

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

1.1 Visão Geral

O crescente uso dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), sejam eles comerciais ou de uso livre, em empresas públicas e privadas, tem cada vez mais gerado informações vinculadas ao espaço e ao tempo.

Atualmente o Brasil conta com um volume imenso de dados sobre o território nacional. Entretanto, grande parte dos dados existentes encontra-se dispersa, fragmentada, sem compatibilização cartográfica e, em alguns casos, duplicada em vários locais.

A informação espacial pode desempenhar um papel especial, uma vez que possibilita integrar informações de várias disciplinas para uma grande variedade de utilizações, conforme o demonstram os exemplos a seguir: i) uma descrição coerente e amplamente acessível do território proporcionaria o quadro necessário à coordenação do fornecimento, monitorização e utilização das informações em toda a comunidade; ii) A utilização da informação espacial na elaboração de mapas, que são uma boa forma de comunicação com o público.

Uma vez compartilhadas, essas informações poderão ser usadas por órgãos de planejamento nacional, estaduais e municipais, agências de fomento e investimento, agências de desenvolvimento regional, órgãos de controle e fiscalização e instituições de pesquisa e de desenvolvimento tecnológico.

É indiscutível que o compartilhamento de dados espaciais é positivo para o Brasil. Criar condições para universalizar o acesso a essas informações irá aumentar a oferta de dados de qualidade, otimizar o uso de orçamentos escassos para mapeamento, melhorar a qualidade de serviços, oferecer acesso mais amplo e democrático às informações, aumentar o potencial de geração de empregos no mercado de geotecnologias, incentivar novos negócios e favorecer a transparência das organizações. Enfim, indústria, governo, academia e cidadãos em geral irão perceber os benefícios.

O grande desafio é compartilhar dados geograficamente dispersos e comunicar conceitos importantes entre departamentos dentro da organização ou entre organizações diferentes usando, para isso, tecnologias de informação. Neste contexto, possibilitar que organizações possam ser capazes de tomarem melhores decisões baseadas em todos os fatores relevantes; tornar possível uma análise integrada e auxiliar na construção de cenários e simulação de tendências, a fim de ajudar na tomada de decisão por parte dos gestores, além de fornecer importantes subsídios para os pesquisadores, principalmente nas questões que alteram o uso do território em escala nacional e regional, como ampliação da infra-estrutura física, expansão da produção agropecuária e a gestão das áreas de fronteira.

O presente trabalho tem por objetivo mostrar os benefícios da disponibilização de dados na *web* seguindo padrões de interoperabilidade, visando contribuir para a estruturação de um sistema de planejamento e gerenciamento estratégico do território brasileiro. O pesquisador, usuário, desenvolvedor ou especialista envolvido em temas ligados à representação computacional do espaço poderá usufruir desses dados. Pretende-se, assim, estabelecer as bases para o desenvolvimento gradual e harmonizado de uma infra-estrutura de informações espaciais, que poderão ser compartilhadas entre múltiplas fontes geradoras de dados.

Será desenvolvido um protótipo utilizando tecnologia de desenvolvimento em *Web Services*, padrões do *Open Geospatial Consortium* (OGC) e software livre, permitindo a visualização, manutenção e intercâmbios de dados entre diversos órgãos.

1.2 Motivação e Relevância

Se, no passado, a informação sobre o território constituía condição básica de construção da legitimidade do poder do Estado, atualmente ela se torna essencial à tomada de decisão em um ambiente político diversificado, onde cabem inúmeros atores e forças sociais igualmente organizadas e legitimadas.

Ao território parece dado, contemporaneamente, um papel inédito na definição da dinâmica social e, portanto, na compreensão da realidade nacional/mundial vista em suas diversas dimensões e escalas.

Qual o caminho para a convivência harmoniosa do homem com seu meio? Como sobreviver da natureza sem, no entanto, impossibilitar o seu aproveitamento pelas gerações futuras? A partir dessas indagações o homem começou a discutir a elaboração de mecanismos que diminuíssem o impacto de suas atividades no meio ambiente.

Toda matéria-prima objeto das atividades humanas provém do meio natural. Portanto, a necessidade de um desenvolvimento sustentável que não impossibilite a renovação dos recursos naturais, ou seja, a renovação dos meios de produção humana é uma preocupação planetária.

O desenvolvimento sustentável é, assim, o que atende às necessidades do presente, sem comprometer o direito de uso dos recursos naturais pelas gerações futuras. O Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) é um instrumento estratégico de planejamento regional e gestão territorial, cujo objetivo principal é contribuir para a implementação prática do desenvolvimento sustentável [1].

O Ministério do Meio Ambiente, através da sua Secretaria de Desenvolvimento Sustentável, solicitou ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) que

desenvolvesse um produto para auxiliar na tomada de decisão no Zoneamento Ecológico e Econômico.

Foi desenvolvido um produto em DVD denominado MacroZEE–Brasil (Sistematização de Informações para o Macrozoneamento Ecológico-Econômico do Brasil). Esse DVD constituiu o produto inicial do Projeto MacroZEE Brasil, visando contribuir para a estruturação de um sistema de planejamento e gerenciamento estratégico do território brasileiro. Foi construído a partir de um banco de dados capaz de associar, em uma mesma base cartográfica, um conjunto de informações derivado, tanto do quadro natural, quanto da esfera socioeconômica.

O produto disponibiliza mapas relacionados aos temas: Físico, Político, Recursos Naturais e Meio Ambiente, Demografia, Urbanização, Saneamento Básico, Indústria e Serviços, Agropecuária, Saúde, Educação e Infra-Estrutura. Além dos mapas, o sistema disponibiliza ainda, para cada mapa, imagens, gráficos, textos e notas técnicas que auxiliam no entendimento do estudo.

Com base nesse sistema, outros foram desenvolvidos enfocando temas específicos: Bacia do Rio São Francisco, Mapa da Pobreza. Projeto Quilombolas; entre outros.

Percebeu-se, então, a importância de um sistema que agregasse e disponibilizasse, para uso da comunidade, as informações geo-espaciais, bem como, agregar informações de outras fontes geradoras.

Entretanto, soluções teriam que ser dadas aos problemas encontrados ao longo do trabalho:

- ◆ Dificuldade em reunir os dados existentes;
- ◆ Problemas em conseguir a versão mais atual do dado;
- ◆ Dificuldades em descobrir quais dados estão disponíveis;
- ◆ Difícil manutenção das atualizações;
- ◆ Impossibilidade de inclusão de dados;
- ◆ Duplicidade de dados;
- ◆ Incompatibilidade nos conjuntos de dados oriundos de diferentes fontes;
- ◆ Os dados necessários nem sempre estão disponíveis;
- ◆ Pagamento de *royalties*;
- ◆ Distribuição em DVD, o que gera a impossibilidade de atualização dos dados.

O projeto foi inicialmente desenvolvido com a utilização da biblioteca gráfica *MapObject2.0* da *Esri* [2]. Na época, foi escolhida essa tecnologia por esta estar disponível

para uso no IBGE. Entretanto, desenvolvendo com o auxílio dessa biblioteca, por limitação de licença, só é permitida a distribuição de 50 cópias do produto desenvolvido. Caso se queira a distribuição de uma quantidade maior que essa, a instituição que está desenvolvendo é obrigada a pagar *royalties* para a *Esri*. Como já era sabido que a distribuição passaria de 50 cópias, a solução adotada foi adaptar o desenvolvimento utilizando uma biblioteca com menos funcionalidades, desenvolvida pelo mesmo fabricante chamada *MapObjects LT 2.0*.

Com isso, foram perdidas algumas funções e outras foram desenvolvidas para que o produto final não ficasse prejudicado. Isso gerou um trabalho de desenvolvimento por parte dos desenvolvedores e, pelo fato do *MapObjects* ser uma biblioteca comercializada esse esforço não foi compartilhado com a comunidade.

Além do problema citado acima, no decorrer do desenvolvimento, verificou-se que a função de retorno de uma pesquisa (*SearchExpression*) não retornava os valores corretos, quando o alvo de busca eram campos com definição de números reais. Esse problema foi exaustivamente debatido com a *Esri*, porém a empresa disse que não estava mais comercializando tal versão do produto e em consequência disto não consertaria o erro.

Mais uma vez, o problema foi parcialmente contornado. Os dados foram duplicados com definição de *string*. Assim, foi possível, por exemplo, achar todas as ocorrências de municípios com população maior que um determinado número. Porém, ficou prejudicado o cálculo da média de população de uma determinada UF, por exemplo.

Alguns aspectos foram primordiais na busca de soluções para tais problemas:

- ♦ Utilização de *software* livre;
- ♦ Dados publicados na *web*;
- ♦ Utilização de padrão do W3C;
- ♦ Utilização de padrão *OpenGeospatial Consortium* ;
- ♦ O dado tem que estar disponível e ser confiável;
- ♦ Facilidade e rapidez na obtenção de dados;
- ♦ Existência de metadados.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Os grandes avanços tecnológicos experimentados ultimamente e a disponibilidade cada vez maior da informação geográfica tornaram-se armas bastante eficazes na resolução de problemas variados. Um meio ambiente protegido e equilibrado, com desenvolvimento

sustentado, espaços urbanos planejados, projetos de engenharia inteligentes, programas de saúde e saneamento eficazes, são objetivos que podem ser mais facilmente alcançados com o pleno domínio da informação espacial.

No entanto, dados espaciais são dispendiosos para serem adquiridos e freqüentemente as instituições não possuem orçamento suficiente para a quantidade e qualidade de dados que precisam dispor. No Brasil, a falta de atualização e a inexistência de dados em algumas regiões são notórias.

Com o esforço do compartilhamento de dados espaciais, esses dados podem ser utilizados por um maior número de usuários, aumentando o benefício do investimento e diminuindo o custo de obtenção do dado espacial e também o re-trabalho. É importante ressaltar que é fundamental que os dados não sejam restritos a um determinado *software* o que diminui a sua aplicabilidade. Idealmente os dados têm que estar disponíveis e prontos para serem usados em qualquer aplicação.

Garantir a integridade dos dados é outro aspecto que se deve ter em mente. O ideal é que as informações, em geral, sejam atualizadas no ponto onde elas foram produzidas. Isso garante a confiabilidade dos dados e evita a duplicidade, um procedimento geralmente ineficiente e que pode gerar inconsistências. Os dados devem ser usados diretamente da fonte geradora. É ela quem mantém os dados e disponibilizará sempre a última versão. Isso garante que o usuário estará utilizando a versão correta e não a versão que foi copiada para sua máquina local.

No Brasil, os principais atores dos temas da base cartográfica já vêm realizando esforços em termos de disponibilizá-la, tanto o INPE com as imagens CBERS, como a DSG e o IBGE com as cartas topográficas. Entretanto, surge a reflexão de como ampliar e integrar os trabalhos destas instituições. O Ministério do Meio Ambiente já iniciou seus trabalhos nesse sentido, está disponibilizando dados usando tecnologias que serão tratadas nesta dissertação. Essa iniciativa tem que ser ampliada para que as fontes geradoras de dados possam também disponibilizar seus dados de maneira transparente.

Assim, esse trabalho tem como objetivo geral contribuir para o desenvolvimento de uma infra-estrutura de informações espaciais, que possa ser amplamente disseminada via Internet através de *Web Services* e que atenda os requisitos de interoperabilidade, de modo que diversos usuários possam usufruir dos dados disponíveis, integrando-os quando necessários.

1.3.2 Objetivos Específicos

Este trabalho incidirá inicialmente nas necessidades de informação geográfica para o Zoneamento Ecológico e Econômico do Brasil. Entretanto, como se trata de um sistema de infra-estrutura de informações espaciais poderá, então, agregar dados para qualquer trabalho que envolva a informação espacial.

Como objetivos específicos, pode-se citar:

- Estudar e avaliar os *softwares* disponíveis para disponibilização de dados na *web* seguindo os padrões de interoperabilidade e com a filosofia de distribuição livre e código aberto;
- Estudar iniciativas de criação de Infra-estruturas de Dados Espaciais no Brasil e no mundo;
- Criar um ambiente servidor de dados que facilite o armazenamento dos dados geo-espaciais. Esse ambiente deverá estar preparado para guardar todas as informações de dados geo-espaciais: a geometria, os dados alfanuméricos, legenda, regras de renderização, projeção, escala, entre outros. Os dados deverão, também, estar armazenados de maneira que possam ser compartilhados com outras instituições, com isso visando a interoperabilidade dos dados;
- Criar um ambiente cliente de visualização desses dados, permitindo que a informação geográfica proveniente de diferentes fontes, possa ser combinada de forma transparente e partilhada por diversos utilizadores e aplicações;
- Estabelecer maior integração das soluções de Geoprocessamento com os sistemas de gestão pública em geral. A evolução tecnológica tem conduzido diversos segmentos para uma convergência dos sistemas de informação e este caminho também é o mais indicado para administração pública

Para isso, esses dois ambientes deverão estar em conformidade com os padrões do *Open GeoSpatial Consortium* (OGC) e serem desenvolvidos em ambiente *web* com ferramentas de uso livre e código aberto.

Em conseqüência, espera-se ter uma infra-estrutura que facilite os trabalhos de pesquisadores e administradores que precisem de indicadores sobre o território, a população, a economia e o meio ambiente brasileiros.

1.4 Estrutura da dissertação

Esta dissertação está dividida em capítulos que estão estruturados da seguinte forma:

Capítulo 1 – Neste capítulo foi feita uma introdução às vantagens que existem em compartilhar dados entre diversas fontes.

Capítulo 2 – Breve histórico da utilização de sistemas de informações geográficas e da utilização da internet.

Capítulo 3 - Introdução às tecnologias consideradas relevantes no contexto do problema apresentado. Depois de ler este capítulo, o leitor deve estar apto a perceber o contexto tecnológico do sistema que irá ser desenvolvido e conhecer alguns sistemas e tecnologias que podem vir a ser importantes para o desenvolvimento da solução proposta nesta dissertação.

Capítulo 4 – Neste capítulo são apresentadas algumas iniciativas de Infra-estrutura de dados espaciais na Europa, Estados Unidos e América Latina.

Capítulo 5 – São apresentadas as avaliações feitas em alguns *softwares* livres que seguem os padrões OGC.

Capítulo 6 - Descreve a solução proposta para o sistema usando conceitos descritos anteriormente. É apresentada a arquitetura geral, as tecnologias utilizadas. Apresenta os detalhes da implementação do sistema proposto. São apresentadas algumas imagens do sistema em funcionamento, de forma a termos noção de como o sistema se apresenta ao utilizador.

Capítulo 7 - Apresenta as conclusões que se podem extrair do desenvolvimento e testes efetuados ao sistema. Neste capítulo, apresentam-se também melhorias ao sistema desenvolvido e outros trabalhos futuros.

Apêndice A – apresenta um detalhamento do arquivo usado para definir a aparência do mapa: o *Styled Layer Description (SLD)*

Apêndice B – apresenta os dados do *menu* do sistema, isto é a relação de Temas, Subtemas e Mapas.

CAPÍTULO 2 - HISTÓRICO

Neste capítulo, procura-se fazer um breve histórico dos Sistemas de Informação Geográfica e do uso da Internet.

2.1 Sistemas de Informações Geográficas

Os mapas ajudam a desenvolver a atitude de cidadania, pois é através deles que se consegue ter a idéia de como se configuram os territórios dos municípios, estados e país.

A elaboração e a análise de mapas passaram por grandes avanços técnicos e científicos nas duas últimas décadas.

Ao contrário dos trabalhos realizados anteriormente, em que os resultados e conclusões dependiam necessariamente de uma pesquisa de campo, hoje o levantamento de dados feito por instrumentos eletrônicos, como o *GPS (Global Positioning System)*, com o qual se conseguem não só coordenadas geográficas, mas também permitem localizar pontos desconhecidos. Satélites e radares que estão ao redor do planeta ou instalados em aviões e em ônibus espaciais produzem imagens e geram informações que superam em muito a capacidade do olho humano.

Esses dados e imagens associadas aos Sistemas de Informações Geográficas conhecidos como SIG, possibilitam ao pesquisador chegar a conclusões que anteriormente ou eram impraticáveis ou demorariam muito.

Um mapa deve apresentar, além da base cartográfica, dados (econômicos, políticos, transportes...) que atendam a diversas finalidades de estudo.

Um dos objetivos básicos dos produtos cartográficos é o de representar, de forma mais exata possível, as informações existentes no mundo real (representação de dados geoespaciais).

O advento do uso dos computadores na Cartografia, e o crescente uso de aplicações ligadas a informações espaciais, passam a exercer papel preponderante na manipulação dos dados espaciais criando-se uma ferramenta de auxílio na tomada de decisão. Desperta aos cartógrafos, geólogos, geógrafos e áreas afins um grande desafio: como disponibilizar essas informações de forma acurada, eficiente, interativa e dinâmica ao usuário, utilizando-se dos novos recursos tecnológicos?

Nos últimos anos, houve uma mudança tecnológica fundamental. Hoje sistemas gerenciadores de bancos de dados são capazes de armazenar tanto os atributos quanto as

geometrias dos dados geográficos, e de permitir o acesso e compartilhamento eficiente de dados em ambiente multi-usuário. Como exemplo, pode-se citar três extensões comerciais disponíveis no mercado para tratar de dados geográficos no formato vetorial: Oracle Spatial [4], IBM DB2 Spatial Extender [5] e Informix [6]. No universo do software de código fonte aberto e gratuito existe a extensão geográfica baseada no PostgreSQL [7], chamada de PostGIS [8].

Segundo Davis [9], os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) deixaram de ser apenas ferramentas ligadas a projetos para se tornarem gerenciadores de recursos informacionais corporativos. Com isso os SIG estão se tornando o núcleo de ambientes computacionais que envolvem grandes quantidades de usuários, espalhados em várias localidades, e acessando grandes volumes de dados [10].

Para os usuários, o paradigma também mudou. Antes, sistemas de informação geográfica eram ambientes monousuários, de uso exclusivo de alguns. Hoje, esses sistemas têm de ser corporativos e suportar diferentes aplicações. Isto aumenta em muito os benefícios potenciais da geoinformação para as empresas, mas tem um custo. Os profissionais de geoinformação precisam entender tanto de aspectos cartográficos e de análise espacial de dados, quanto de bancos de dados, entre outras coisas. Isto requer um grau de qualificação maior.

Já é notório que, na área de desenvolvimento utilizando tecnologias de geoinformação, o trabalho em conjunto com profissionais de diversas áreas é fundamental para a construção de Sistemas de Informações Geográficas. Quando o trabalho é desenvolvido por especialistas de várias disciplinas (geógrafos, cartógrafos, biólogos, ...) e especialistas da área de informática, torna-se eficaz a construção de aplicativos de informações espaciais.

Com isso, surge um novo ramo no setor de desenvolvimento de sistemas, os profissionais da Geomática, com conhecimentos em informática e conhecimentos no âmbito espacial e temporal para a construção de ambientes computacionais.

Esses profissionais têm em mente, os diversos problemas associados à construção de SIG's: escalas, projeções cartográficas, região geográfica e um amplo conhecimento de tecnologias ligadas à computação.

Nesse contexto, é de extrema relevância a contribuição da Geomática à sociedade nos dias atuais, segundo Azevedo [11], a Geomática é definida como Ciência e Tecnologia, na medida em que ela se apropria do método científico – para definir “o que fazer” para produzir informação georreferenciada – e das técnicas computacionais e outras estabelecendo o “como fazer”.

