ambientais*. Brasília: Embrapa Inf. Tecnológica, 2007. Cap. 2, p. 55-104.
- REFRACTIONS Research. PostGIS Technical Overview. Disponível em: <<http://www.refractions.net/products/postgis/technicaloverview/>>. Acesso em: 10 dez 2009.
- ROBINSON, Arthur A. et all. The Nature of Cartography. In: _____. *Elements of Cartography*. New York: John Wiley & Sons, 1985. Cap. 1, p. 2-18
- STALLMAN, Richard. Linux and the GNU Project. Disponível em: <<http://www.gnu.org/gnu/linux-and-gnu.html>>. Acesso em: 10 out. 2009
- SAIBA Mais Sobre a Tecnologia Java. Disponível em: <http://www.java.com/pt_BR/about/>. acesso em: 05 dez. 2009.
- SILVEIRA, Sergio Amadeu. *Software Livre: A luta pela liberdade de conhecimento*. São Paulo: Ed. Fund. P. Abramo, 2004. 80 f.
- TEZA, Mário. Pão e liberdade. <Disponível em: <http://www.softwarelivre.org>> Publicado: em dez. 2002
- THE FREE Software Definition. Disponível em: <<http://www.gnu.org/philosophy/free-sw.html>>. Acesso em: 10 out. 2009
- THOMÉ, Rogério. Interoperabilidade em Geoprocessamento: Conversão entre Modelos Conceituais de Sistemas de Informação Geográfica e Comparação com o Padrão Open Gis 1998. 200 f. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1998.
- YEUNG, Albert K. Unit 051 - Information Organization and Data Structure. NCGIA Core Curriculum in Geographic Information Science. Disponível em: <<http://www.ncgia.ucsb.edu/giscc/units/u051/>>. Acesso em: 10 nov. 2009
- WELCOME. *Geoserver*. Disponível em: <<http://geoserver.org/display/GEOS/Welcome>>. Acesso em: 20 nov. 2009
- WHAT is Geoserver. *Geoserver*. Disponível em: <<http://geoserver.org/display/GEOS/Welcome>>. Acesso em: 20 nov. 2009
- WIKIPÉDIA [homepage na Internet].. *Software Livre*. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Software_livre>. Acesso em: 29 de out. De 2007.
- _____. Richard Matthew Stallman. Disponível em <http://pt.wikipedia.org/wiki/Richard_Matthew_Stallman>. Acesso em: 10 out. 2009a
- _____. Geography Markup Language. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Geography_Markup_Language>. Acesso em: 10 dez. 2009b
- WIKIVS. MySQL vs PostgreSQL. Disponível em: <http://www.wikivs.com/wiki/MySQL_vs_PostgreSQL>. Acesso em: 10 dez 2009.

APÊNDICE A – Requisição GETMAP com o SLD embutido.

Observações:

1. Para simplificar, alguns elementos foram suprimidos.;
2. O código EPSG 5000 corresponde a projeção criada para a folha SF-23.
3. Para entender a estrutura do arquivo SLD é necessário o conhecimento prévio da linguagem XML;
4. Os elementos que merecem destaque são *NamedLayer* e *UserLayer*. O primeiro corresponde aos elementos configurados no servidor de *Webmapping* e o segundo aos elementos criados no momento da solicitação. Cada elemento *UserLayer* necessita de um *UserStyle* correspondente, com as características de apresentação da feição geográfica;
5. Quando existir feições com geometrias diferentes, é necessário criar um elemento *UserLayer* para cada tipo de geometria;
6. Para maiores detalhes sobre a especificação SLD, consultar a documentação da OGC sobre a mesma (disponível em: http://portal.opengeoespacial.org/files/?artifact_id=1188) e a especificação relativa à *Filter Encoding* (disponível em: http://portal.opengeoespacial.org/files/?artifact_id=8340).

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1" standalone="no"?>
<ogc:GetMap xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ows" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"
service="WMS" version="1.2.0">
<StyledLayerDescriptor xmlns="http://www.opengis.net/sld" xmlns:dave="http://blasby.com"
xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc" xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" version="1.0.0"
xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/sld StyledLayerDescriptor.xsd">
<NamedLayer>
<Name>topp:folha_SF22</Name>
</NamedLayer>
<NamedLayer>
<Name>topp:Legenda_SF22</Name>
</NamedLayer>
<NamedLayer>
<Name>topp:linhasLegenda_SF22</Name>
</NamedLayer>
<NamedLayer>
<Name>topp:articulacao_SF22</Name>
</NamedLayer>
<NamedLayer>
<Name>topp:curva_nivel_SF22_200</Name>
</NamedLayer>
<NamedLayer>
<Name>topp:curva_nivel_SF22_500</Name>
</NamedLayer>
```