Assim, todas as atividades e áreas do conhecimento que empregam dados espaciais relacionam-se, direta ou indiretamente, com a Geomática e se beneficiam de seus avanços.

Igualmente, por ser uma área do conhecimento que abrange em seu escopo uma gama variada de disciplinas científicas e tecnológicas, a Geomática também se beneficia dos avanços ocorridos em outras áreas. No entanto, é importante considerar que, embora a Geomática tenha efetivamente uma natureza multidisciplinar, ela não inclui todas estas áreas em sua totalidade, ou seja, não é a “união” de várias áreas do conhecimento. Ao se apropriar parcialmente destes vários ramos, ela cria na verdade uma espécie de interseção, que resulta em seu próprio espaço com característica única e homogênea.

Segundo Azevedo [11], “Uma aplicação nobre da ciência e tecnologia Geomática será a de buscar na integração científica com as tecnologias de ponta, principalmente representadas pela computação eletrônica de dados e técnicas espaciais, as ferramentas potencialmente capazes de instrumentar o homem em suas ações inerentes à ocupação territorial, de forma a harmonizar os interesses econômicos à qualidade de vida e meio ambiente”.

2.2 Rede Internet

No passado, os SIG's, com raras exceções, eram desenvolvidos com uma arquitetura de projetos isolados. Atualmente o foco está na integração dos dados espaciais para prover a integração das diversas áreas e permitir uma melhor decisão por parte dos gestores.

Com o surgimento de tecnologias que viabilizaram o amplo uso da Internet, os computadores deixaram de ser apenas máquinas que processam informação e assumem o papel de meio de comunicação. Através da Internet e com a utilização de um computador, a informação pode ser trocada e compartilhada por todos a um nível cada vez mais abrangente.

A evolução das tecnologias de telecomunicações e a procura pela mobilidade tiveram um impacto fundamental no aparecimento de novas plataformas e conseqüentemente surgiram novas necessidades de disponibilizar a informação. Idealmente pretende-se que a informação seja disponibilizada a qualquer hora, em qualquer lugar e para qualquer plataforma.

Segundo Fonseca e Egenhofer [12], as primeiras tentativas para tornar os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) interoperáveis se deram através da tradução direta de formatos de dados entre fabricantes de software. Como exemplo, pode-se citar os formatos DXF (*Autodesk*) [13] e *Shapefile* (*Esri*) [3].

Outras instituições usam o formato de arquivo PDF [52] para disponibilizar dados, o que é mais grave ainda, pois esses formatos não são arquivos com informações espaciais e, sim uma imagem. É um excelente formato para troca de arquivos sem que haja a necessidade

da informação associada ao ponto geográfico. Com o formato PDF o usuário não pode ter informação espacial, utiliza esse arquivo somente como uma imagem em seu documento.

Com isso, as instituições geradoras de dados passaram a disponibilizar arquivos nesses formatos. Entretanto, esse procedimento não garante que o usuário está com a última versão do arquivo, uma vez que o usuário tem que trazer o arquivo para sua máquina para poder usá-lo.

O ideal é que as informações permaneçam armazenadas e atualizadas no ponto onde elas são produzidas. Sendo assim evita-se a duplicidade dos dados, um procedimento geralmente ineficiente.

CAPÍTULO 3 – DIRETRIZES E TECNOLOGIAS RELEVANTES

A seguir serão descritas as principais diretrizes e tecnologias consideradas relevantes no contexto do problema apresentado. Neste capítulo, caracteriza-se o contexto tecnológico desta dissertação e descrevem-se alguns sistemas e tecnologias que podem vir a ser importantes para o desenvolvimento da solução.

3.1. Uso de *Software* Livre

A redução de custos, boa qualidade, autonomia tecnológica e compartilhamento do conhecimento são alguns dos argumentos utilizados pelo governo federal para justificar a opção por *software* livre nos setores públicos. Além da segurança, a redução de custos, com a diminuição do envio de *royalties* para o exterior, já que a grande maioria dos programas é de autoria internacional, também é levada em consideração. Os recursos economizados podem ser investidos no desenvolvimento da indústria nacional. O país poderia passar de mero consumidor de tecnologias de informação e comunicação a produtor.

O *software* livre é definido por 4 graus ou níveis de liberdades [19]:

- ◆ Liberdade de executar o programa, para qualquer propósito (nível 0)
- ◆ Liberdade de estudar como o programa funciona, e adaptá-lo para as suas necessidades (nível 1). Acesso ao código fonte é pré-requisito para esse grau de liberdade.
- ◆ Liberdade de redistribuir cópias para ajudar seu próximo (nível 2).
- ◆ Liberdade de aperfeiçoar o programa, e liberar os seus aperfeiçoamentos, de modo que toda comunidade se beneficie (nível 3).

Segundo Hexsel [16], a liberdade para usar, copiar, modificar e redistribuir software livre lhe confere uma série enorme de vantagens sobre o software proprietário. A mais importante delas é a disponibilidade do código fonte, porque isto evita que os usuários se tornem reféns de tecnologias proprietárias. Além desta, as vantagens técnicas são também consideráveis.

Continuando Hexsel [16], diz que os benefícios econômicos são muito maiores e mais importantes que a simples economia com o licenciamento de software. A robustez e confiabilidade do software livre provocam reduções significativas em custos operacionais. A disponibilidade do código fonte permite que os sistemas sejam adaptados às condições e necessidades dos usuários. Estas adaptações poderão ser efetuadas por profissionais brasileiros, que terão oportunidades de desenvolvimento muito distintas daquelas vigentes em um mercado monopolístico. Além disso, a possibilidade de consulta ao código dos programas permite condições de estudo e aprendizado que são absolutamente inviáveis com software proprietário.

Outro ponto importante é o custo da atualização de versões que ocorre no uso de software proprietário. O cliente tem o custo da compra do software e depois tem o custo com a sua atualização.

Quando se usa software com código aberto, existe a possibilidade de correção de possíveis problemas. O usuário conta com uma comunidade para auxiliá-lo na solução. Além de poder contar com várias dicas de desenvolvimento. O desenvolvedor não está sozinho, sempre conta com a comunidade.

3.2 Uso de Padrões

Para tirar proveito da capacidade e benefícios da informação geográfica e da tecnologia de SIG, os dados espaciais precisam ser compartilhados. Para isso a portabilidade e a interoperabilidade são fatores essenciais.

De acordo com a ISO/IEC 2382-01, *Information Technology Vocabulary, Fundamental Terms* [18] seguem as definições de interoperabilidade e portabilidade.

- Interoperabilidade é a capacidade de comunicar, executar programas ou transferir dados entre várias unidades funcionais de modo que pouco ou nenhum conhecimento das características dessas unidades seja necessário por parte do usuário.
- Portabilidade (de programas ou de dados) é a capacidade do programa ou dado ser interpretado, entendido, ou executado em vários tipos de plataformas

computacionais sem conversão e com pouca ou nenhuma modificação, termo também definido pelo documento citado acima.

A necessidade de fomentar a interoperabilidade e a portabilidade levou as indústrias e os usuários a desenvolverem organizações com esta finalidade. Algumas iniciativas foram criadas para o desenvolvimento de padrões. Para um melhor entendimento, abaixo será abordado cada um desses padrões.

3.2.1 World Wide Web Consortium –W3C

Em 1994, Tim Berners Lee, (o criador da Internet), e outros criam o *World Wide Web Consortium* (W3C) [15], um consórcio de empresas de tecnologia que tem como missão levar a *Web* ao seu potencial máximo, por meio do desenvolvimento de protocolos comuns e fóruns abertos que assegurem o crescimento da web.

A figura 3.1 mostra uma visão da infra-estrutura da *web*, onde os trabalhos do W3C estão focados.

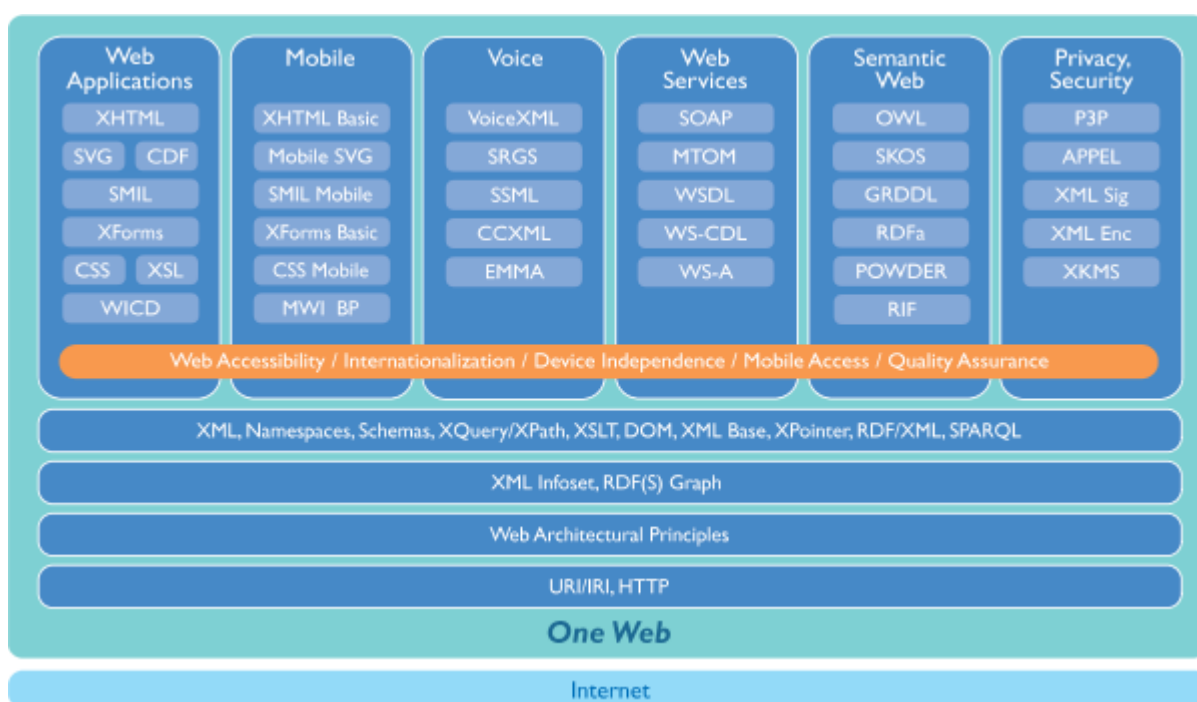


Figura 3.1 Visão da infra-estrutura da *web* [17]

Serão destacados aqui, somente o XML, XML *Namespace*, XML *Schemas* e os *Web Services*.

3.2.1.1 XML

O XML (*eXtensible Markup Language*) é uma linguagem de marcação usada para descrever o conteúdo e a estrutura do dado em um documento. Tal como o HTML, elementos identificáveis dentro de um documento são delimitados por *tags* de início e fim.

```
<lastName>Carnevale</lastName>  
tag de início                      tag de fim
```

Figura 3.2 Exemplo de *tags* em um documento XML

Tanto o HTML quanto o XML são linguagens para troca de dados, porém existe uma diferença entre as duas. A linguagem HTML é focada na apresentação dos dados. A marcação em HTML diz ao *browser* como apresentar o texto. Enquanto a marcação em XML, não foca na apresentação, e sim, no significado e estrutura hierárquica dos dados. Esta funcionalidade a torna um excelente veículo para a troca de dados estruturados entre aplicações [36].

Outra característica da XML é a possibilidade de criação de novas *tags*, o que a torna extensível (X do XML).

Componentes principais:

- Declaração do documento (1)
- Elemento: unidade fundamental, delimitado por *tags* (2)
- Atributo: usado p/ associar valores com elementos (3)
- Conteúdo: elemento contendo dado
- Comentário: informação não processada (4)

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?> (1)  
<Capabilities> (2)  
  <Service>  
    <Name>WMS_IBGE</Name>  
    <Title>Servidor de Mapas do IBGE</Title>  
    <OnlineResource href="http://www.ibge.gov.br"/> (3)  
      <!-- Este eh um comentario --> (4)  
    </OnlineResource >  
  </Service>  
</Capabilities>
```

Figura 3.3 Exemplo de um documento XML

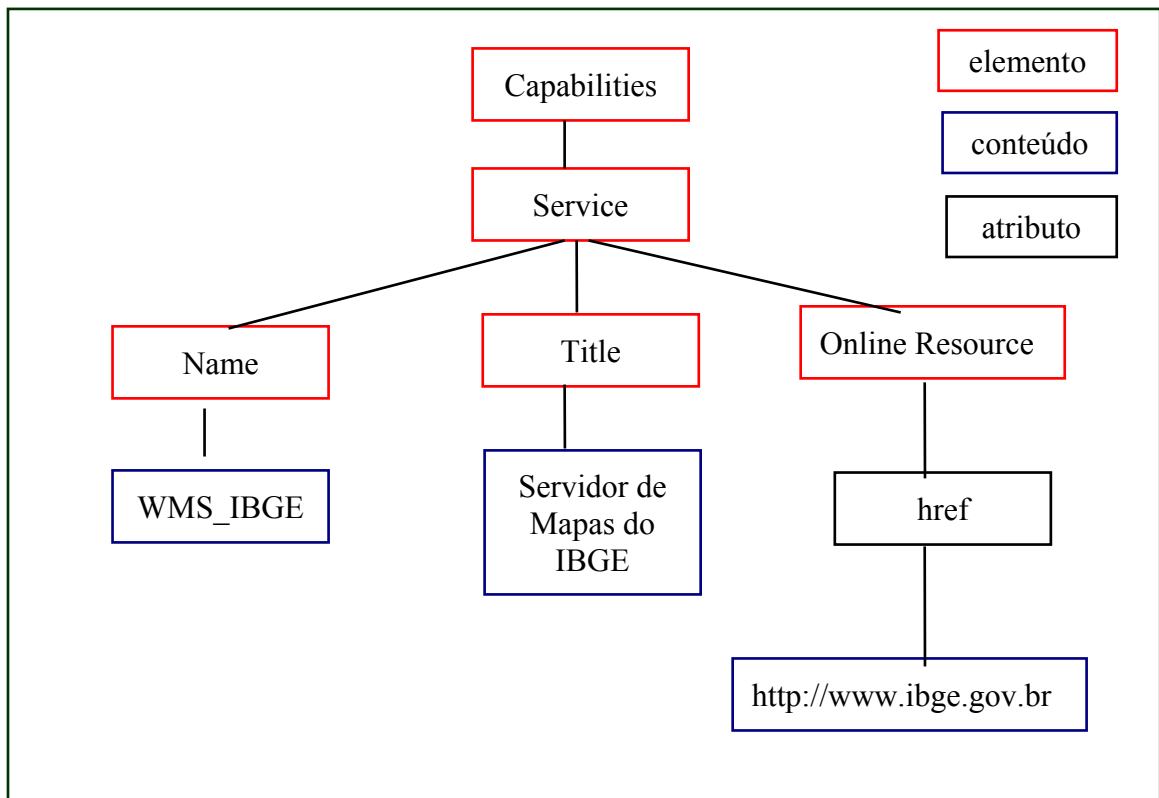


Figura 3.4 Diagrama de um documento XML

Documentos bem-formatados e documentos válidos:

Para definir que um documento XML está correto ou não, existem dois conceitos: o de documento bem formado e o de documento válido.

Um documento bem formado é aquele que segue a sintaxe do XML (*tags* aninhadas, atributos únicos).

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<!DOCTYPE filhos SYSTEM "simples.dtd">
<raiz>
  <filho atributo="1">
    conteudo1
  </filho>
  <filho atributo="2">
    conteudo2
  </filho>
</raiz>

```

Figura 3.5 Exemplo de um documento XML bem formado

Os documentos XML válidos são aqueles que, além de bem formados, também seguem corretamente a estrutura definida em uma gramática, isto é, possui a declaração de uma estrutura que define os tipos de elementos e atributos que estão no documento.

Dois conceitos dominantes existem para especificar a gramática: *Document Type Definition* (DTD) e *XML Schema*.

Document Type Definition (DTD) [53]

DTD é um documento, que pode ser escrito independentemente do documento XML ou junto ao próprio. Ele determina um conjunto de regras para o documento XML ao qual está anexado. Em um DTD são definidos tanto os tipos de elementos permitidos dentro do documento XML, como também as características, atributos, conteúdos de cada elemento, notações que podem ser encontradas em um documento e as entidades que podem ser utilizadas.