```

<NamedLayer>
<Name>topp:curva_nivel_SF22_1000</Name>
</NamedLayer>
<NamedLayer>
<Name>topp:curva_nivel_SF22</Name>
</NamedLayer>
<NamedLayer>
<Name>topp:MASSA_DAGUA_SF22</Name>
</NamedLayer>
<NamedLayer>
<Name>topp:CURSO_DAGUA_UNION_SF22_LABEL</Name>
</NamedLayer>
<NamedLayer>
<Name>topp:CURSO_DAGUA_SF22</Name>
</NamedLayer>
<NamedLayer>
<Name>topp:FERROVIA_SF22</Name>
</NamedLayer>
<NamedLayer>
<Name>topp:RODOVIA_UNION_SF22_LABEL</Name>
</NamedLayer>
<NamedLayer>
<Name>topp:RODOVIA_UNION_SF22</Name>
</NamedLayer>
<NamedLayer>
<Name>topp:pontoCotado_SF22</Name>
</NamedLayer>
<NamedLayer>
<Name>topp:labelLocalidades_SF22</Name>
</NamedLayer>
<NamedLayer>
<Name>topp:localidades_SF22</Name>
</NamedLayer>
<UserLayer>
<Name>Poligonos</Name>
<InlineFeature>
<FeatureCollection>
<featureMember>
<BodyPart>
<Tipo>Moldura Externa1</Tipo>
<polygonProperty>
<gml:Polygon srsName="EPSG#5000">
<gml:outerBoundaryIs>
<gml:LinearRing srsName="EPSG#5000">
<gml:coordinates>-317559.1839,-459743.2212 -318690.1847,-404361.6192 -319820.8335,-
348997.2591 -320951.2179,-293645.8419 -322081.4255,-238303.0874
-323211.5432,-182964.7326 -324341.6578,-127626.5297 -325471.8557,-72284.2446 -326602.2233,-
16933.6548
-327157.5481,10258.8778 -327157.5481,10258.8778 -274781.0885,11242.8561
-222401.6919,12055.5918
-170019.9181,12697.0764 -117636.3270,13167.3029 -65251.4786,13466.2663
-12865.9327,13593.9634
39519.7508,13550.3929 91905.0118,13335.5552 144289.2905,12949.4526 196672.0269,12392.0893
249052.6612,11663.4711 301430.6333,10763.6060 327157.5481,10258.8778
327157.5481,10258.8778

```

```

326027.0657,-45097.3345 324896.7952,-100443.1719 323766.6505,-155782.8516 322636.5451,-
211120.6019
321506.3926,-266460.6636 320376.1059,-321807.2919 319245.5979,-377164.7585 318114.7810,-
432537.3528
317559.1839,-459743.2212 266719.3795,-458788.1116 215876.7242,-457999.2204 165031.7615,-
457376.5561
114185.0348,-456920.1254 63337.0876,-456629.9332 12488.4634,-456505.9825 -38360.2942,-
456548.2748
-89208.6419,-456756.8094 -140056.0360,-457131.5843 -190901.9331,-457672.5953 -241745.7897,-
458379.8368
-292587.0623,-459253.3011 -317559.1839,-459743.2212 </gml:coordinates>
</gml:LinearRing>
</gml:outerBoundaryIs>
</gml:Polygon>
</polygonProperty>
</BodyPart>
</featureMember>
<featureMember>
<BodyPart>
<Tipo>Moldura Externa2</Tipo>
<polygonProperty>
<gml:Polygon srsName="EPSG#5000">
<gml:outerBoundaryIs>
<gml:LinearRing srsName="EPSG#5000">
<gml:coordinates>-315570.6114,-457486.1704 -316694.3541,-402105.1935 -317817.7504,-
346741.2861 -318940.8876,-291390.1501 -320063.8525,-236047.5060
-321186.7315,-180709.0914 -322309.6110,-125370.6591 -323432.5766,-70027.9755 -324555.7143,-
14676.8185
-325017.6183,8087.0183 -325017.6183,8087.0183 -272648.2707,9064.0119 -220276.0089,9869.7864
-167901.3927,10504.3330 -115524.9818,10967.6450 -63147.3361,11259.7175
-10769.0154,11380.5472
41609.4204,11330.1329 93987.4115,11108.4752 146364.3979,10715.5764 198739.8199,10151.4408
251113.1176,9416.0743 303483.7312,8509.4848 325017.6183,8087.0183 325017.6183,8087.0183
323894.3851,-47268.8455 322771.3591,-102614.5029 321648.4546,-157954.1716 320525.5858,-
213292.0801
319402.6667,-268632.4699 318279.6108,-323979.5970 317156.3316,-379337.7336 316032.7419,-
434711.1699
315570.6114,-457486.1704 264723.4385,-456537.5742 213873.4361,-455755.2205 163021.1477,-
455139.1177
112167.1167,-454689.2723 61311.8869,-454405.6893 10456.0017,-454288.3717 -40399.9953,-
454337.3206
-91255.5604,-454552.5355 -142110.1501,-454934.0143 -192963.2209,-455481.7527 -243814.2291,-
456195.7449
-294662.6313,-457075.9834 -315570.6114,-457486.1704 </gml:coordinates>
</gml:LinearRing>
</gml:outerBoundaryIs>
</gml:Polygon>
</polygonProperty>
</BodyPart>
</featureMember>
<featureMember>
<BodyPart>
<Tipo>Moldura Interna</Tipo>
<polygonProperty>
<gml:Polygon srsName="EPSG#5000">

```