A seguir um exemplo de arquivo DTD

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<!DOCTYPE address [
<!ELEMENT address (name+, street, city, postal-code, country)>
<!ELEMENT name (title?, first-name, last-name)>
<!ELEMENT title (#PCDATA)>
<!ELEMENT first-name (#PCDATA)>
<!ELEMENT street (#PCDATA)>
<!ELEMENT city (#PCDATA)>
<!ELEMENT postal-code (#PCDATA)>
<!ELEMENT country (#PCDATA)>
]>
```

Figura 3.6 Exemplo de um documento DTD [36]

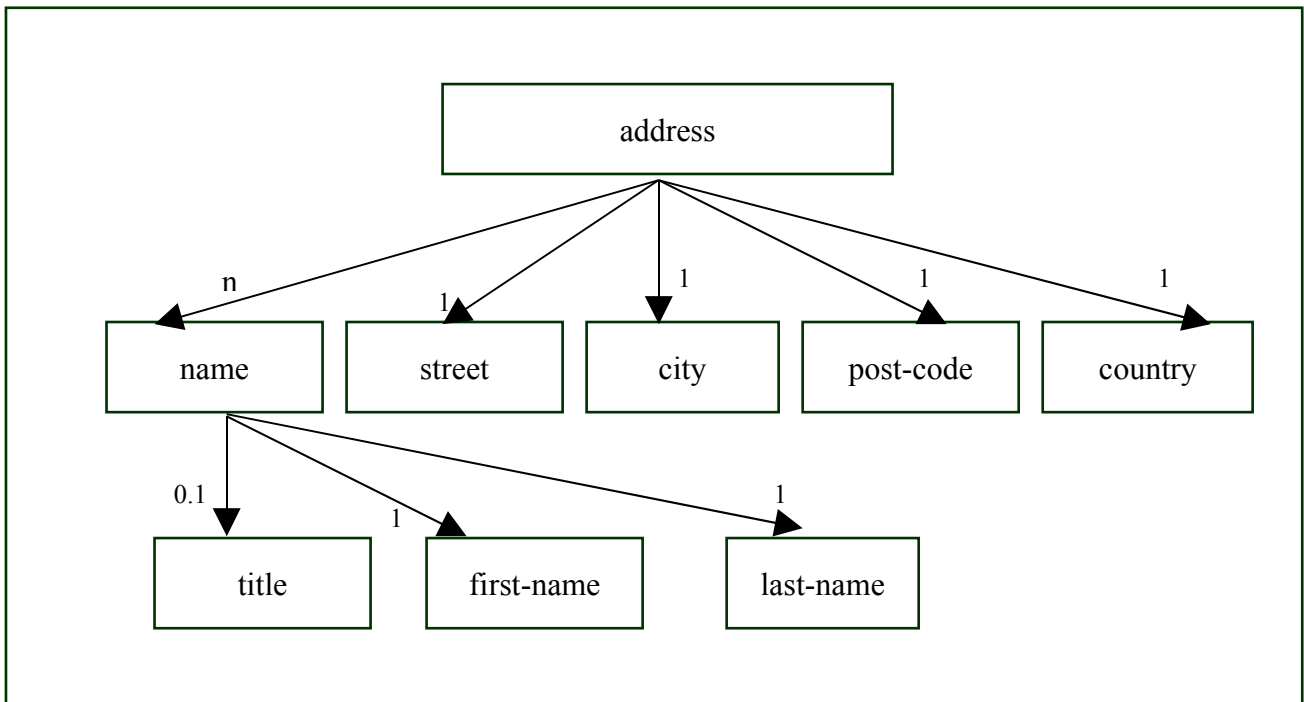


Figura 3.7 Exemplo de uma instância *address* [36]

Devido a algumas deficiências do DTD, como por exemplo, as deficiências na especificação do tipo de dado dos elementos (inteiro, real, alfa-numérico, etc). Foi criado o *XML Schemas*.

XML Schemas

É um documento que consiste em descrever as definições dos tipos e declarações dos elementos. As definições dos tipos são expressas através de um conjunto pré-definido de elementos no *XML Schema*. A linguagem *XML Schema* é chamada de *XML Schema Definition (XSD)*.

***XML Schema* define:**

- elementos que podem aparecer em um documento;
- atributos que podem aparecer em um documento;
- que elementos são elementos filhos;
- a ordem dos elementos filhos;
- o número de elementos filhos;
- se um elemento é vazio ou pode incluir texto;
- tipos de dados para elementos e atributos;
- valores padrão e fixos para elementos e atributos;

Vantagens do XML *Schemas* sobre os DTDs

- XML *Schemas* são extensíveis para futuras adições;
- XML *Schemas* são escritos em XML;
- XML *Schemas* suporta vários tipos de dados, inclusive criando subconjuntos. DTD tem deficiências na especificação do tipo (inteiro, real, alfa-numérico, etc);
- XML *Schemas* suporta *namespaces*, as declarações da DTD são globais, não permitindo declarar elementos de mesmo nome em pontos distintos do documento.

Abaixo segue um trecho de um arquivo XML Schema (context.xsd):

Note que,

- O elemento “General” é do tipo “GeneralType” e ocorre uma vez.
- O tipo “GeneralType” é formado pelo elemento “Window” que é do tipo ”WindowType” e pode ocorrer 0 até uma vez..
- O tipo ”WindowType” tem dois atributos (“width” e "height") do tipo inteiro e de uso obrigatório.

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>

  <xs:schema version="1.0.0"
    xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
    targetNamespace="http://www.opengis.net/context"
    xmlns:context="http://www.opengis.net/context"
    elementFormDefault="qualified">

    <xs:element name="ViewContext" type="context:ViewContextType"/>
    <xs:complexType name="ViewContextType">
      <xs:sequence>
        <xs:element name="General" type="context:GeneralType" minOccurs="1"
          maxOccurs="1"/>
        <xs:element name="LayerList" type="context:LayerListType" minOccurs="1"
          maxOccurs="1"/>
      </xs:sequence>
      <xs:attribute name="version" type="xs:string" use="required" fixed="1.0.0"/>
      <xs:attribute name="id" type="xs:string" use="required"/>
    </xs:complexType>
    <xs:complexType name="GeneralType">
      <xs:sequence>
        <xs:element name="Window" type="context:WindowType" minOccurs="0"
          maxOccurs="1"/>
        <xs:element name="BoundingBox" type="context:BoundingBoxType"
          minOccurs="1" maxOccurs="1"/>
        <xs:element name="Title" type="xs:string" minOccurs="1" maxOccurs="1"/>
        <xs:element name="KeywordList" type="context:KeywordListType"
          minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
      </xs:sequence>
    </xs:complexType>
    <xs:complexType name="WindowType">
      <xs:attribute name="width" type="xs:integer" use="required"/>
      <xs:attribute name="height" type="xs:integer" use="required"/>
    </xs:complexType>
    <xs:complexType name="BoundingBoxType">
      <xs:attribute name="SRS" type="xs:string" use="required"/>
      <xs:attribute name="minx" type="xs:decimal" use="required"/>
      <xs:attribute name="miny" type="xs:decimal" use="required"/>
      <xs:attribute name="maxx" type="xs:decimal" use="required"/>
      <xs:attribute name="maxy" type="xs:decimal" use="required"/>
    </xs:complexType>
  </xs:schema>

```

Figura 3.8 Exemplo de um documento *XMLSchema*

3.2.1.2 XML *Namespace*

Como dito anteriormente XML é extensível. A extensibilidade, no entanto, cria alguns problemas. Como *tags* podem ser criadas à vontade, é bastante provável que alguns nomes de *tags* sejam usadas por diferentes pessoas para diferentes finalidades. Isso normalmente não causa problema, desde que os documentos sejam mantidos separadamente. Porém, quando os documentos são mesclados pode haver colisões de nomes.

O XML *Namespace* provê elementos e atributos únicos num documento XML, eliminando a ambigüidade.

Conceitos:

Nome local: É o nome do elemento ou atributo sem o *namespace*

Nome do *Namespace*: A URI que o identifica

Nome expandido: É composto do nome local mais o nome do *namespace*

Nome qualificado: É um nome sujeito à interpretação do *namespace*

Prefixo: É uma identificação reduzida de um *namespace*

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1" standalone="no"?>
<OWSContext version="0.0.13" id="ows-context-tie"
  xmlns="http://www.opengis.net/context"
  xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  xmlns:sld="http://www.opengis.net/sld"
  xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc"
  xmlns:ows="http://www.opengis.net/ows"
  xmlns:param="http://www.opengis.net/param"
  xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/oc oc_0_0_13.xsd">
  <ows:BoundingBox crs="EPSG:4326">
    <ows:LowerCorner>180.0 -85.0</ows:LowerCorner>
    <ows:UpperCorner>180.0 85.0</ows:UpperCorner>
  </ows:BoundingBox>
```

Figura 3.9 Exemplo de XML *Namespace*

No exemplo:

Local: [LowerCorner](#)

Namespace: <http://www.opengis.net/ows>

Expandido: <http://www.opengis.net/ows>: [LowerCorner](#)

Qualificado: [ows:LowerCorner](#)

Prefixo: ows

Assim, LowerCorner é o definido em <http://www.opengis.net/ows>, evitando assim outra definição dessa *tag*.

3.2.1.3 *Web Service*

A arquitetura orientada a serviço (*Service Oriented Architecture* - SOA) fornece, essencialmente, uma estrutura na qual a lógica do aplicativo pode ser decomposta em partes ou serviços. Os serviços representam processos de negócios do tipo “abrir uma conta” ou “calcular encargos de remessa internacional”. Eles podem ser reutilizados e modificados e aplicados em diferentes áreas dentro e fora da empresa sem ajustar a tecnologia subjacente. O resultado é uma arquitetura de TI flexível que alavanca o compartilhamento e reutilização dos componentes de TI para aprimorar a capacidade de responder às condições mutantes do negócio.

Se a SOA é a arquitetura, os *Web Services* são os blocos de construção.

Pela definição do W3C [20] *Web Service* é um sistema de software projetado para suportar uma interação máquina-máquina interoperável sobre uma rede. Sua interface é descrita por um documento em WSDL (*Web Services Description Language*), processável por máquina. Outros sistemas interagem com um *Web Service* na forma prescrita por sua descrição, usando mensagens SOAP (*Simple Object Access Protocol*) tipicamente transportadas sobre o protocolo HTTP e XML serializados. O protocolo SOAP e a linguagem WSDL serão descritos mais abaixo.

Pela definição da IBM [21] *Web Services* permitem que os aplicativos se comuniquem entre si de modo independente da plataforma e linguagem de programação. Os *Web Services* utilizam XML (linguagem de marcações extensíveis) para descrever as interfaces de aplicativos em uma linguagem chamada WSDL (linguagem de definição de *Web Services*). XML e WSDL são padrões abertos que permitem que os serviços se comuniquem de uma maneira neutra, independentemente da plataforma de hardware, do sistema operacional e da linguagem de programação nos quais o serviço está implementado. Isso permite que os

serviços interajam entre si de modo uniforme e universal, independentemente da implementação de cada um.

Segundo a IBM [21], em decorrência do trabalho com padrões abertos como o XML e o WSDL (e existem vários outros), a empresa do futuro pode construir sistemas de TI flexíveis com serviços livremente acoplados que podem ser compartilhados, modificados e permutados sem enfrentar dificuldades com a customização de tecnologias subjacentes. Essa é uma das chaves críticas da execução de uma SOA (Arquiteturas Orientadas a Serviços) bem-sucedida para suportar um negócio ágil com sistemas de TI flexíveis.

Segundo Davis [9], arquiteturas orientadas para serviços promovem maior interoperabilidade de fato, uma vez que as aplicações-cliente não necessitam conhecer detalhes sobre os sistemas que mantêm os dados de seu interesse, inclusive detalhes sobre formatos de armazenamento, estruturas de dados e métodos de acesso.

Um programa de computador, por exemplo, executando em um servidor na Internet ou no computador do usuário, pode estabelecer o acesso aos vários serviços de fornecimento de dados (*Web Services*), integrando em um mesmo mapa digital temas armazenados de forma descentralizada. A grande vantagem dessa tecnologia é a possibilidade de acesso aos dados diretamente do responsável por sua manutenção. Dessa forma, têm-se dados com a melhor atualização possível. Como o acesso é descentralizado, não é necessário armazenar em um único servidor de arquivos um grande volume de dados, os dados podem ser distribuídos por várias máquinas, dentro da própria organização ou em organizações diferentes.

SOAP (Simple Object Access Protocol)

É um protocolo para troca de informações estruturadas em uma plataforma descentralizada e distribuída, utilizando tecnologias baseadas em XML. Sua especificação define um framework que provê maneiras para se construir mensagens que podem trafegar através de diversos protocolos e que foi especificado de forma a ser independente de qualquer modelo de programação ou outra implementação específica [22].

WSDL (Web Services Description Language)

É uma linguagem baseada em *XML*, com a finalidade de documentar as mensagens que o *web service* aceita e gera. Esse mecanismo padrão facilita a interpretação dos contratos pelos desenvolvedores e ferramentas de desenvolvimento. [35]

Define-se, resumidamente, um *Web service* como um serviço de *software* publicado na *Web* através do *SOAP*, descrito em um arquivo *WSDL*.

Em resumo, *Web Service* é uma solução utilizada na integração de sistemas e na comunicação entre aplicações diferentes. Com esta tecnologia é possível que novas aplicações possam interagir com aquelas que já existem e que sistemas desenvolvidos em plataformas diferentes sejam compatíveis. Os *Web Services* são componentes que permitem às aplicações enviar e receber dados em formato XML. Como componentes, esses serviços possuem funcionalidades que podem ser exploradas sem a preocupação de como as mesmas foram implementadas.

3.2.2 *Open Geospatial Consortium* – OGC

Em 1994, criou-se o consórcio internacional *Open Geospatial Consortium (OGC)*, constituído por 341 membros e congregando empresas, órgãos governamentais e universidades de diversos países, todos trabalhando juntos com o objetivo de definir padrões abertos na área de geotecnologias.

O OGC possui a missão de promover o desenvolvimento de padrões que facilitem a interoperabilidade entre sistemas que envolvam informações geo-espaciais. Possui dois programas, a saber, *OGC Specification Program* e *OGC Interoperability Program*, através destes programas, o OGC desenvolve e promove padrões abertos para processamento espacial.

Atualmente, profissionais e instituições da área de Geoprocessamento formam o *Open Geospatial Consortium (OGC)* [14], tendo como objetivo definir um conjunto de especificações padrão para interoperabilidade para SIGs.

O desenvolvimento das normalizações, preconizadas pelo OGC, produziram um conjunto de especificações que facilitam a integração dinâmica de dados espaciais distribuídos. Essas especificações para interfaces geo-espaciais são disponibilizadas livremente para uso geral.

As especificações de implementação de padrões do OGC são um conjunto de interfaces que especificam um protocolo de pedido (*request*) e de resposta (*response*) para interação entre servidores e clientes baseados em *web*. Uma dessas especificações é o *Web Map Service (OGC WMS)* que será detalhado mais adiante.

Uma das ações do OGC é a definição de "*Web Services*" voltados para a informação cartográfica. Com o estabelecimento desses padrões é possível a criação de programas que realizem a integração de dados. Com essa tecnologia é possível o acesso a bancos de dados

que estejam em qualquer servidor de dados da Internet sem a necessidade de *download* de arquivos.

Os produtos do trabalho do OGC são apresentados sob a forma de especificações de interfaces e padrões de intercâmbio.

A seguir, para um melhor entendimento, serão definidas *features* (feição) e *coverage*. Esses termos serão utilizados nas especificações dos serviços OGC:

- *Feição (Feature)*: É uma abstração de um fenômeno do mundo real. Um objeto, para ser considerado uma feição geográfica, deve estar associado a uma posição relativa sobre a superfície da Terra. Uma feição pode ser representada por um elemento gráfico como ponto, linha e polígono. [55]
- *Coverage*: esta é uma grande categoria de dados espaciais/geográficos que define um conjunto de localidades geográficas (denominadas de “domínio”) associadas a uma ou mais características (uma “faixa de valores” ou “atributos”). Exemplos mais comuns desta categoria são as imagens de satélite, fotografias aéreas, e os modelos digitais de elevação . [56]

O *Open Geospatial Consortium* desenvolveu diversas especificações das quais serão destacadas algumas:

WMS - Web Map Service:[23]

Define quais as funcionalidades para disponibilizar mapas digitais através de um servidor de mapas, e qual a interface para permitir acesso aos seus serviços.

No momento encontra-se na versão 1.3.0.

A especificação WMS disponibiliza três protocolos:

GetCapabilities:

Retorna um documento XML, descrevendo quais as interfaces suportadas pelo serviço WMS, quais as camadas de informação que podem ser servidas, e, em quais formatos de imagem ele pode servir as camadas.

Ex.: <http://localhost:8080/geoserver/wms?request=getCapabilities>.

Retorna um arquivo XML

GetMap:

Permite que os clientes solicitem “figuras” correspondentes aos mapas que podem ser servidos.

Ex.:<http://localhost:8080/geoserver/wms?bbox=-130,24,-66,50&styles=population&Format=image/png&request=GetMap&layers=topp:states&width=550&height=250&srs=EPSG:4326>

Retorna uma imagem do mapa `topp:states` localizada no servidor `http://localhost:8080/geoserver`, com a extensão na janela (`xmin,ymin,xmax,ymax`), utilizando o arquivo de estilos `population`, formato `png`, com tamanho `550` por `250 pixel` e projeção `EPSG:4326`.

GetFeatureInfo:

Fornecer maiores informações aos clientes a respeito de pontos específicos na imagem retornada pelo servidor.

Ex.:http://localhost:8080/geoserver/wms?bbox=-130,24,-66,50&styles=population&format=jpeg&info_format=text/plain&request=GetFeatureInfo&layers=topp:states&query_layers=topp:states&width=550&height=250&x=170&y=160

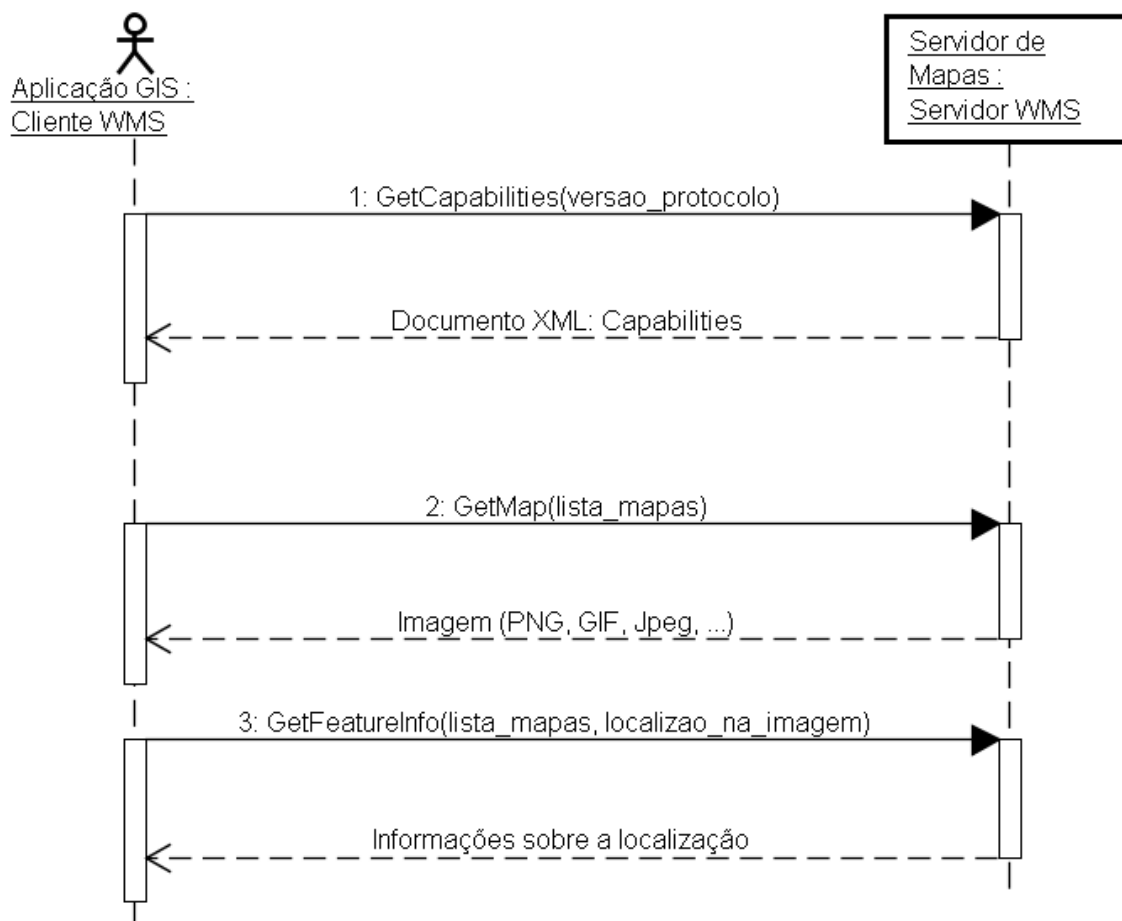


Figura 3.10 Protocolos do serviço WMS [25]

WFS - Web Feature Service: [24]

Define um serviço para fornecer objetos espaciais no formato *GML (Geography Markup Language)*. Pode ser implementado pelo servidor em duas versões: básica, onde apenas operações de consulta ficam disponíveis ou Transacional que implementa operações de inserção, exclusão, atualização, consulta de objetos geográficos. Atualmente está na versão 1.1.0

A especificação WFS disponibiliza os protocolos abaixo:

GetCapabilities:

Retorna um documento XML, descrevendo quais as características do serviço WFS.

Deve indicar quais tipos de feições e quais as operações suportadas para cada tipo de feição.

Ex.: <http://localhost:8080/geoserver/wfs?>

VERSION=1.0.0&

SERVICE=WFS&

REQUEST=GetCapabilities

DescribeFeatureType:

Deve ser capaz de descrever a estrutura de qualquer tipo de feição. Retorna um XML Schema

Ex.:<http://localhost:8080/geoserver/wfs?>

```
SERVICE=WFS&
VERSION=1.0.0&
REQUEST=DescribeFeatureType&
typeName=municipios:municipios_2000
```

GetFeature:

Deve ser capaz de retornar um XML com feições segundo um filtro definido pelo usuário. O cliente deve ser capaz de especificar quais as propriedades para a busca e de limitar a pesquisa espacial e não-espacial.

Ex.:<http://localhost:8080/geoserver/wfs?>

```
request=GetFeature&version=1.1.0&typeName=topp:states&
propertyName=STATE_NAME,LAND_KM,the_geom&
outputFormat=GML2&
FILTER=<Filter>
  <PropertyIsBetween>
    <PropertyName>topp:LAND_KM</PropertyName>
    <LowerBoundary>
      <Literal>100000</Literal>
    </LowerBoundary>
    <UpperBoundary>
      <Literal>150000</Literal>
    </UpperBoundary>
  </PropertyIsBetween>
</Filter>
```

LockFeature:

Deve ser capaz de processar um pedido de bloqueio em uma ou mais feições para um recurso durante a transação. No exemplo, o pedido irá bloquear o município 123 para alteração.

Ex.:<http://localhost:8080/geoserver/wfs?>

```
SERVICE=WFS&VERSION=1.0.0&
REQUEST=LockFeature&typeName=municipios:municipios_2000&
FEATUREID=municipios_2000.123
```

Transaction:

Deve ser capaz processar um pedido de modificação de feições: criar, atualizar e excluir.

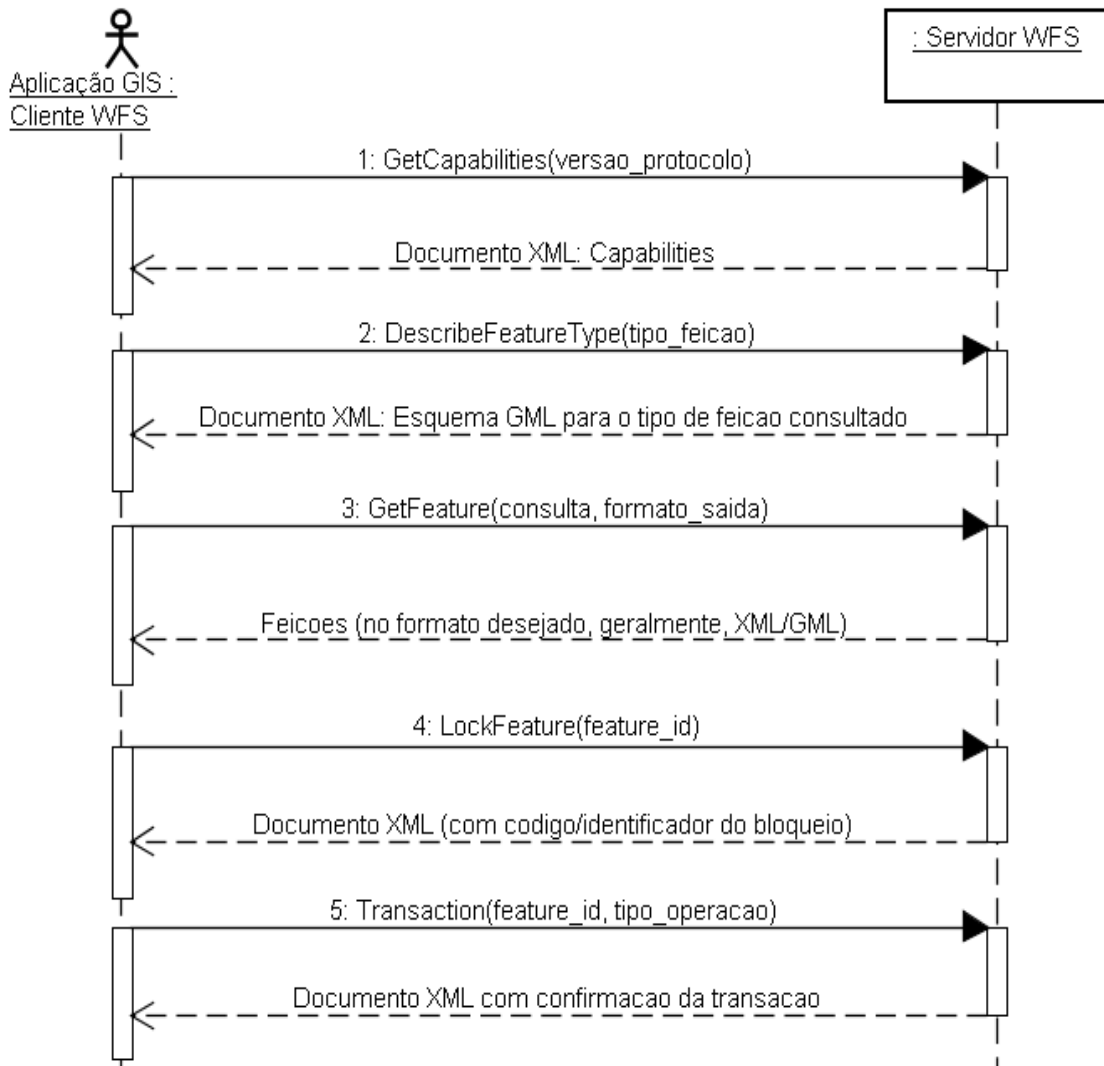


Figura 3.11 Protocolos do serviço WFS [25]

WMC –Web Map Context [46]

Web MapContext é um documento estruturado usando a linguagem XML.

O potencial uso desse documento é criar uma vista padrão inicial para visualização de mapas na *web*. Pode ser usado também para salvar o estado do trabalho do usuário preservando as informações das camadas e guardando o estado da sessão do cliente para compartilhar com outros usuários. Esse documento pode ser catalogado para reutilização.

WCS - Web Coverage Service [47]

Define especificação para obtenção e troca de informações espaciais sob a forma de *coverages*, que permite publicar imagens de satélites, *ortofotos*, fotografias aéreas. Atualmente está na versão 1.1.0. A especificação disponibiliza três protocolos:

GetCapabilities

Retorna um documento XML, descrevendo os metadados do serviço e das *coverages* oferecidas.

DescribeCoverage

Retorna documento XML que descreve plenamente as *coverages*.

GetCoverage

Retorna o dado em formato especificado pelo cliente.

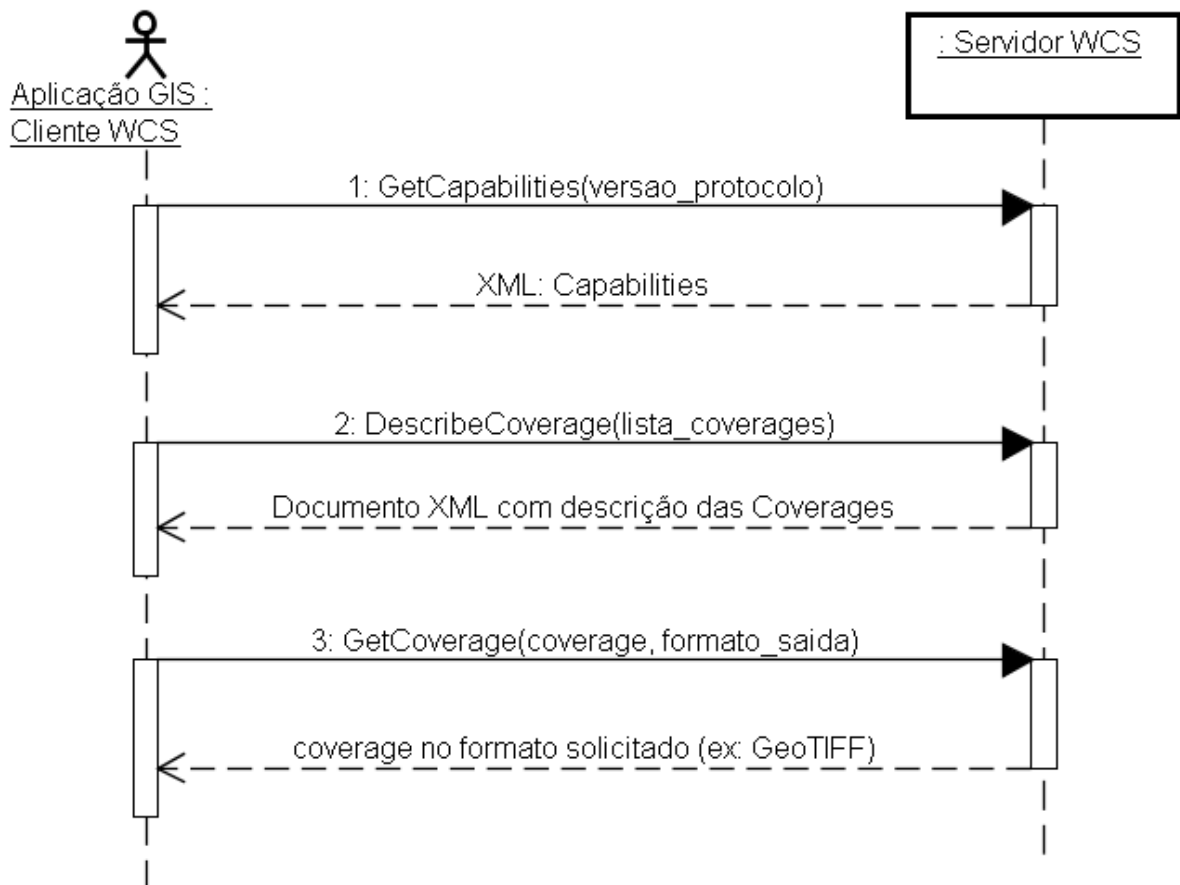


Figura 3.12 Protocolos do serviço WCS [25]

CSW - *Web Catalogue Service* [48]

Define as especificações de serviço de Catálogos que suporta a habilidade para publicar e procurar coleções de informações descritivas (metadados) de dados espaciais e objetos relacionados. Os metadados de um catálogo representam as características dos recursos que podem ser pesquisados e apresentados para avaliação tanto por seres humanos quanto por algum *software*.

Styled Layer Description (SLD) [49]

Styled Layer Description é um documento estruturado usando a linguagem XML.

Define como o dado será visualizado para o cliente como resposta a um *WMS-GetMap*. Permite definir cor, transparência, estilo de linha, colocar cor por tipo de classificação dos dados, define a visibilidade do dado conforme a escala, etc.

Este documento está detalhado no APÊNDICE A.

SFS-SQL (Simple Feature Specification For SQL) [50]

Esta especificação define um formato, de acordo com o SQL padrão, para armazenamento, leitura, análise e atualização de “feições simples” (dados geográficos) através de uma API (ODBC®). Estas feições são baseadas em geometrias 2D com interpolação linear entre os vértices. O documento 99-049 do OGC define os detalhes dessa interface que deve conter, entre outras coisas, análises espaciais/geográficas e topológicas. Este padrão já está sendo substituído pelo SFA (*Simple Feature Access*), que entre outras melhorias, prevê o tratamento de geometrias 3D.

GML - Geography Markup Language [30]

Geography Markup Language é uma especificação do OGC para codificar a informação geográfica em um arquivo XML. Segue a gramática definida no *XMLSchema*. Atualmente encontra-se na versão 3.1.1.

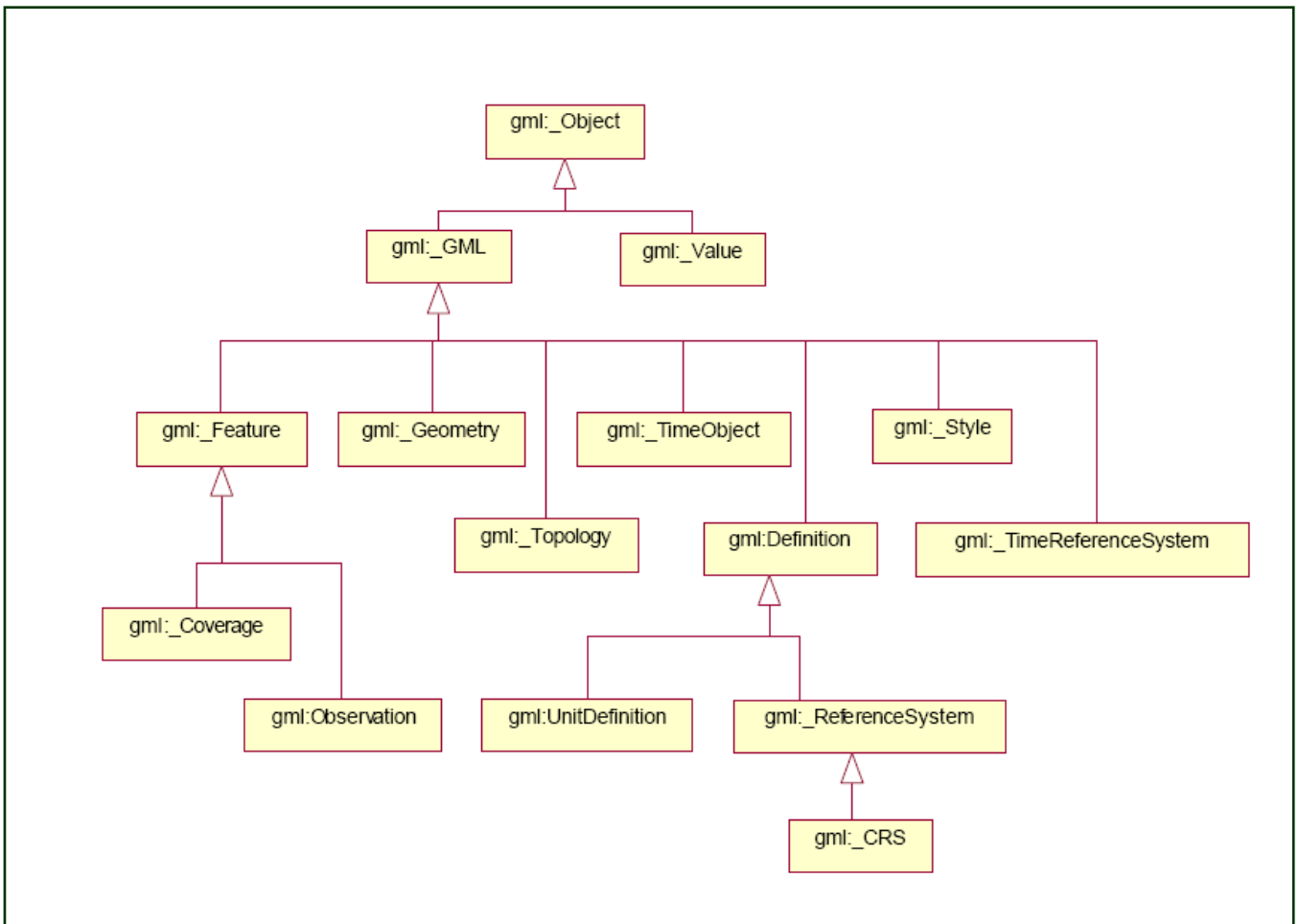


Figura 3.13 GML Hierarquia de classes [30]

A utilização de tecnologias baseadas em *Web Services* conjunta com a utilização de protocolos normalizados baseados em XML proporciona a capacidade de intercâmbio dessa informação em ambientes eminentemente heterogêneos.

Quando se usa a *web* sem utilizar a tecnologia baseada em *Web Services*, todos os dados são guardados, distribuídos e adquiridos como um documento discreto. Uma vez que o usuário final adquire esse dado por *download* para uso posterior, qualquer tipo de alteração no dado original (precisão, formato estrutura) ocasionará que o usuário terá o dado desatualizado até o seu próximo *download*.

Em uma situação em que existissem muitos servidores com implementação *OGC WMS*, a aplicação cliente teria a possibilidade de ter acesso aos dados dos mapas de cada servidor, e fazer justaposição de imagens. Por exemplo, um servidor poderia ser perguntado pela camada de rios em uma determinada área do mundo, outro servidor poderia ser perguntado pela camada de rodovias nessa mesma área geográfica e outro servidor pelas grandes cidades nesta área (assumindo que os três servidores estão munidos dessas informações: rios, rodovias e cidades, respectivamente). Estas camadas do mapa podem ser requisitadas pela aplicação cliente e mostradas no cliente como uma figura, com as três camadas justapostas. Todos os três servidores são perguntados (*request*) da mesma maneira.

O OGC possui um programa de conformidade através do qual, produtores de *software* podem testar seus produtos. O programa se baseia num processo mais formal para testar a conformidade dos produtos em relação às especificações de implementação do OGC. O teste de conformidade determina que a implementação de um produto preencha todos os elementos obrigatórios. Depois de completar todos os testes do programa com sucesso, pode-se solicitar o selo de conformidade na especificação testada.

Na página do OGC estão listados os produtos que já obtiveram, ou estão em fase de obter o selo de conformidade. A utilização de *softwares* que implementam a Especificação OGC oferece aos usuários certo grau de confiança de que o produto irá interoperar com outras aplicações.



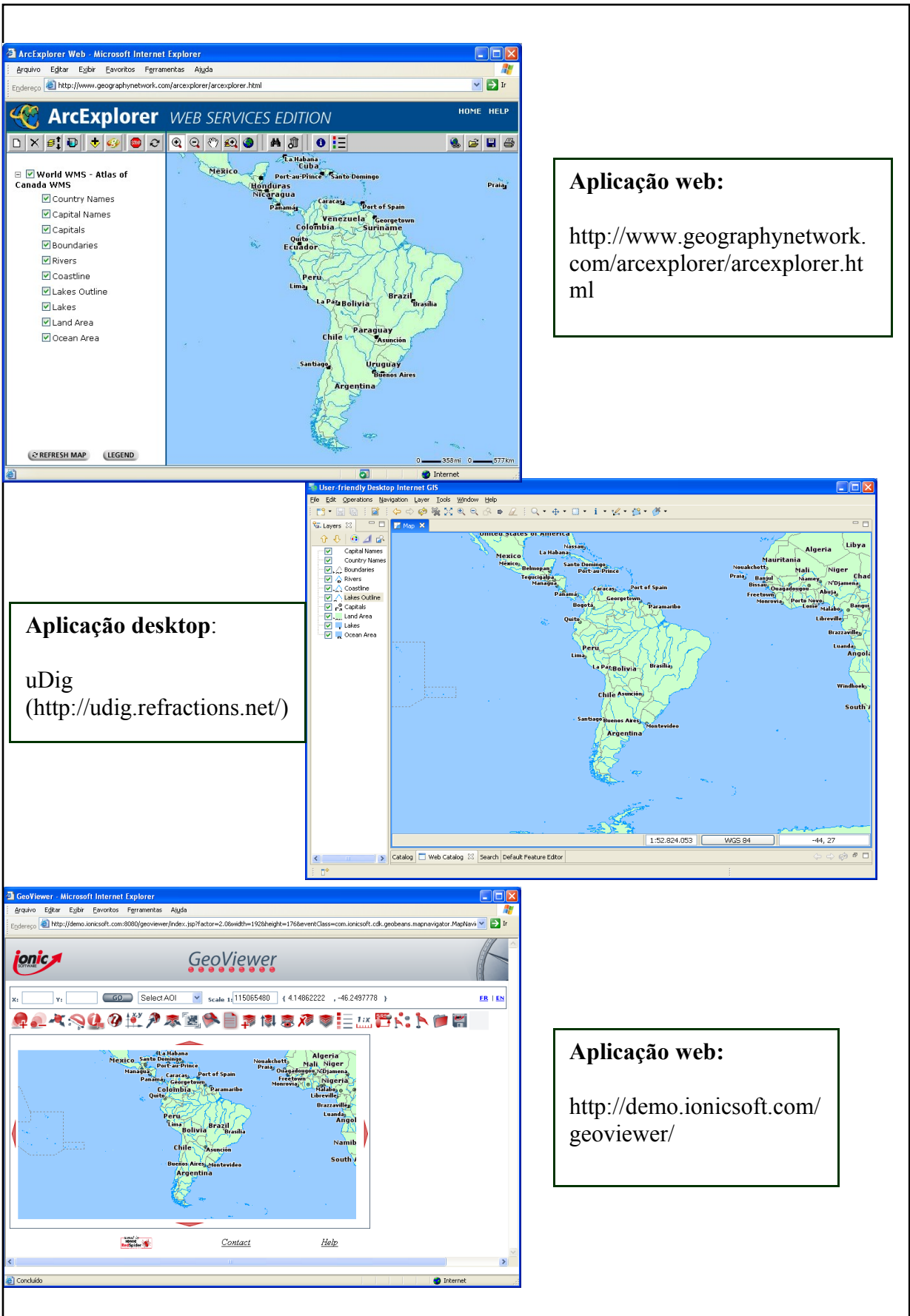
Figura 3.14 Selo de Conformidade CITE – OGC

A opção por utilizar a arquitetura *web* e a escolha por padrões do OGC, os *Web Services*, justifica-se pelo fato de que essa tecnologia permite a interoperabilidade dos dados.

Com o uso dos *Web Services* tem-se o mesmo dado em diversas aplicações e a mesma aplicação usando dados de diversas fontes.

A seguir serão mostrados dois exemplos:

1. Utilizando como fonte de dados o Atlas do Canadá (http://atlas.gc.ca/cgi-bin/mapserv?map=/home/atlas/mapdata/english/pb_world.map) e como aplicações o *ArcExplorer*, *uDig* e *Geoviewer*. Neste exemplo, dados disponíveis no Atlas do Canadá serão visualizados em três aplicações distintas utilizando-se para isto os *Web Services*.
2. Utilizando uma única aplicação e fonte de dados provenientes do MMA, ANEEL, IBGE e Demis.



Aplicação web:
<http://www.geographynetwork.com/arcexplorer/arcexplorer.html>

Aplicação desktop:
 uDig
 (<http://udig.refractor.net/>)

Aplicação web:
<http://demo.ionicsoft.com/geoviewer/>

Figura 3.15 Várias aplicações com a mesma fonte de dados

Com o uso dos *Web Services* é possível agregar dados de várias fontes em uma aplicação:



Figura 3.16 Várias fontes de dados na mesma aplicação

Na figura acima, tem-se uma aplicação usando o *software Mapbuilder* e dados provenientes de várias fontes, a saber:

- Mapa de fundo: Demis - <http://www.demis.nl/home/pages/home.htm>
- Usinas termelétricas – Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)
- Unidades de conservação estaduais e federais – Ministério do Meio Ambiente (MMA)
- Malha municipal - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)

CAPÍTULO 4 – INFRA-ESTRUTURA DE DADOS ESPACIAIS

Dos anos 70 até os anos 90 os SIG's eram utilizados em ambientes de governo, defesa, etc. Seus usuários eram especializados e utilizavam software em ambiente de escritório. Os formatos de arquivos eram proprietários e fechados, com isso, a impossibilidade de compartilhar os dados. Existiam múltiplas versões, não compatíveis, da mesma informação dentro de uma mesma organização. Cada usuário trabalhava em sua própria máquina, com seus arquivos nela armazenados.

Dos anos 90 até 2000 surgiram os GIS corporativos. Passou-se a ter a centralização da informação dentro de uma mesma organização. Os dados passaram a ser armazenados em Base de Dados Espaciais (*ArcSDE, Oracle Spatial, DB2, etc*). As organizações elegeram uma tecnologia proprietária comum. O modelo passou a ser de cliente-servidor possibilitando compartilhar dados em uma mesma organização.

Nos anos 2000 em diante, surgem as iniciativas de criação de infra-estruturas de dados espaciais (IDE) ou em inglês *Spatial Data Infrastructure* (SDI). Sente-se a necessidade de compartilhamento de informações entre organizações, otimização de recursos, redução de custos na produção e manutenção das informações e aplicações.[26]

Segundo a *Global Spatial Data Infrastructure Association* (GSDI), em sua publicação *Spatial Data Infrastructure Cookbook v2.0* [32] “Uma IDE deve ser mais do que um conjunto de dados ou base de dados; uma IDE deve garantir suficiente documentação (metadados), um meio de descobrir, visualizar e avaliar os dados (catálogos e mapas), e alguns métodos para fornecer acesso aos dados geográficos. Além disso, fornecer serviços adicionais ou software para suportar aplicações de dados.”

A idéia principal das IDEs é oferecer serviços de acesso à informação geográfica com base em grandes catálogos de informações. Essa estrutura torna indiferente ao usuário da IDE, o local aonde se encontra a informação, seu meio de armazenamento e o tipo de acesso que são totalmente transparentes durante o seu uso.

A possibilidade do uso de serviços, que favorecem a interoperabilidade, levou Bernard e Craglia [29] a proporem uma nova tradução para a sigla SDI: *Service-Driven Infrastructures* ou infra-estruturas orientadas a serviços.

4.1 Aspectos relacionados à Infra-estrutura de dados espaciais

Baseado na publicação elaborada pela GSDI, *Spatial Data Infrastructure Cookbook v2.0* [32], serão analisados alguns aspectos importantes na criação de uma infra-estrutura de dados espaciais.

Dados espaciais

Dados espaciais são dispendiosos, e frequentemente cada organização tem um orçamento menor do que a quantidade e qualidade de dados que precisaria dispor.

Portanto, é importante que os dados sejam compartilhados pelo maior número possível de usuários de maneira que não fiquem restritos a um determinado software específico, o que diminui a sua aplicabilidade.

O dado deve ser disponibilizado, porém permanecer em sua fonte geradora. Com isso, além da duplicidade dos dados ser evitada, tem-se a garantia de estar usando a última versão que o produtor da informação disponibilizou.

Metadados

Metadados são informações que auxiliam o entendimento do dado, sem elas o dado propriamente dito fica incompleto. Exemplos de metadados em um acervo espacial são: projeção, escala, data de atualização, fonte, resolução, forma de obtenção, entre outros. A organização das informações deste acervo é uma tarefa trabalhosa que exige um esforço muito grande, porém é de extrema utilidade.

Organizar as informações sobre o acervo espacial, não melhora só a troca de dados entre instituições, mas a organização dos dados, a eficiência no mapeamento e a continuidade de projetos dentro de cada organização. Muitas vezes, dados que são perdidos ou esquecidos, inclusive em momentos de trocas de equipe.

Já existem instituições para estabelecer padrões internacionais para metadados, tais como: *Federal Geographic Data Committee (FGDC)* e *Geographic information/Geomatics - ISO/TC 211* [54], bem como ferramentas para catalogá-los.

Os metadados devem oferecer uma base de descritores capaz de documentar qualquer dado espacial de modo a permitir seu reconhecimento, sua caracterização e sua eventual recuperação, através de respostas diretas às seguintes questões:

- O que - Título e descrição do conjunto de dados.
- Por que - Resumo detalhando as razões para a aquisição dos dados e seu uso.
- Quem – Quem produz, documenta e distribui este dado.
- Quando - Quando o conjunto de dados foi coletado e qual a frequência de atualização.
- Onde – Área de abrangência geográfica do dado baseada em latitude e longitude.
- Como - Como o dado foi construído e como acessá-lo.

Catálogos

Não é suficiente disponibilizar os dados e seus respectivos metadados. Tem que existir a divulgação do que está sendo disponibilizado para o público em geral. Como fazer para que os usuários saibam o que está sendo disponibilizado e quem está disponibilizando?

Um catálogo pode permitir que através da busca nos metadados de várias instituições, o usuário possa descobrir o que está disponível, em que qualidade, escala e data de atualização, e a forma de obtenção.

A especificação do OGC oferece o *Web Catalogue Service (CSW)* que define as especificações de serviço de Catálogos para publicar e procurar coleções de informações descritivas (metadados) de dados espaciais e objetos relacionados. Os metadados de um catálogo representam as características dos recursos que podem ser pesquisados e apresentados para avaliação tanto por seres humanos quanto por algum *software*.

É necessário que o catálogo consultado tenha catalogados os catálogos de todas as instituições, assim desencadeando uma busca em cascata, como mostra a figura 4.1.

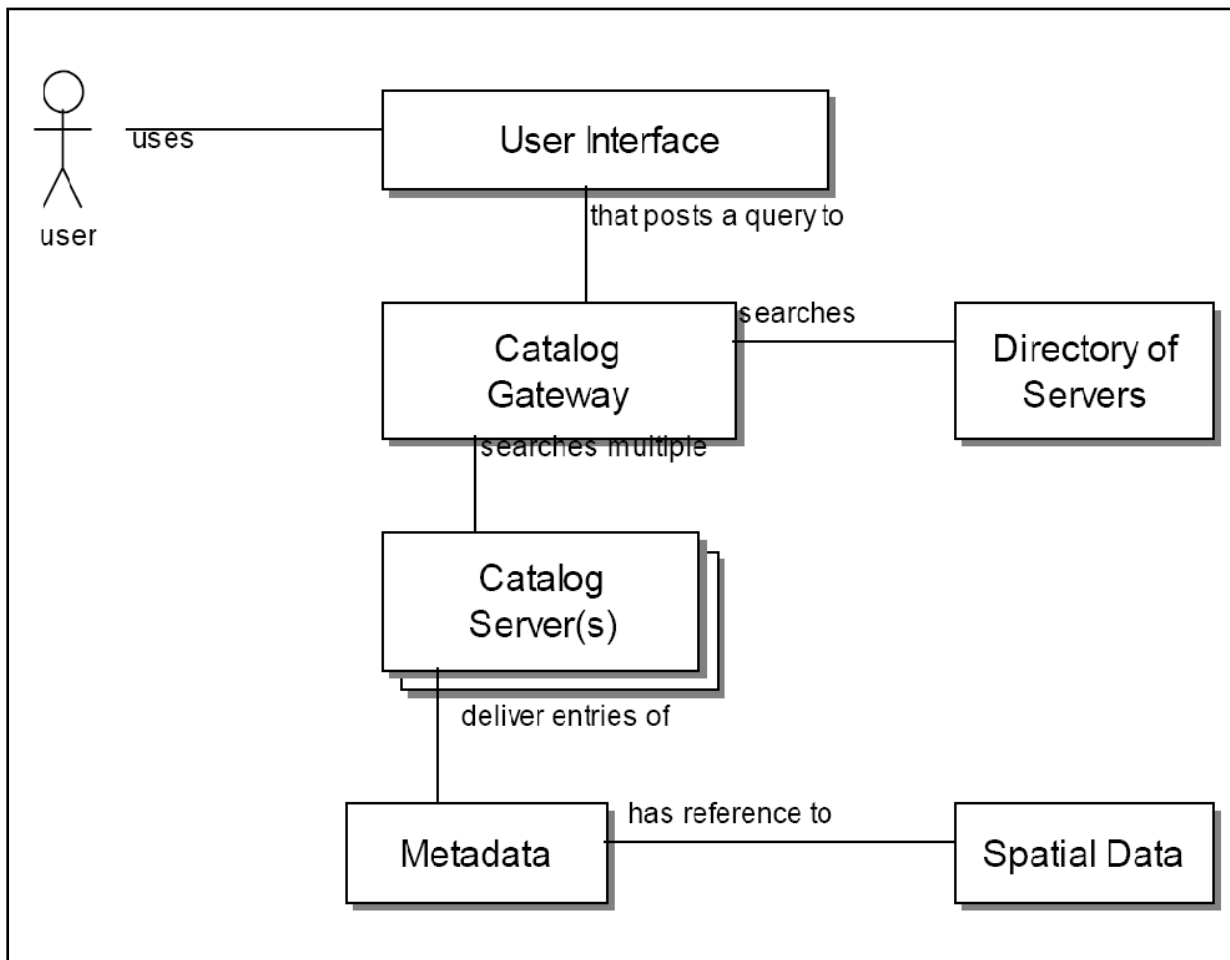


Figura 4.1 Diagrama de interação mostrando o uso de catálogos distribuídos [32]

Visualização de dados online

A especificação do padrão OGC, *Web Map Service* (WMS), oferece uma implementação que permite visualizar simultaneamente camadas de informações geográficas distribuídas, através da Internet.

Conceitos semânticos