```

<gml:outerBoundaryIs>
<gml:LinearRing srsName="EPSG#5000">
<gml:coordinates>-314027.4389,-3080.4873 -314049.1608,-1973.2798 -293114.9730,-1576.2720
-272180.2839,-1206.6411 -251245.1294,-864.3877
-230309.5451,-549.5124 -209373.5670,-262.0158 -188437.2308,-1.8983 -167500.5724,230.8396
-146563.6275,436.1975 -125626.4319,614.1750 -104689.0215,764.7719 -83751.4320,887.9879
-62813.6994,983.8228 -41875.8592,1052.2764 -20937.9475,1093.3486 0.0000,1107.0394
20937.9475,1093.3486 41875.8592,1052.2764 62813.6994,983.8228 83751.4320,887.9879
104689.0215,764.7719 125626.4319,614.1750 146563.6275,436.1975 167500.5724,230.8396
188437.2308,-1.8983 209373.5670,-262.0158 230309.5451,-549.5124 251245.1294,-864.3877
272180.2839,-1206.6411 293114.9730,-1576.2720 314049.1608,-1973.2798 314027.4389,-3080.4873
315074.0621,-3101.0549 314638.1966,-25244.0824 314202.3685,-47385.2111 313766.5725,-
69524.7105
313330.8032,-91662.8502 312895.0554,-113799.9002 312459.3237,-135936.1309 312023.6028,-
158071.8127
311587.8874,-180207.2165 311152.1721,-202342.6136 310716.4517,-224478.2754 310280.7206,-
246614.4739
309844.9736,-268751.4813 309409.2054,-290889.5704 308973.4104,-313029.0141 308537.5834,-
335170.0861
308101.7190,-357313.0603 307665.8117,-379458.2111 307229.8562,-401605.8136 306793.8470,-
423756.1432
306357.7787,-445909.4758 305340.1095,-445889.4772 305318.3769,-446997.2290 284966.1740,-
446611.2583
264613.4838,-446251.9034 244260.3410,-445919.1649 223906.7804,-445613.0433 203552.8370,-
445333.5393
183198.5454,-445080.6533 162843.9406,-444854.3857 142489.0572,-444654.7369 122133.9302,-
444481.7072
101778.5943,-444335.2970 81423.0843,-444215.5065 61067.4351,-444122.3359 40711.6814,-
444055.7854
20355.8581,-444015.8550 -0.0000,-444002.5449 -20355.8581,-444015.8550 -40711.6814,-
444055.7854
-61067.4351,-444122.3359 -81423.0843,-444215.5065 -101778.5943,-444335.2970 -122133.9302,-
444481.7072 -142489.0572,-444654.7369 -162843.9406,-444854.3857 -183198.5454,-445080.6533
-203552.8370,-445333.5393 -223906.7804,-445613.0433 -244260.3410,-445919.1649 -264613.4838,-
446251.9034 -284966.1740,-446611.2583
-305318.3769,-446997.2290 -305340.1095,-445889.4772 -306357.7787,-445909.4758 -306793.8470,-
423756.1432 -307229.8562,-401605.8136 -307665.8117,-379458.2111 -308101.7190,-357313.0603
-308537.5834,-335170.0861 -308973.4104,-313029.0141 -309409.2054,-290889.5704 -309844.9736,-
268751.4813 -310280.7206,-246614.4739
-310716.4517,-224478.2754 -311152.1721,-202342.6136 -311587.8874,-180207.2165 -312023.6028,-
158071.8127 -312459.3237,-135936.1309 -312895.0554,-113799.9002 -313330.8032,-91662.8502
-313766.5725,-69524.7105 -314202.3685,-47385.2111 -314638.1966,-25244.0824 -315074.0621,-
3101.0549 -315074.0621,-3101.0549 -314027.4389,-3080.4873 -314027.4389,-3080.4873
</gml:coordinates>
</gml:LinearRing>
</gml:outerBoundaryIs>
</gml:Polygon>
</polygonProperty>
</BodyPart>
</featureMember>
<featureMember>
<BodyPart>
<Tipo>Moldura Interna</Tipo>
<polygonProperty>
<gml:Polygon srsName="EPSG#5000">

```

```

<gml:outerBoundaryIs>
<gml:LinearRing srsName="EPSG#5000">
<gml:coordinates>-305340.1095,-445889.4772 -306426.5502,-390511.6190 -307512.6733,-
335149.9452 -308598.5632,-279800.1616 -309684.3037,-224457.9923 -310769.9784,-169119.1782
-311855.6705,-113779.4748 -312941.4631,-58434.6512 -314027.4389,-3080.4873
-314027.4389,-3080.4873 -261694.6606,-2139.3647 -209359.0852,-1369.3416 -157021.2720,-
770.4262
-104681.7804,-342.6249 -52341.1699,-85.9424 0.0000,-0.3812 52341.1699,-85.9424
104681.7804,-342.6249 157021.2720,-770.4262 209359.0852,-1369.3416 261694.6606,-2139.3647
314027.4389,-3080.4873 314027.4389,-3080.4873 312941.4631,-58434.6512 311855.6705,-
113779.4748
310769.9784,-169119.1782 309684.3037,-224457.9923 308598.5632,-279800.1616 307512.6733,-
335149.9452
306426.5502,-390511.6190 305340.1095,-445889.4772 254455.0776,-444974.3901 203567.3259,-
444225.6691
152677.3984,-443643.3222 101785.8389,-443227.3557 50893.1914,-442977.7741 0.0000,-
442894.5799
-50893.1914,-442977.7741 -101785.8389,-443227.3557 -152677.3984,-443643.3222 -203567.3259,-
444225.6691
-254455.0776,-444974.3901 -305340.1095,-445889.4772 </gml:coordinates>
</gml:LinearRing>
</gml:outerBoundaryIs>
</gml:Polygon>
</polygonProperty>
</BodyPart>
</featureMember>
</FeatureCollection>
</InlineFeature>
<UserStyle>
<Name>PolyStyle</Name>
<FeatureTypeStyle>
<Rule>
<Filter>
<PropertyIsEqualTo>
<PropertyName>Tipo</PropertyName>
<ogc:Literal>Moldura Externa1</ogc:Literal>
</PropertyIsEqualTo>
</Filter>
<PolygonSymbolizer>
<Stroke>
<CssParameter name="stroke">
<ogc:Literal>#000000</ogc:Literal>
</CssParameter>
</Stroke>
</PolygonSymbolizer>
</Rule>
</FeatureTypeStyle>
<FeatureTypeStyle>
<Rule>
<Filter>
<PropertyIsEqualTo>
<PropertyName>Tipo</PropertyName>
<ogc:Literal>Mascara</ogc:Literal>
</PropertyIsEqualTo>
</Filter>

```

```

<PolygonSymbolizer>
<Stroke>
<CssParameter name="stroke">
<ogc:Literal>#000000</ogc:Literal>
</CssParameter>
</Stroke>
<Fill>
<CssParameter name="fill">#FFFF00</CssParameter>
</Fill>
</PolygonSymbolizer>
</Rule>
</FeatureTypeStyle>
<FeatureTypeStyle>
<Rule>
<Filter>
<PropertyIsEqualTo>
<PropertyName>Tipo</PropertyName>
<ogc:Literal>Moldura Externa2</ogc:Literal>
</PropertyIsEqualTo>
</Filter>
<PolygonSymbolizer>
<Stroke>
<CssParameter name="stroke">
<ogc:Literal>#000000</ogc:Literal>
</CssParameter>
</Stroke>
</PolygonSymbolizer>
</Rule>
</FeatureTypeStyle>
<FeatureTypeStyle>
<Rule>
<Filter>
<PropertyIsEqualTo>
<PropertyName>Tipo</PropertyName>
<ogc:Literal>Moldura Interna</ogc:Literal>
</PropertyIsEqualTo>
</Filter>
<PolygonSymbolizer>
<Stroke>
<CssParameter name="stroke">
<ogc:Literal>#000000</ogc:Literal>
</CssParameter>
</Stroke>
</PolygonSymbolizer>
</Rule>
</FeatureTypeStyle>
</UserStyle>
</UserLayer>
<UserLayer>
<Name>Linhas</Name>
<InlineFeature>
<FeatureCollection>
<featureMember>
<BodyPart>
<Tipo>Caneva</Tipo>

```