É fundamental que se compreendam os conceitos que o produtor dos dados utilizou em sua definição. Por exemplo, “rio” e “curso de água” podem significar a mesma coisa, porém cada comunidade utiliza um termo diferente para fazer referência a mesma realidade geográfica. Da mesma forma que “rio” pode ser usado em diferentes níveis de detalhes (“rios perenes”, “rios temporários”, “riachos”). Como a organização dos dados envolve pessoas com diferentes culturas, pois a própria natureza é complexa e conduz a percepções diferentes, é comum que esse problema ocorra. Nesse sentido são propostos trabalhos relacionados a ontologias. Ontologia é uma disciplina filosófica que vem desde o estudo feito por Aristóteles sobre as categorias e a metafísica, e pode ser definido como o estudo do Ser e de suas propriedades. Para a comunidade de inteligência artificial, ontologias são teorias que especificam um vocabulário relativo a um determinado domínio [12] e descrevem uma realidade usando o conjunto de premissas de acordo com o sentido intencional das palavras deste vocabulário. Com isto, diferentes interpretações podem ser dadas ao mesmo conteúdo.

Capacitação

Em todas as esferas de uma IDE, usuários, produtores de informação, e diversos outros atores têm que ser treinados para as mudanças tecnológicas e comportamentais necessárias para o compartilhamento de dados e aplicação de padrões.

E mais do que isso, os envolvidos em diversos níveis, inclusive na formulação de políticas públicas, precisam ser continuamente conscientizados da importância da IDE para todos.

Políticas públicas

A coordenação interinstitucional envolvida num processo de construção de uma IDE é muito complexa.

É um trabalho longo, que o Brasil apenas está começando. Algumas iniciativas de compartilhamento de dados vêm surgindo através do Ministério do Meio Ambiente e da Embrapa. Porém, como vimos acima, vários aspectos envolvem uma Infra-estrutura de dados espaciais. Os conceitos semânticos e a administração dos catálogos ultrapassam o âmbito institucional. Os envolvidos na formulação de políticas públicas precisam ser continuamente conscientizados da importância da IDE para Brasil.

Algumas iniciativas surgem com o desenvolvimento de acordos e políticas para homogeneizar a informação geográfica. No Brasil, a Coordenação Nacional de Cartografia (CONCAR) está à frente na iniciativa de criar a Infra-estrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE).

Abaixo alguns exemplos de Infra-estrutura de dados espaciais:

Nível Global:

Global Spatial Data Infrastructure

Nível Regional:

Permanent Committee on GIS Infrastructure for Asia and the Pacific (PCGIAP)

National Spatial Information Framework (NSIF - Africa)

European Umbrella Organisation for Geographic Information (EUROGI)

Nível Nacional:

National Spatial Data Infrastructure (NSDI - United States)

Canadian Geospatial Data Infrastructure (CGDI)

Infra-estrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE)

4.2. *Infrastructure for Spatial Information in Europe (INSPIRE)*

Em 2001, foi criado na Europa o *Infrastructure for Spatial Information in Europe* (INSPIRE). Um dos motivos para a elaboração da INSPIRE foi a situação geral da informação espacial nos países europeus. Os dados ainda se encontram fragmentados em diversas origens, faltando harmonia entre as muitas bases de dados georreferenciadas, havendo redundância da informação. Esses problemas trazem dificuldades para identificar, acessar e usar o dado geográfico disponível [27].

Na realidade, a Comunidade Européia se conscientizou de que é necessário ter qualidade da informação geográfica para suportar o entendimento e a complexidade das necessidades da sociedade e dos governos. A manipulação dos Sistemas de Informação Geográfica (GIS's) facilita o planejamento urbano, a gestão do meio-ambiente e a disponibilização de serviços aos cidadãos.

A proposta INSPIRE é ambiciosa. A iniciativa pretende promover a criação de uma infra-estrutura de informação espacial européia que fornece aos usuários serviços integrados de informação espacial. Estes serviços devem permitir aos utilizadores identificar e acessar informações espaciais ou geográficas de um vasto leque de fontes, a partir do nível local ao nível mundial, de uma maneira interoperável e para uma variedade de usos. Os possíveis serviços são: visualização de informações em camadas, superposição de informações de diferentes fontes, análise espacial e temporal, etc.

4.3. *Global Spatial Data Infrastructure Association (GSDI)*

A GSDI, é uma organização internacional, cuja primeira reunião foi em 1996, em Bonn, na Alemanha. Em 2008, a décima reunião, será em *St. Augustine, Trinidad*, e terá como tema "*Small Island Perspectives on Global Challenges: The Role of Spatial Data in Supporting a Sustainable Future*". O Brasil é representado na GSDI pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). [33]

A GSDI é uma organização que pretende promover o desenvolvimento de uma IDE em escala planetária. Essa iniciativa tem a proposta de suportar as ações de desenvolvimento sustentável e impacto social, econômico e ambiental.

Apóia o acesso global e público à informação geográfica. Isto é alcançado através de ações coordenadas entre países e organizações que promovem a sensibilização e a implementação de políticas afins, a padronização e os mecanismos efetivos para o desenvolvimento, acessibilidade e interoperabilidade de dados geográficos digitais e de tecnologias. [34]

4.4 *National Spatial Data Information (NSDI)*

Entre as iniciativas internacionais de compartilhamento de dados espaciais a que se tornou referência foi a experiência dos EUA. Conhecida como NSDI (*National Spatial Data Information*), foi criada por meio de ordem executiva governamental em 1994 e é constituída

por um modelo de relacionamento entre produtores e usuários de dados espaciais de concepção bastante simples. Produtores e consumidores de dados espaciais se encontram através da *clearinghouse* do FGDC (*Federal Geographic Data Committee*) que hoje é um modelo mundial para o compartilhamento democrático de dados. [57]

4.5 Infra-estrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE)

A Coordenação Nacional de Cartografia (CONCAR) [28] é um órgão colegiado do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Tem a missão de coordenar e orientar a elaboração e a implementação da Política Cartográfica Nacional e a manutenção do Sistema Cartográfico Nacional, com vistas à ordenação da aquisição, produção e disseminação de informações espaciais para a sociedade brasileira. Além disso, tem como visão do futuro ser uma entidade reconhecida pela sociedade e capaz de assegurar um Sistema Cartográfico Nacional de excelência que garanta a atualidade e integridade da Infra-Estrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE).

Em 2005, foi elaborado o Planejamento Estratégico. Um dos objetivos propostos foi a constituição de um Programa de Compartilhamento de Dados Espaciais – necessário para que se consolidem as bases geoespaciais existentes, notadamente em ambiente digital.

Em 2007, foi elaborada a proposta de Decreto para instituição da INDE.

Normalmente a motivação e conscientização para programas desse tipo advêm de processos de recuperação de desastres naturais (furacão Mith, na América Central, projeto PROCIG, terremoto de Kobe, no Japão, etc.). Apesar de não ser uma região propensa a desastres naturais, o Brasil, com suas dimensões continentais, não pode desperdiçar os poucos recursos públicos na duplicação de esforços de produção de bases geoespaciais, que muitas vezes não se integram (devido, por exemplo, ao uso de diferentes referenciais e métodos de conversão).

Na estrutura organizacional da CONCAR foi criada a Subcomissão de Dados Espaciais. Essa subcomissão tem como objetivo contribuir com o desenvolvimento de ações que facilitem a construção da Infra-estrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE), mediante proposições e sugestões de mecanismos de padronização de processos de produção, de difusão e de acesso aos dados fundamentais dessa infra-estrutura por parte de produtores e usuários de informações geoespaciais. Dentro dessa subcomissão foram criados alguns comitês especializados, tais como:

- Comitê de Classificação de Produtos (C CP)
Propor um catálogo dos produtos do mapeamento de referência, definindo a tipologia dos produtos e fornecendo informações para subsidiar o seu emprego.
- Comitê de Disseminação de Produtos e Serviços (C DP)
Propor políticas de disseminação de produtos e serviços cartográficos, geodésicos e de imageamento com vistas a facilitar o acesso ao mapeamento de referência.
- Comitê de Estruturação da Mapoteca Nacional Digital (C MD)
Propor a estruturação de uma Mapoteca Nacional Digital (MND), de uso compartilhado, na qual estariam disponibilizados os produtos do mapeamento de referência realizado pelos diversos órgãos componentes do Sistema Cartográfico Nacional (SCN).
- Comitê de Estruturação de Metadados (C EM)
Propor a composição do banco de metadados, relativo aos dados armazenados na Mapoteca Nacional Digital, visando sua disponibilização em âmbito nacional e internacional.
- Comitê de Avaliação e Integração de Tecnologias e Metodologias (C TM)
Propor alternativas para a integração de tecnologias e de metodologias, visando suas aplicações nos processos de produção do mapeamento de referência.

Desta forma, a CONCAR é identificada atualmente como o fórum das discussões e orientações para a constituição da Infra-estrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE).

Através de iniciativas, como a da CONCAR, talvez o objetivo de controlar e disseminar a informação espacial, tendo idéia do uso do território brasileiro seja alcançado.

CAPÍTULO 5 - AVALIAÇÃO DE ARQUITETURAS EXISTENTES

Neste capítulo serão avaliadas algumas arquiteturas existentes para criação de infraestrutura de dados espaciais. Como vimos anteriormente, a opção por utilizar padrões, tanto os do OGC como os padrões definidos pelo W3C, são fundamentais para mantermos a interoperabilidade e a portabilidade dos dados e das aplicações.

A opção por software livre, também foi discutida em capítulos anteriores.

O uso da *web* e dos *web services* também foram debatidos. Baseado na argumentação deste trabalho, foram analisados alguns softwares que ofereciam essas características.

Para estabelecer um critério criou-se uma lista para balizar a escolha. A solução escolhida deve atender a todos esses critérios.

1. Possuir licença compatível com as 4 (quatro) liberdades do software livre;
2. Estar em conformidade com as especificações do OGC;
3. Sua arquitetura ser voltada para desenvolvimento em *web*;
4. Construído para ser utilizado em qualquer plataforma (Unix, Windows,..);
5. Verificar quais SGBD's podem ser utilizados para armazenar os dados;
6. Quais formatos de dados são aceitos;
7. Possuir uma documentação capaz de solucionar problemas de instalação, configuração e customização;
8. Estar em constante desenvolvimento de novas funcionalidades e manutenção das já existentes;
9. Ser um software mantido por colaboradores com o intuito de manter a continuidade de sua existência.
10. Possuir interface gráfica para inclusão dos dados.

Os softwares foram divididos em três grupos: Banco de Dados Espaciais, Software com arquitetura para aplicação-servidora e software com arquitetura para aplicação-cliente.

A figura abaixo mostra uma arquitetura de software para Infra-estrutura de dados espaciais, a relação entre cada um e a relação entre seus respectivos protocolos e interfaces.

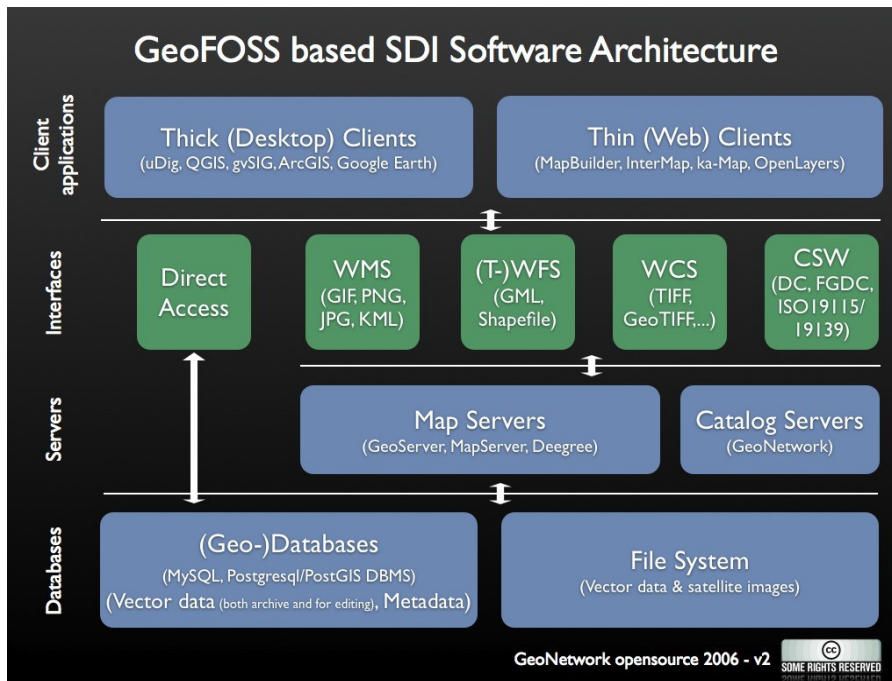


Figura 5.1 Arquitetura de Software para Infra-estrutura de dados espaciais [58]

5.1 Banco de Dados Espaciais

Antes do aparecimento dos bancos de dados com extensão espacial, os dados espaciais eram armazenados em uma estrutura dual: a parte alfanumérica era guardada em um banco de dados e a geometria era guardada em arquivos. Exemplos disso são os arquivos no formato *shapefile* da *ESRI* [3], onde a parte alfanumérica é guardada em arquivos DBF e a geometria em outro arquivo com extensão *shp*.

Alguns bancos de dados atualmente possuem a extensão espacial. Isso permite que os dados espaciais (linha, ponto, polígono) possam ser armazenados e manipulados como qualquer outro tipo de dado do SGDB. Além desta característica, há a extensão da linguagem SQL oferecendo operações e funções para consultar relações espaciais.

Entre as extensões mais utilizadas, foram pesquisadas três extensões comerciais disponíveis no mercado para tratar de dados geográficos no formato vetorial: *Oracle Spatial* [4], *IBM DB2 Spatial Extender* [5] e *Informix* [6]. No universo do software de código fonte aberto e gratuito existe a extensão geográfica baseada no *PostgreSQL* [7], chamada de *PostGIS* [8] e extensão espacial do SGBD *MySQL* [37].

Para efeito deste trabalho, as extensões comerciais não foram analisadas devido à condição (1).

5.1.1 *MySQL* [37]

O *MySQL* é um SGDB SQL *Open Source*. Atualmente encontra-se na versão 6.0. A extensão espacial somente foi disponibilizada a partir da versão 4.1.

MySQL implementa a extensão espacial segundo as especificações do *Open Geospatial Consortium* (OGC).

Ainda não estão implementadas as seguintes especificações do OGC:

- *Views* de Metadados Adicionais

Especificações OpenGIS propõe várias vistas adicionais de metadados. Por exemplo, um sistema de vista denominado GEOMETRY_COLUMNS contendo a descrição da coluna de geometria

A função *OpenGIS Length()* em *LineString* e *MultiLineString*

Atualmente devem ser chamadas como *GLength()* no *MySQL*. O problema é que ela conflita com a função SQL existente *Length()* que calcula o tamanho de um valor string e algumas vezes não é possível distinguir se a função foi chamada no contexto textual ou espacial.

5.1.2 PostgreSQL com extensão POSTGIS [7][8]

PostgreSQL é um sistema gerenciador de banco de dados objeto relacional (SGBDOR), desenvolvido como projeto de *software* livre. Atualmente encontra-se na versão 8.2.