```

<lineProperty>
<gml:LineString srsName="EPSG#5000">
<gml:coordinates>-203567.3259,-444225.6691 -204291.6455,-388841.8908 -205015.7534,-
333474.2987 -205739.7058,-278118.5980 -206463.5586,-222770.5125 -207187.3675,-167425.7825
-207911.1880,-112080.1632 -208635.0755,-56729.4230 -209359.0852,-1369.3416
</gml:coordinates>
</gml:LineString>
</lineProperty>
</BodyPart>
</featureMember>
<featureMember>
<BodyPart>
<Tipo>Caneva</Tipo>
<lineProperty>
<gml:LineString srsName="EPSG#5000">
<gml:coordinates>-101785.8389,-443227.3557 -102148.0064,-387840.0253 -102510.0681,-
332468.8821 -102872.0520,-277109.6311 -103233.9862,-221757.9958
-103595.8984,-166409.7161 -103957.8164,-111060.5472 -104319.7678,-55706.2570 -104681.7804,-
342.6249
</gml:coordinates>
</gml:LineString>
</lineProperty>
</BodyPart>
</featureMember>
<featureMember>
<BodyPart>
<Tipo>Caneva</Tipo>
<lineProperty>
<gml:LineString srsName="EPSG#5000">
<gml:coordinates>0.0000,-442894.5799 0.0000,-387506.0654 0.0000,-332133.7385 0.0000,-
276773.3041 0.0000,-221420.4854 0.0000,-166071.0225 0.0000,-110720.6703 0.0000,-55365.1967
0.0000,-0.3812
</gml:coordinates>
</gml:LineString>
</lineProperty>
</BodyPart>
</featureMember>
<featureMember>
<BodyPart>
<Tipo>Caneva</Tipo>
<lineProperty>
<gml:LineString srsName="EPSG#5000">
<gml:coordinates>101785.8389,-443227.3557 102148.0064,-387840.0253 102510.0681,-
332468.8821 102872.0520,-277109.6311 103233.9862,-221757.9958
103595.8984,-166409.7161 103957.8164,-111060.5472 104319.7678,-55706.2570 104681.7804,-
342.6249
</gml:coordinates>
</gml:LineString>
</lineProperty>
</BodyPart>
</featureMember>
<featureMember>
<BodyPart>
<Tipo>Caneva</Tipo>
<lineProperty>

```

```

<gml:LineString srsName="EPSG#5000">
<gml:coordinates>203567.3259,-444225.6691 204291.6455,-388841.8908 205015.7534,-
333474.2987 205739.7058,-278118.5980 206463.5586,-222770.5125
207187.3675,-167425.7825 207911.1880,-112080.1632 208635.0755,-56729.4230 209359.0852,-
1369.3416
</gml:coordinates>
</gml:LineString>
</lineProperty>
</BodyPart>
</featureMember>
<featureMember>
<BodyPart>
<Tipo>Caneva</Tipo>
<lineProperty>
<gml:LineString srsName="EPSG#5000">
<gml:coordinates>-307512.6733,-335149.9452 -256265.5830,-334228.3470 -205015.7534,-
333474.2987 -153763.7325,-332887.8083 -102510.0681,-332468.8821
-51255.3080,-332217.5246 0.0000,-332133.7385 51255.3080,-332217.5246 102510.0681,-
332468.8821
153763.7325,-332887.8083 205015.7534,-333474.2987 256265.5830,-334228.3470 307512.6733,-
335149.9452
</gml:coordinates>
</gml:LineString>
</lineProperty>
</BodyPart>
</featureMember>
<featureMember>
<BodyPart>
<Tipo>Caneva</Tipo>
<lineProperty>
<gml:LineString srsName="EPSG#5000">
<gml:coordinates>-309684.3037,-224457.9923 -258075.3104,-223529.8859 -206463.5586,-
222770.5125 -154849.5999,-222179.8804 -103233.9862,-221757.9958
-51617.2689,-221504.8632 0.0000,-221420.4854 51617.2689,-221504.8632 103233.9862,-
221757.9958
154849.5999,-222179.8804 206463.5586,-222770.5125 258075.3104,-223529.8859 309684.3037,-
224457.9923
</gml:coordinates>
</gml:LineString>
</lineProperty>
</BodyPart>
</featureMember>
<featureMember>
<BodyPart>
<Tipo>Caneva</Tipo>
<lineProperty>
<gml:LineString srsName="EPSG#5000">
<gml:coordinates>-311855.6705,-113779.4748 -259884.8182,-112844.8609 -207911.1880,-
112080.1632 -155935.3356,-111485.3898 -103957.8164,-111060.5472
-51979.1860,-110805.6398 0.0000,-110720.6703 51979.1860,-110805.6398 103957.8164,-
111060.5472
155935.3356,-111485.3898 207911.1880,-112080.1632 259884.8182,-112844.8609 311855.6705,-
113779.4748
</gml:coordinates>
</gml:LineString>

```

```

</lineProperty>
</BodyPart>
</featureMember>
<featureMember>
<BodyPart>
<Tipo>Caneva</Tipo>
<lineProperty>
<gml:LineString srsName="EPSG#5000">
<gml:coordinates>-314038.2998,-2526.8842 -305316.0865,-2358.1431 </gml:coordinates>
</gml:LineString>
</lineProperty>
</BodyPart>
</featureMember>
<featureMember>
<BodyPart>
<Tipo>Caneva</Tipo>
<lineProperty>
<gml:LineString srsName="EPSG#5000">
<gml:coordinates>-305329.2432,-446443.3521 -296848.9183,-446279.2906 </gml:coordinates>
</gml:LineString>
</lineProperty>
</BodyPart>
</featureMember>
(...)
<featureMember>
<BodyPart>
<Tipo>Caneva</Tipo>
<lineProperty>
<gml:LineString srsName="EPSG#5000">
<gml:coordinates>-305340.1095,-445889.4770 -306357.7787,-445909.4756 </gml:coordinates>
</gml:LineString>
</lineProperty>
</BodyPart>
</featureMember>
<featureMember>
<BodyPart>
<Tipo>Caneva</Tipo>
<lineProperty>
<gml:LineString srsName="EPSG#5000">
<gml:coordinates>305340.1095,-445889.4770 306357.7787,-445909.4756 </gml:coordinates>
</gml:LineString>
</lineProperty>
</BodyPart>
</featureMember>
</FeatureCollection>
</InlineFeature>
<UserStyle>
<Name>CanevaStyle</Name>
<FeatureTypeStyle>
<Rule>
<Filter>
<PropertyIsEqualTo>
<PropertyName>Tipo</PropertyName>
<ogc:Literal>Caneva</ogc:Literal>
</PropertyIsEqualTo>

```

```

</Filter>
<LineStyle>
<Stroke>
<CssParameter name="stroke">
<ogc:Literal>#000000</ogc:Literal>
</CssParameter>
</Stroke>
</LineStyle>
</Rule>
</FeatureTypeStyle>
</UserStyle>
</UserLayer>
<UserLayer>
<Name>Pontos</Name>
<InlineFeature>
<FeatureCollection>
<featureMember>
<BodyPart>
<Tipo>Scale Circle</Tipo>
<Label>I</Label>
<pointProperty>
<gml:Point srsName="EPSG#5000">
<gml:coordinates>-287974.9341,3722.8111 </gml:coordinates>
</gml:Point>
</pointProperty>
</BodyPart>
</featureMember>
<featureMember>
<BodyPart>
<Tipo>Scale Circle</Tipo>
<Label>I</Label>
<pointProperty>
<gml:Point srsName="EPSG#5000">
<gml:coordinates>-279784.4114,-451725.6288 </gml:coordinates>
</gml:Point>
</pointProperty>
</BodyPart>
</featureMember>
<featureMember>
<BodyPart>
<Tipo>Scale Circle</Tipo>
<Label>II</Label>
<pointProperty>
<gml:Point srsName="EPSG#5000">
<gml:coordinates>-235620.0526,4578.7224 </gml:coordinates>
</gml:Point>
</pointProperty>
</BodyPart>
</featureMember>
<featureMember>
<BodyPart>
<Tipo>Scale Circle</Tipo>
<Label>II</Label>
<pointProperty>
<gml:Point srsName="EPSG#5000">

```