O *PostGIS* adiciona suporte a objetos geográficos ao *PostgreSQL*. O *PostGIS* encontra-se na versão 1.3.

PostGIS segue os padrões *Simple Features Specification* para SQL e tem certificação do OGC *certified as compliant* (CITE).

É mantido pela *Refractions Research* com *software* livre e de código aberto.

Está muito bem documentado, possuindo manual em português.

Conclusão:

Como vimos acima, *MySQL* ainda não está totalmente nos padrões do OGC.

O *Postgis* já tem certificação do padrão OGC.

Sem dúvida nenhuma o *PostgreSQL* com extensão *PostGIS* é o mais indicado.

5.2. *Software* com arquitetura para aplicação-servidora

Foram analisados quatro *frameworks*: *Deegree*, *Geoserver*, *MapServer* e *Geonetwork*.

5.2.1. *Deegree* [38]

O desenvolvimento do *Deegree* começou como uma iniciativa de pesquisa no Departamento de Geografia, na Universidade de *Bonn*.

A estruturação do *Deegree* foi concebida como um *framework* de desenvolvimento JAVA, integrado modularmente para a implementação de infra-estruturas de dados espaciais corporativas distribuídas. Por ser uma aplicação Java, o *Deegree* é independente de plataforma e pode ser usado em redes heterogêneas.

Sua arquitetura adere totalmente aos padrões do *Open Geospatial Consortium* (OGC) e ISO *Technical Committee 211 – Geographic information / Geoinformatics* (ISO/TC 211).

Inteiramente compatível com as especificações WMS 1.1.1, WMS 1.1.3 e WCS 1.0.0 testado pelo teste de conformidade CITE da OGC. O *Deegree* é a implementação de referência dos serviços de WMS 1.1.1 do OGC.

As interfaces para a leitura e escrita de dados permitem a utilização de *Oracle Spatial*, *PostGIS*, *MySQL Spatial Extension*, *Shapefile* da ESRI, assim como bases de dados via JDBC, incluindo o acesso a *ortofotos* e dados *raster* nos mais diversos formatos.

O *Deegree* inclui implementação das seguintes especificações do OGC:

- *Web Feature Service*
- *Web Map Service*
- *Web Coverage Service*
- *Web Terrain Server*

- *OGC Web Services Stateless Catalog Profile*
- *Filterencoding*
- *Styled Layer Descriptor*
- *GML*
- *Grid Coverage*
- *Coordinate System Transformation*

5.2.2. *GeoServer* [39]

O *GeoServer* é um *software* livre, mantido pelo *Open Planning Project* (mantenedor principal), que permite o desenvolvimento de soluções de *Webmapping*, integrando diversos repositórios de dados geográficos com simplicidade e alta performance. O *GeoServer* é um servidor de *Web Map Service* (WMS) e de *Web Feature Service-Transaction* (WFS-T) completamente funcional que segue as especificações da *Open Geospatial Consortium* (OGC).

O foco do *GeoServer* é facilitar o uso e suporte para os padrões abertos, a fim de permitir qualquer um de compartilhar rapidamente informações geoespaciais de uma maneira interoperável.

Dentre as principais características do *Geoserver* foram destacadas algumas:

- Inteiramente compatível com as especificações WMS e WFS, testados pelo teste de conformidade CITE da OGC para WFS-T;
- Fácil instalação e, devido a sua interface gráfica para administração via web, a configuração também não apresenta grandes problemas;
- Suporte a Bases de Dados com extensões espaciais (*PostGIS*, *MySQL* e *Oracle*), *Shapefiles* ou *ArcSDE* ;
- Saída do *Web Map Service* como JPEG, GIF, PNG, SVG e GML;
- Imagens com *anti-aliasing*;
- Suporte completo a *Styled Layer Description* (SLD), tanto como definições do usuário (*POST* e *GET*), quanto como usado na configuração de estilos;
- Suporte completo a filtros em todos os formatos de dados no WFS;
- Suporte para transações de banco de dados através do protocolo padrão WFS-T, disponível para todos os formatos de dados;
- Baseado em *servlets Java* (JEE), pode rodar em qualquer *servlet container*.

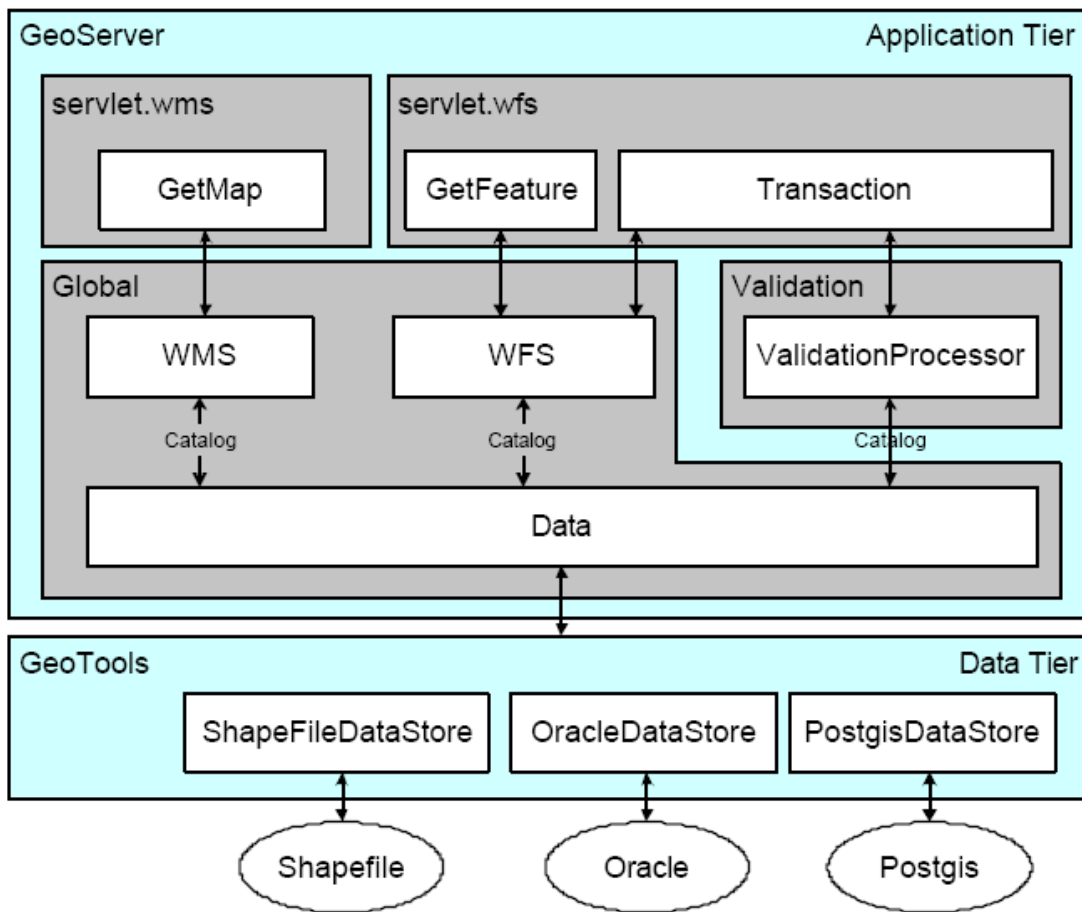


Figura 5.2 Arquitetura do *Geoserver*

Núcleo de Colaboradores

As organizações listadas abaixo são reconhecidas como sendo as mais próximas ao núcleo de desenvolvimento *GeoServer*. Elas estão próximas o suficiente do código base para saber o que é possível, e para garantir que qualquer melhoria a ser feita para *GeoServer* se faz no caminho certo. Isso pode minimizar o seu risco.

Open Project Planning (TOPP) (E.U.A.), [<http://topp.openplans.org/project-home>], uma organização sem fins lucrativos com sede em Nova York, lidera os trabalhos do *GeoServer*, e, atualmente, pode fazer melhorias ao código que alinham com a sua missão. TOPP iniciou o desenvolvimento do *GeoServer* em 2001, e continua a conduzir o dia a dia das alterações/evoluções para o funcionamento da comunidade.

Refractions (Canadá), [<http://refractions.net/>], tem realizado muitas melhorias no núcleo do *GeoServer*, e está equipada para fornecer consultoria e apoio. Trabalha também no desenvolvimento do *uDig* (*User-friendly Desktop Internet GIS*), e a equipe compartilha os códigos de programação entre os dois projetos.

Axios (Espanha), [<http://axios.es/>], é um dos maiores colaboradores do *GeoServer*, e é o principal fornecedor *GeoServer* para a Europa.

GeoSolutions (Itália), [<http://www.geo-solutions.it/>], é uma empresa jovem, demonstrando forte empenho em proporcionar inovações geoespaciais, eficazes em termos de custos e soluções empregando tecnologias de vanguarda. Colabora no desenvolvimento de *GeoServer-raster* (ambos WMS e WCS), bem como nos *plugins raster* para *GeoTools*.

5.2.3 **GeoNetwork** [40]

Geonetwork é um *software* livre mantido por FAO-UN (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*), WFP-UN (*World Food Programme*) e UNEP (*United Nations Environment Programme*).

Geonetwork é escrito em Java, isso garante que seja independente de plataforma.

Inteiramente compatível com as especificações *Web Catalogue Service*, testado pelo teste de conformidade CITE da OGC *Web Catalogue Service*

O sistema permite que as organizações publiquem e compartilhem dados espaciais e produtos relacionados. Os padrões internacionais FGDC e ISO são usados para garantir o máximo de interoperabilidade entre as diferentes aplicações.

Geonetwork provê ferramentas de manipulação e publicação de metadados sobre dados espaciais. Permite a procura distribuída provendo o acesso a um grande volume de metadados provenientes de diferentes comunidades.

O usuário pode criar perfis para o preenchimento dos metadados.

Possui editor de metadados para preenchimento.

Permite criar grupos e usuários e dar permissões de acesso à edição dos metadados, mantendo assim vários níveis de segurança.

5.2.4 **MapServer** [41]

MapServer é um *software* livre. Foi originalmente desenvolvido pelo projeto *ForNet* da Universidade de *Minnesota* (UMN) em cooperação com a NASA e o Departamento de Recursos Naturais de *Minnesota* (MNDNR). Atualmente o projeto *MapServer* é abrigado pelo projeto *TerraSIP*, um projeto patrocinado conjuntamente pela NASA, UMN e um consórcio de interesses de gerenciamento da terra.

Inicialmente foi desenvolvido sem utilizar os padrões OGC. Cada vez mais está buscando a padronização com o OGC. Ainda não possui certificado CITE em nenhuma especificação.

É mantido por um número crescente de desenvolvedores (cerca de 20) de vários lugares do mundo, e é patrocinado por um grupo de organizações que custeia melhorias e a manutenção.

Dentre as principais características do *Mapserver* algumas forma destacadas:

- Uso de ambientes de desenvolvimento e linguagens de script populares :PHP, Python, Perl, Ruby, Java, e C# ;
- Pode ser usado em diversas plataformas: Linux, Windows, Mac OS X, Solaris, e outras;
- Múltiplos formatos matriciais e vetoriais:
 - TIFF/GeoTIFF e vários outros através do GDAL;
 - *Shapefiles ESRI, PostGIS, ESRI ArcSDE, Oracle Spatial, MySQL* e muitos outros via OGR;
 - Especificações *web* do Open GIS Consortium (OGC);
 - WMS (cliente/servidor), WFS não transacional (cliente/servidor), WMC, e WCS;
- Projeção cartográfica em tempo real para mais de 1000 projeções através da biblioteca Proj.4.

Conclusão:

O *Geonetwork*, apesar de ser voltado para Metadados, foi analisado por ser de interesse para futuras implementações. Nos testes se comportou estável e de fácil customização. As ferramentas de manipulação dos metadados permitem restrições de acesso. Pode-se criar grupos de usuários e dar permissões de acesso à edição dos metadados, conseguindo-se, assim, que os metadados sejam mantidos por seus responsáveis.

Apesar de o *Deegree* disponibilizar mais serviços em conformidade com o OGC, ele apresentou problemas com o uso da biblioteca *Proj4*. *Proj4* é uma biblioteca que relaciona todas as projeções cartográficas e possui ferramentas para a troca dessas projeções. Consultei a lista de usuários e verifiquei que era um problema já conhecido na comunidade. Outras pessoas já haviam tido este problema. Quando visualizava um mapa utilizando o *Deegree – iGeoPortal*, as latitudes e longitudes não retornavam valores corretos. O módulo *iGeoPortal* oferece visualização de dados espaciais através *web*. Já está na página do *Deegree* que a nova

versão vem sem essa biblioteca. Será substituída por aplicação desenvolvida pela equipe do *Deegree*.

O *Mapserver* é muito utilizado, porém ainda não possui certificação CITE da OGC em seus serviços.

O *Geoserver* é o único que implementa o serviço WFS-T, o que pode ser útil quando se deseja fazer alguma marcação em alguma região de estudo no mapa .

O que se busca é um *framework* que atenda aos itens listados no início do Capítulo e também, que seja de fácil uso, isto é, mostre facilidade para a inclusão de dados em seu ambiente.

É importante que o produtor da informação disponibilize seus dados em ambientes que permitam a interoperabilidade. Esse processo de disponibilização deve ser o mais amigável possível, para que o próprio produtor faça a inclusão de seus mapas nesse ambiente. Quanto mais simplificado for o processo, mais rápido o objetivo será atingido.

O *Geoserver* possui uma interface gráfica para inserção de dados.

Outro ponto importante na escolha foi a busca por uma solução em que o servidor de mapas ficasse independente da camada de visualização. Isso facilita uma possível troca de tecnologia. A customização da camada cliente fica independente da camada servidora.

Para o que se busca o *Geoserver* atende melhor, pois tem uma interface amigável para inclusão de mapas. Uma vez que a inclusão é feita, o mapa fica disponível para a camada cliente acessá-lo. Permite que, com pouco conhecimento se armazene os dados no servidor, além de possuir o serviço WFS-T e possuir certificado CITE..

Abaixo segue um quadro comparativo

Deegree	Geosever	Mapserver	Critérios
☑	☑	☑	Possuir licença compatível com as 4 (quatro) liberdades do software livre;
☑	☑	✘	Estar em conformidade com as especificações do OGC (CITE);
☑	☑	☑	Sua arquitetura ser voltada para desenvolvimento em <i>web</i> ;
☑	☑	☑	Construído para ser utilizado em qualquer plataforma (Unix, Windows,..);
☑	☑	☑	Verificar quais SGBD's podem ser utilizados para armazenar os dados;
☑	☑	☑	Quais formatos de dados são aceitos
☑	☑	☑	Possuir uma documentação capaz de solucionar problemas de instalação, configuração e customização;
☑	☑	☑	Estar em constante desenvolvimento de novas funcionalidades e manutenção das já existentes;
☑	☑	☑	Ser um software mantido por colaboradores com o intuito de manter a continuidade de sua existência;
✘	☑	✘	Possuir interface gráfica para inclusão dos dados.

5.3. Software com arquitetura para aplicação-cliente

5.3.1 OpenLayers

O OpenLayers é uma biblioteca escrita em *JavaScript* para exibir mapas na *web*, independente do servidor. A interface pode ser incluída em qualquer *website* de forma rápida e simples, através de uma pequena modificação do código HTML da página. Implementa algumas das especificações do *Open Geospatial Consortium* nomeadamente a especificação *Web Map Service* e *Web Feature Service*. Foi incluído nas versões mais recentes do GeoServer, provendo o recurso de visualização de dados geográficos

Inicialmente desenvolvido pela empresa *Metacarta*, que tem o foco em soluções geo-espaciais, atualmente é mantido pela comunidade de software livre.

Por enquanto, oferece poucas ferramentas prontas. Sua barra de ferramentas vem somente com o *zoom* e o *pan* (arrastar).

5.3.2 *MapBuilder*

MapBuilder é um projeto *software* livre utilizado para criar aplicações com mapas interativos na *Web* que consiste em uma biblioteca *JavaScript* e documentos XML. Segue as especificações do OGC.

Algumas características:

- Em conformidade com os padrões OGC;
- Apresenta mapas provenientes de *Web Map Services* (WMS), *Web Feature Services* (WFS), *Google Maps*;
- Suporta *Transactional Web Feature Services* (WFS-T);
- Permite ao usuário construir, guardar e depois compartilhar seus próprios mapas utilizando o *Web Map Context* (WMC);
- Fácil de usar;
- Código aberto.

Há um esforço por parte dos desenvolvedores do *Mapbuilder* para integrar a biblioteca do *OpenLayers* no *Mapbuilder*. Esta integração acabará por levar o *OpenLayers* a ser o motor de renderização por trás de aplicações usando o *Mapbuilder*.

Conclusão:

Cabe ressaltar que, existe também o I3Geo, um software livre desenvolvido pelo Ministério do Meio Ambiente e lançado em setembro de 2007. Esse produto é baseado no *Mapserver*. Como a escolha do servidor de mapas foi pelo uso do *Geoserver*, então essa escolha foi descartada.

Apesar de o *Openlayers* ser um software de fácil aprendizado por parte do desenvolvedor, ele ainda tem poucas ferramentas prontas.

O *MapBuilder* tem boa documentação e está caminhando para a integração com o *Openlayers*. A opção foi pelo *MapBuilder*.

CAPÍTULO 6 – METODOLOGIA E IMPLEMENTAÇÃO

A *Web* tornou-se um veículo altamente eficiente para a procura de informações.

Este trabalho tem por objetivo mostrar os benefícios da disponibilização de dados na *web* seguindo padrões de interoperabilidade, visando contribuir para a estruturação de um sistema de planejamento e gerenciamento estratégico do território brasileiro. Pretende-se, assim, estabelecer as bases para o desenvolvimento gradual e harmonizado de uma infraestrutura para informações espaciais, cujas informações poderão ser compartilhadas entre múltiplas fontes geradoras de dados.