```

<gml:coordinates>-228918.5965,-450894.0612 </gml:coordinates>
</gml:Point>
</pointProperty>
</BodyPart>
</featureMember>
(...)
<featureMember>
<BodyPart>
<Tipo>Scale Circle</Tipo>
<Label>XI</Label>
<pointProperty>
<gml:Point srsName="EPSG#5000">
<gml:coordinates>235620.0526,4578.7224 </gml:coordinates>
</gml:Point>
</pointProperty>
</BodyPart>
</featureMember>
<featureMember>
<BodyPart>
<Tipo>Scale Circle</Tipo>
<Label>XI</Label>
<pointProperty>
<gml:Point srsName="EPSG#5000">
<gml:coordinates>228918.5965,-450894.0612 </gml:coordinates>
</gml:Point>
</pointProperty>
</BodyPart>
</featureMember>
<featureMember>
<BodyPart>
<Tipo>Scale Circle</Tipo>
<Label>XII</Label>
<pointProperty>
<gml:Point srsName="EPSG#5000">
<gml:coordinates>287974.9341,3722.8111 </gml:coordinates>
</gml:Point>
</pointProperty>
</BodyPart>
</featureMember>
<featureMember>
<BodyPart>
<Tipo>Scale Circle</Tipo>
<Label>XII</Label>
<pointProperty>
<gml:Point srsName="EPSG#5000">
<gml:coordinates>279784.4114,-451725.6288 </gml:coordinates>
</gml:Point>
</pointProperty>
</BodyPart>
</featureMember>
<featureMember>
<BodyPart>
<Tipo>Scale Circle</Tipo>
<Label>a</Label>
<pointProperty>

```

```

<gml:Point srsName="EPSG#5000">
<gml:coordinates>319439.8410,-30876.9478 </gml:coordinates>
</gml:Point>
</pointProperty>
</BodyPart>
</featureMember>
<featureMember>
<BodyPart>
<Tipo>Scale Circle</Tipo>
<Label>a</Label>
<pointProperty>
<gml:Point srsName="EPSG#5000">
<gml:coordinates>-319439.8410,-30876.9478 </gml:coordinates>
</gml:Point>
</pointProperty>
</BodyPart>
</featureMember>
<featureMember>
<BodyPart>
<Tipo>Scale Circle</Tipo>
<Label>b</Label>
<pointProperty>
<gml:Point srsName="EPSG#5000">
<gml:coordinates>318333.3383,-86225.5062 </gml:coordinates>
</gml:Point>
</pointProperty>
</BodyPart>
</featureMember>
<featureMember>
<BodyPart>
<Tipo>Scale Circle</Tipo>
<Label>b</Label>
<pointProperty>
<gml:Point srsName="EPSG#5000">
<gml:coordinates>-318333.3383,-86225.5062 </gml:coordinates>
</gml:Point>
</pointProperty>
</BodyPart>
</featureMember>
(...)
<featureMember>
<BodyPart>
<Tipo>Scale Circle</Tipo>
<Label>h</Label>
<pointProperty>
<gml:Point srsName="EPSG#5000">
<gml:coordinates>311694.3921,-418313.3437 </gml:coordinates>
</gml:Point>
</pointProperty>
</BodyPart>
</featureMember>
<featureMember>
<BodyPart>
<Tipo>Scale Circle</Tipo>
<Label>h</Label>

```

```

<pointProperty>
<gml:Point srsName="EPSG#5000">
<gml:coordinates>-311694.3921,-418313.3437 </gml:coordinates>
</gml:Point>
</pointProperty>
</BodyPart>
</featureMember>
<featureMember>
<BodyPart>
<Tipo>Coordenadas</Tipo>
<Label>-54°</Label>
<pointProperty>
<gml:Point srsName="EPSG#5000">
<gml:coordinates>-314099.1217,573.3182 </gml:coordinates>
</gml:Point>
</pointProperty>
</BodyPart>
</featureMember>
<featureMember>
<BodyPart>
<Tipo>Coordenadas</Tipo>
<Label>-54°</Label>
<pointProperty>
<gml:Point srsName="EPSG#5000">
<gml:coordinates>-305268.3912,-449545.0896 </gml:coordinates>
</gml:Point>
</pointProperty>
</BodyPart>
</featureMember>
<featureMember>
<BodyPart>
<Tipo>Coordenadas</Tipo>
<Label>-53°</Label>
<pointProperty>
<gml:Point srsName="EPSG#5000">
<gml:coordinates>-209406.8755,2284.8544 </gml:coordinates>
</gml:Point>
</pointProperty>
</BodyPart>
</featureMember>
<featureMember>
<BodyPart>
<Tipo>Coordenadas</Tipo>
<Label>-53°</Label>
<pointProperty>
<gml:Point srsName="EPSG#5000">
<gml:coordinates>-203519.5120,-447881.6722 </gml:coordinates>
</gml:Point>
</pointProperty>
</BodyPart>
</featureMember>
(...)
<featureMember>
<BodyPart>
<Tipo>Coordenadas</Tipo>

```

```

<Label>-20°</Label>
<pointProperty>
<gml:Point srsName="EPSG#5000">
<gml:coordinates>318213.9235,-3163.1683 </gml:coordinates>
</gml:Point>
</pointProperty>
</BodyPart>
</featureMember>
<featureMember>
<BodyPart>
<Tipo>Coordenadas</Tipo>
<Label>-20°</Label>
<pointProperty>
<gml:Point srsName="EPSG#5000">
<gml:coordinates>-318213.9235,-3163.1683 </gml:coordinates>
</gml:Point>
</pointProperty>
</BodyPart>
</featureMember>
<featureMember>
<BodyPart>
<Tipo>legenda 1</Tipo>
<pointProperty>
<gml:Point srsName="EPSG#5000">
<gml:coordinates>-305268.3912,-449545.0896 </gml:coordinates>
</gml:Point>
</pointProperty>
</BodyPart>
</featureMember>
</FeatureCollection>
</InlineFeature>
<UserStyle>
<Name>CircleStyle</Name>
<FeatureTypeStyle>
<Rule>
<Filter>
<PropertyIsEqualTo>
<PropertyName>Tipo</PropertyName>
<ogc:Literal>Coordenadas</ogc:Literal>
</PropertyIsEqualTo>
</Filter>
<TextSymbolizer>
<Label>
<PropertyName>Label</PropertyName>
</Label>
<Font>
<CssParameter name="font-family">Arial</CssParameter>
<CssParameter name="font-size">5.0</CssParameter>
</Font>
<LabelPlacement>
<PointPlacement>
<AnchorPoint>
<AnchorPointX>0.5</AnchorPointX>
<AnchorPointY>0.8</AnchorPointY>
</AnchorPoint>

```

```

</PointPlacement>
</LabelPlacement>
</TextSymbolizer>
</Rule>
<Rule>
<Filter>
<PropertyIsEqualTo>
<PropertyName>Tipo</PropertyName>
<ogc:Literal>Scale Circle</ogc:Literal>
</PropertyIsEqualTo>
</Filter>
<PointSymbolizer>
<Graphic>
<Mark>
<WellKnownName>circle</WellKnownName>
<Stroke>
<CssParameter name="stroke">
<ogc:Literal>#000000</ogc:Literal>
</CssParameter>
</Stroke>
</Mark>
<Size>10.0</Size>
</Graphic>
</PointSymbolizer>
<TextSymbolizer>
<Label>
<PropertyName>Label</PropertyName>
</Label>
<Font>
<CssParameter name="font-family">Arial</CssParameter>
<CssParameter name="font-size">4.0</CssParameter>
</Font>
<LabelPlacement>
<PointPlacement>
<AnchorPoint>
<AnchorPointX>0.5</AnchorPointX>
<AnchorPointY>0.8</AnchorPointY>
</AnchorPoint>
</PointPlacement>
</LabelPlacement>
</TextSymbolizer>
</Rule>
<Rule>
<Filter>
<PropertyIsEqualTo>
<PropertyName>Tipo</PropertyName>
<ogc:Literal>legenda1</ogc:Literal>
</PropertyIsEqualTo>
</Filter>
<PointSymbolizer>
  <Graphic>
    <ExternalGraphic>
      <OnlineResource xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink" xlink:type="simple"
xlink:href="http://localhost:8080/fig/legendas1.JPG"/>
      <Format>image/jpeg</Format>
    
```

```
</ExternalGraphic>
<Mark/>
</Graphic>
</PointSymbolizer>
</Rule></FeatureTypeStyle>
</UserStyle>
</UserLayer>
</StyledLayerDescriptor>
<BoundingBox srsName="EPSG#5000">
<gml:coord>
<gml:X>330000</gml:X>
<gml:Y>20000</gml:Y>
</gml:coord>
<gml:coord>
<gml:X>-330000</gml:X>
<gml:Y>-690000</gml:Y>
</gml:coord>
</BoundingBox>
<Output>
<Format>application/pdf</Format>
<Transparent>>false</Transparent>
<Size>
<Width>1871</Width>
<Height>2035</Height>
</Size>
</Output>
<Exceptions>application/vnd.ogc.se+xml</Exceptions>
</ogc:GetMap>
```