Para alcançar o objetivo deste trabalho, está sendo proposto a criação de dois ambientes distintos que se relacionarão pela troca de informações através de requisições e repostas a *web services*.

Um ambiente, que será chamado de Camada Servidora e outro ambiente que será denominado Camada Cliente.

6.1 Metodologia

Camada Servidora

A Camada Servidora tem como funcionalidade facilitar o armazenamento dos dados geo-espaciais. Esse ambiente está preparado para guardar todas as informações de dados geo-espaciais: a geometria, os dados alfanuméricos, legenda, regras de renderização, projeção, escala, entre outros.

Os objetivos desta Camada Servidora são:

- Armazenar os mapas existentes de forma organizada:
Cada mapa será armazenado em banco de dados espaciais e terá o seu metadado que deverá identificá-lo.
- Manter a versão atual do mapa:
Qualquer alteração no mapa, o responsável pelo dado irá atualizá-lo no servidor.
Garante que a versão oficial do mapa é a disponível no servidor.
- Oferecer mecanismo para disponibilizar os mapas na *web*:
Os mapas ficam disponibilizados para uso no momento em que são incluídos na Camada Servidora.
- Criar serviços para troca de requisições com a Camada Cliente:
Garante que o cliente faça as requisições aos dados armazenados na Camada Servidora sem conhecer sua implementação.

A metodologia é apresentada utilizando as especificações de serviços sugeridas pelo consórcio OGC para inserir camadas na Camada Servidora. Desta forma, a metodologia é apresentada em um conjunto de cinco etapas para que o objetivo final seja alcançado. São eles:

1. Inserção das camadas dos mapas em um banco de dados espacial.
2. Configuração do servidor *Web Feature Service (WFS)* e *Web Map Service (WMS)* para prover os mapas;
3. Configuração dos serviços WFS e WMS no servidor;
4. Inserção das camadas dos mapas em um ambiente em formato de serviços WFS e WMS.
5. Inserção dos dados adicionais das camadas. Como exemplo, pode-se citar imagens, textos, vídeos, notas técnicas referentes a cada camada.

1ª. ETAPA

Inserção das camadas dos mapas em um banco de dados espacial

O banco de dados espacial pode estar em um único servidor de dados ou estar distribuído fisicamente na instituição. Como exemplo, pode-se ter o banco de dados espacial na Coordenação de Geografia com os dados referentes a essa coordenação e outro banco de dados espacial na Coordenação de Recursos Naturais com dados desta coordenação, a Camada Servidora quando receber uma requisição saberá onde buscar o dado. Esses dados podem ser usados simultaneamente de maneira transparente para o usuário.

2ª. ETAPA

Configuração do servidor WFS/WMS para prover os mapas

É nesta etapa que definimos as configuração do servidor e as informações para contato. Visa colocar dados referentes à pessoa responsável pelo servidor. Como os dados que serão inseridos nesse servidor terão uma visibilidade na *web*, é importante que essas informações sejam totalmente preenchidas para que possa haver um meio de contato, caso seja necessário.

Esses dados são retornados com uma requisição de *getCapabilities* do serviço de WMS. Esse serviço retorna algumas informações e dentre elas as informações inseridas nesta configuração.

3ª. ETAPA

Configuração dos serviços WMS e WFS

Aqui é definido o comportamento e os metadados dos serviços WMS e WFS. A configuração de cada serviço difere um pouco. Para o WFS definimos se o serviço será básico ou transacional. O serviço quando ativado como básico não permite que haja operações de inserção, modificação ou remoção em alguma feição. Estas operações somente são permitidas para o modo transacional.

Quando o servidor oferece o serviço transacional diz-se que implementa WFS-T. Nem todos os servidores de WFS oferecem essa implementação. O mais comum é oferecer a implementação básica.

Mapas são compostos por uma ou mais camadas. É na configuração do serviço WMS que as camadas referentes a cada mapa são apresentadas. Cada camada se comporta como uma folha de papel, uma em cima da outra, então, é importante a ordem ao inseri-la neste serviço. As primeiras a serem colocadas serão as últimas a serem visualizadas, isto é ficarão por baixo das demais.

4ª. ETAPA

Inserção das camadas dos mapas em um ambiente em formato de serviços WFS e WMS

Nesta etapa serão criados os serviços WMS e WFS.

O serviço de inclusão de camadas está disponível somente para os responsáveis por introduzir os dados que estão prontos para serem disponibilizados na *web*. Nesse sentido, o mapa disponibilizado para o público é de inteira responsabilidade do produtor da informação.

É importante frisar que esse profissional não precisa ser um especialista em informática para colocar os dados nesse serviço. Essa tarefa é feita em um ambiente amigável, com interfaces de janelas. Será detalhado mais adiante o passo a passo da carga de uma camada nesse ambiente.

Quanto mais fácil a inclusão dos dados nessa Camada Servidora, mais fácil o objetivo de disponibilizar os mapas utilizando os padrões OGC será alcançado.

Os dados estão armazenados de maneira que possam ser compartilhados entre as coordenações de uma mesma instituição ou com outras instituições, visando a interoperabilidade dos dados.

Para que os dados espaciais estejam disponíveis de maneira transparente é preciso que estejam armazenados em um ambiente que seja capaz de oferecer serviços que disponibilizem dados através de requisições e retornem informações a essas requisições sem que o

requisitante tenha conhecimento de como a informação está armazenada nem o local de armazenamento.

A Camada Servidora deve responder ao requerimento da função *getMap* do serviço WMS com um mapa contendo a representação visual de todos os objetos geográficos das fontes de dados cadastradas. Para o requisitante do serviço, é transparente o fato de existirem várias fontes de dados já que o serviço retorna um mapa como se os dados estivessem armazenados em uma fonte de dados apenas.

Segundo a especificação WMS, um mapa não é formado propriamente pelos dados geográficos, ele é a representação destes dados em formato digital para ser apresentada em uma tela de computador. As informações espaciais são convertidas para formatos digitais de imagens como JPG, GIF, PNG e etc. e apresentados ao requisitante do serviço WMS.

O mapa retornado na função *getMap* não possui informações detalhadas dos objetos geográficos, porém, o usuário requisitante poderá utilizar a função *getFeatureInfo* do serviço WMS para recuperar as informações sobre um objeto particular que pertence ao mapa.

Quando o cliente requisitar a função *getFeature*, por exemplo, o serviço WFS deve buscar os objetos geográficos armazenados nas fontes de dados cadastradas. O requisitante não precisa se preocupar onde esses dados estão, é preciso somente fazer a requisição. Estas informações espaciais devem ser retornadas ao requisitante do serviço. O serviço WFS retorna as informações conforme as especificações do padrão OGC, neste caso na linguagem GML. Fica transparente para o cliente a estrutura interna das informações espaciais armazenadas nos repositórios das instituições. O serviço WFS fornece os objetos geográficos em GML, sendo assim, as diferentes formas de representação da informação espacial utilizadas pelos vários servidores de objetos geográficos são convertidas para GML e depois disponibilizadas ao requisitante do serviço neste formato.

Uma vez que o dado foi colocado nesse ambiente, ele fica disponível para uso em uma aplicação cliente que ofereça serviço de WMS ou WFS. O dado se torna acessível desde que o usuário faça requisições de WMS ou WFS.

Camada Cliente

A Camada Cliente tem como funcionalidade o acesso remoto a mapas, permitindo o estabelecimento entre redes cooperativas.

A visualização dos mapas provenientes da Camada Servidora e de outras fontes geradoras de dados tais como INPE, MMA e Embrapa podem ser combinadas de forma transparente.

Esse ambiente estará disponível na *web* para que qualquer pessoa interessada em dados provenientes desses mapas possa fazer uso.

Essa camada disponibilizará todos os mapas inseridos na Camada Servidora.

O compartilhamento de dados entre diversas fontes geradoras de dados facilita o estudo, como exemplo, vamos imaginar um estudo sobre a ocorrência de Dengue em uma determinada região. Seria interessante para esse estudo ter dados como população por município e ocorrência de dengue por município. Nesse caso, os dados de demografia e da Malha Municipal são de responsabilidades do IBGE e o mapa de ocorrência da dengue são de responsabilidade do Ministério da Saúde. Com o compartilhamento de dados, cada produtor da informação disponibiliza seu dado através de serviços e o usuário, utilizando a Camada Cliente, compõe seu estudo analisando os dados fornecidos. Poderíamos aqui fazer infinitas combinações de temas. Afinal de contas, um tema não pode ser analisado sozinho, ele é dependente de outros temas que em geral são provenientes de instituições diferentes.

Cada vez mais existe a necessidade de troca de informações entre instituições.

A Camada cliente é responsável por fazer as requisições para a Camada Servidora e apresentar as respostas para o cliente. A apresentação das respostas pode ser em forma de imagens, por exemplo, uma requisição *getMap* ou em forma de informação, como exemplo, em uma requisição *getFeatureInfo*.

6.2 Implementação

Para validar a metodologia proposta, foi utilizada a base de dados do projeto ZeeBrasil. Essa base é composta por uma ampla gama de mapas, aproximadamente 700 mapas. Estes mapas foram divididos em doze temas, a saber: Físico, Político, Recursos Naturais e Meio Ambiente, Demografia, Urbanização, Saneamento Básico, Indústria e Serviços, Agropecuária, Saúde, Educação, Infra-estrutura e Capacidade Institucional Local.

Todas as camadas dos mapas estão em formato de arquivos *shapefile* e se encontram na escala 1:15 000 000 e 1:5 000 000. Os arquivos são visualizados em dependência da escala. Essa configuração da troca de escala é feita através do padrão SLD (Styled Layer Descriptor).

Disponibilizar essa riqueza de informações é sem dúvida um ganho muito grande para pesquisadores interessados em dados espaciais.

No contexto desse trabalho estamos focando para a interoperabilidade de dados. Os dados têm que estar disponíveis na instituição que os gerou para evitar a duplicidade dos mesmos.

Abaixo segue um diagrama com uma visão completa do sistema, o qual será detalhado nas próximas páginas.

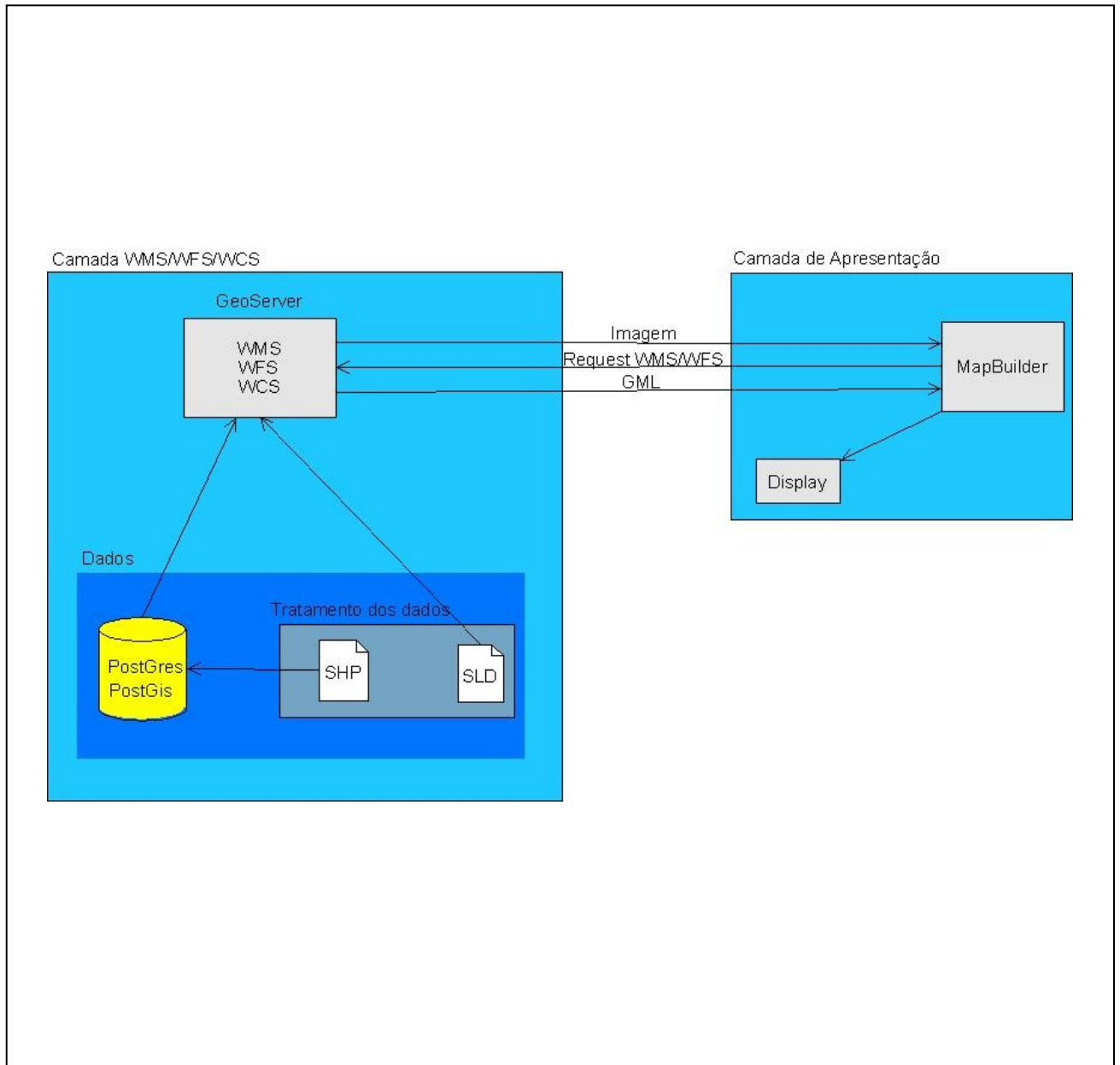


Figura 6.1 Diagrama do Sistema

6.2.1 Preparação do ambiente e dos dados

6.2.1.1 Instalação do *Apache Tomcat* e *Java*

O *Tomcat* é um servidor de aplicações *Java* para *web*. É software livre e de código aberto, surgiu dentro do conceituado projeto *Apache Jakarta* e que teve apoio e endosso oficial da *Sun Microsystems* como Implementação de Referência (RI) para as tecnologias *Java Servlet* e *JavaServer Pages* (JSP). Atualmente, o *Tomcat* tem seu próprio projeto de desenvolvimento independente, dentro da *Apache Software Foundation*. É robusto e eficiente o suficiente para ser utilizado em um ambiente de produção.

O *Tomcat* é inteiramente escrito em *Java* e, portanto, necessita de uma *Java Virtual Machine* (JVM) — Máquina Virtual *Java* — para ser executado.

Na Tecnologia *Java*, existem duas distribuições do *Java SE*:

- *Java Runtime Engine* (JRE) — Mecanismo de Execução *Java*: inclui a JVM, bibliotecas e outros componentes necessários para executar aplicações ou applets escritas em linguagem *Java*. É o produto adequado para quem é apenas usuário da tecnologia *Java*.
- *Software Development Kit* (SDK) — Kit de Desenvolvimento de Software — do *Java SE*, mais conhecido como *Java Development Kit* (JDK): inclui todo o JRE, mais ferramentas de linha de comando como compilador, *debugador* e outros componentes necessários para construir aplicações *Java*.

Foram instalados o *Java SDK6* e o *Apache Tomcat 5.5*. Essas instalações não oferecem problemas. As versões influem na performance do *Geoserver*. Versões mais antigas tornam o *Geoserver* mais lento.

Para testar a instalação utilize, no *browser*, o comando: `http://localhost:8080`. Deverá aparecer essa tela:

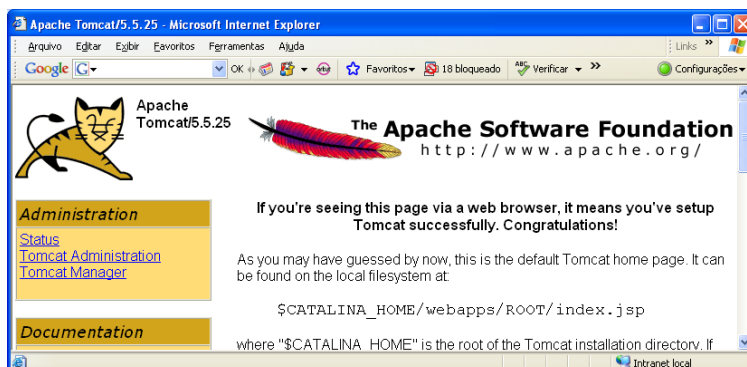


Figura 6.2 Tela do *Apache Tomcat*

6.2.1.2 Inclusão dos dados no *PostgreSQL* / *PostGIS*

Em primeiro lugar instalar o *Postgres*, encontrado para instalação em <http://www.postgresql.org/download/>. Foi instalado a versão *PostgreSQL* 8.2.4.

Em seguida instalar o *Postgis*, encontrado em <http://postgis.refrains.net/download/>. Foi instalada a versão *PostGis* 1.3.2.

As instalações não oferecem problemas. Depois de instalado, criar os *Databases* e as tabelas.

Foram criados doze *Databases*, a saber: físico, político, meioambiente, demografia, urbanização, saneamento, industria, agropecuaria, saude, educação, infraestrutura e institucional. Em cada *Database* estão armazenadas as camadas referentes a cada tema. Cada camada é uma tabela no *Database*. Como exemplo, a camada com os dados referentes a rio ficam armazenadas na tabela rio dentro do *Database* físico.

Esses *Databases* foram criados em um único servidor. Porém, eles poderiam ter sido criados em vários servidores. O serviço que irá consultá-los sabe direcionar para a localização correta.

Os *Databases* foram nomeados dessa forma, pois trata-se da base de dados do projeto Zee Brasil. Pode ser que, quando tratar-se de uma gama mais abrangente de dados tenhamos que pensar em uma nova modelagem. Isso não invalida a metodologia, pois como já dissemos onde e como os dados são armazenados não interfere em nada.

No momento da instalação, é criado um *Database* chamado *template_postgis*. Este *Database* possui todas as funcionalidades para a realização de pesquisas espaciais. Desse modo, os *Databases* serão criados utilizando esse como *template*. Abaixo o comando, onde <nome-database> é o nome de cada *Database*.

```
# "C:\Arquivos de programas\PostgreSQL\8.2\bin\createdb" -Upostgres  
-T template_postgis <nome-database>
```

Para carregar os *shapefiles* no *Database* é preciso utilizar o programa *shp2pgsql*, instalado com os pacotes referentes ao *Postgis*. O parâmetro *-W* é usado para que o *Postgis* entenda os caracteres vindos do dbf (acentos, cedilhas,...). Esse comando irá gerar o arquivo.sql com os comandos necessários para criar a tabela <nome-tabela> no *Database* <nome-database> a partir do arquivo *shapefile* <arquivo.shp>.

```
# "C:\Arquivos de programas\PostgreSQL\8.2\bin\shp2pgsql.exe" -W "latin1"  
-c <arquivo.shp> <nome-tabela> <nome-database> > <arquivo.sql>
```

Agora precisamos executar esse <arquivo.sql> através do comando **psql.exe** instalado com os pacotes referentes ao *Postgis*.

```
# "C:\Arquivos de programas\PostgreSQL\8.2\bin\psql.exe" -U postgres  
    <nome-database> -f <arquivo.sql>
```

Foram criados arquivos de lote para executar a criação dos *Databases* e para a criação de todas as tabelas.

Assim as camadas foram inseridas no Banco de Dados Espacial *Postgres / Postgis*.

Cada arquivo *shapefile* corresponde a uma tabela no Banco de Dados, e cada coluna da tabela corresponde à geometria e aos dados alfanuméricos.

6.2.1.3 Criação dos arquivos de estilo *Styled Layer Description (SLD)*

A base de dados de nosso sistema é proveniente do *ArcMap* da *Esri*. Os profissionais utilizam o *ArcMap* para fazer as classificações em seus mapas. O *ArcMap* guarda essas classificações em formatos proprietários. Classificar significa colocar simbologias diferentes para valores ou intervalo de valores de uma determinada variável, como por exemplo, cores.

O *Geoserver* utiliza a especificação OGC *Styled Layer Description (SLD)* para definir a aparência dos mapas.

Precisamos de um programa que converta as classificações dessas camadas para o arquivo SLD para que possa ser dada a carga no *Geoserver*.

A fidelidade das cores nos mapas é muito importante para os geógrafos.

Para fazer essa conversão foi usado o programa *ArcGIS-map to SLD Converter 1.2.1* desenvolvido como tese de doutorado de Albrecht Weiser sob a orientação do Prof. Dr. Alexander Zipf.

Esse conversor analisa a simbologia de um projeto *ArcMap* e monta o arquivo SLD referente a esta simbologia.

A figura abaixo exhibe a tela de interface do conversor:

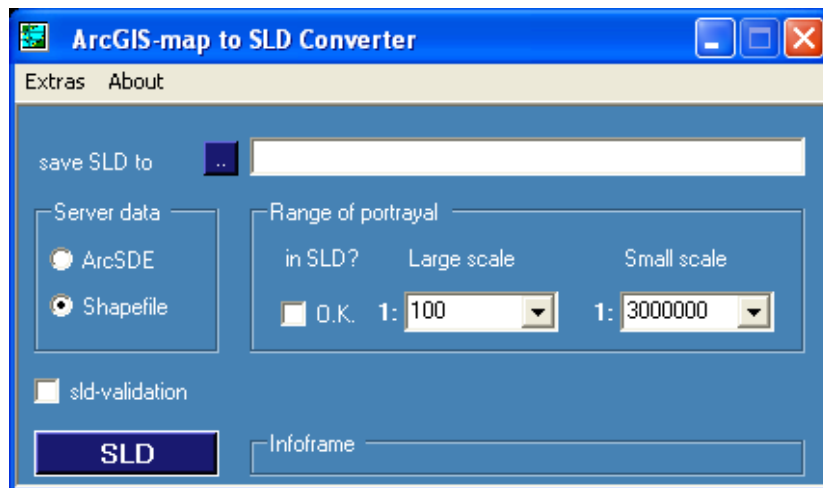


Figura 6.3 Tela do programa *ArcGIS-map to SLD Converter*

Esse programa mostrou-se eficaz em relação à fidelidade da simbologia usada nos mapas.

Neste momento, o Banco de Dados Espacial está carregado com os arquivos *shapefiles* e todos os arquivos de estilos referentes a cada camada também gerados.

6.2.2 Inclusão dos dados na Camada Servidora (*Geoserver*)

6.2.2.1 Instalação do *Geoserver*

O *Geoserver* encontra-se disponível em <http://geoserver.org/display/GEOS/Latest>. A instalação do *Geoserver* é feita copiando o arquivo *geoserver.war* para o diretório *webapp* do *Tomcat*. Foi utilizada a versão 1.6.3, a mais recente até o momento. O próprio *Tomcat* se encarrega de descompactar esse arquivo e torná-lo pronto para uso. Não precisa nenhuma configuração adicional. Quando abrir a página do *Tomcat*, o *Geoserver* aparecerá como uma aplicação. Aqui o ambiente para a inserção das camadas em formato de serviços WFS e WMS será preparado.

6.2.2.2 Configuração do servidor

O *Geoserver* possui uma administração que pode ser controlada pela criação de usuários e a permissão dada a cada um. O administrador cria contas e permissões para os usuários responsáveis pela carga no *Geoserver*. Isso é feito editando o arquivo *users.properties*.

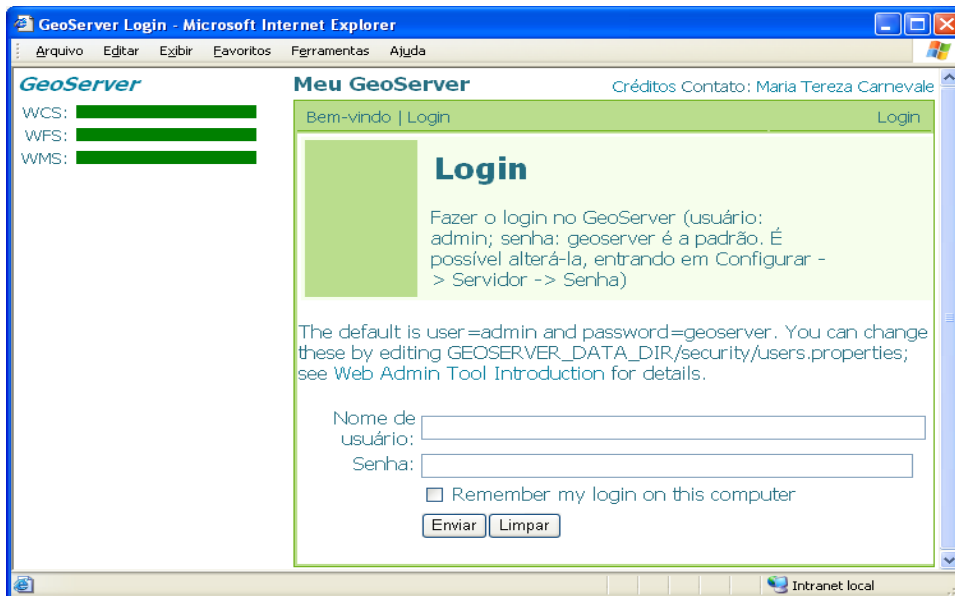


Figura 6.4 Tela de *login*

Passamos a configurar o servidor de dados. A tela de configuração é dividida em duas partes a primeira é a configuração com parâmetros do servidor, representado pela figura 6.5 e a segunda com metadados do servidor representado na figura 6.6.

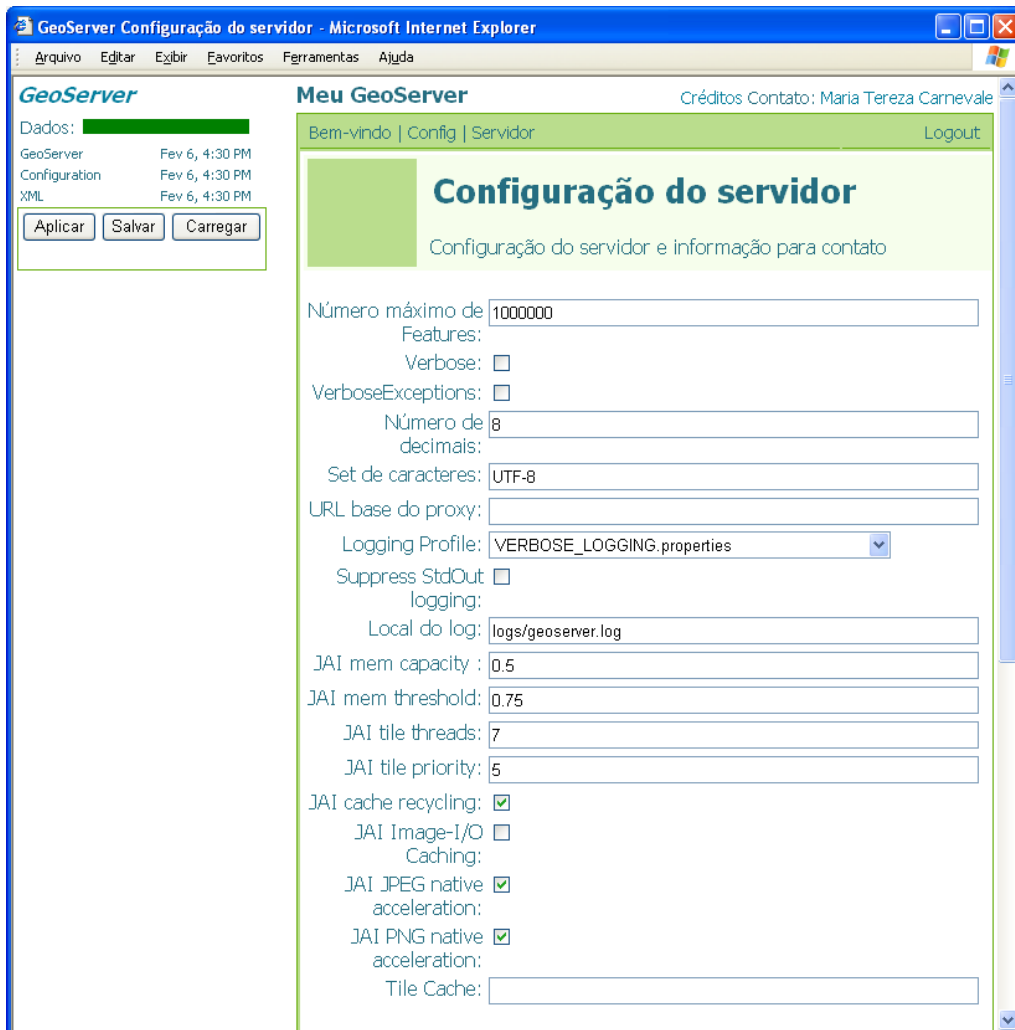


Figura 6.5 Configuração das informações sobre o servidor

Informação para contato

Pessoa para contato:

Organização:

Posição:

Tipo de endereço:

Endereço:

Cidade:

Estado/Provincia:

Código postal:

País:

Número de telefone:

Número de fax:

Endereço de e-mail:

Figura 6.6 Metadados do Servidor

Depois de configurar o servidor com os metadados. Cada serviço pode ser configurado com seus metadados. As informações desses metadados vem como resposta a uma requisição *GetCapabilities* a cada serviço.

Será mostrada somente a configuração do serviço WMS. As configurações dos serviços WFS e WCS são análogas.

Descrição do Web Map Server

Configuração de informações e metadado do Web Map Server

Nome:

Título:

Restrições de acesso:

Fees:

Mantedor:

Palavras-chave:

Resumo:

Figura 6.7 Metadados do Serviço WMS

A configuração do servidor e dos serviços é feita uma única vez.

6.2.2.3 Criação do *NameSpace*

Como dito no capítulo 3, o *NameSpace* define um prefixo para ser colocado no arquivo GML para evitar a ambigüidade de nomes. Foram criados doze *NameSpaces* com os

respectivos nomes dos temas. Isso evita que existam nomes de feições repetidos em temas distintos. O *NameSpace* passa a ser o prefixo para o nome da camada.

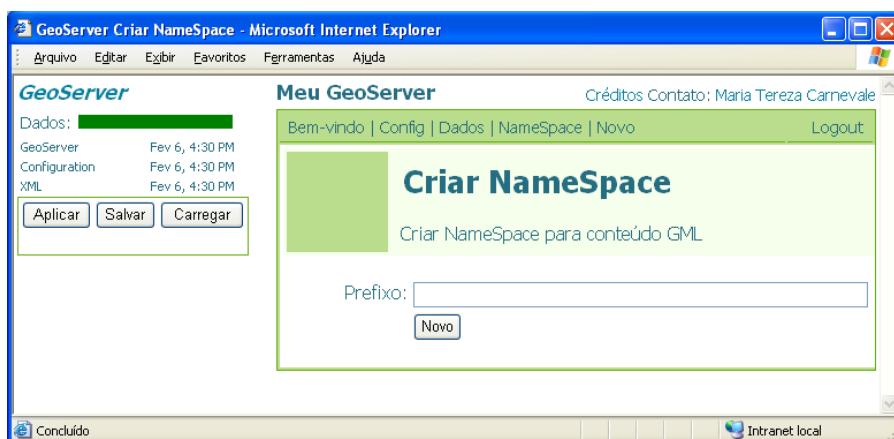


Figura 6.8 Criação de *NameSpace*

Desta forma, o nome da camada indica a qual tema ela pertence.

Uma vez criado o *NameSpace*, ele pode ser usado para todas as camadas daquele tema.

6.2.2.4 Criação do *DataStore*

Na criação do *DataStore* estamos criando a conexão com o banco de dados espaciais. Para cada tema foi criada um *DataStore* associado ao *NameSpace* correspondente e ao *Database* correspondente no *Postgis*. Na figura 6.9 mostra a criação do *DataStore* para o tema Demografia.

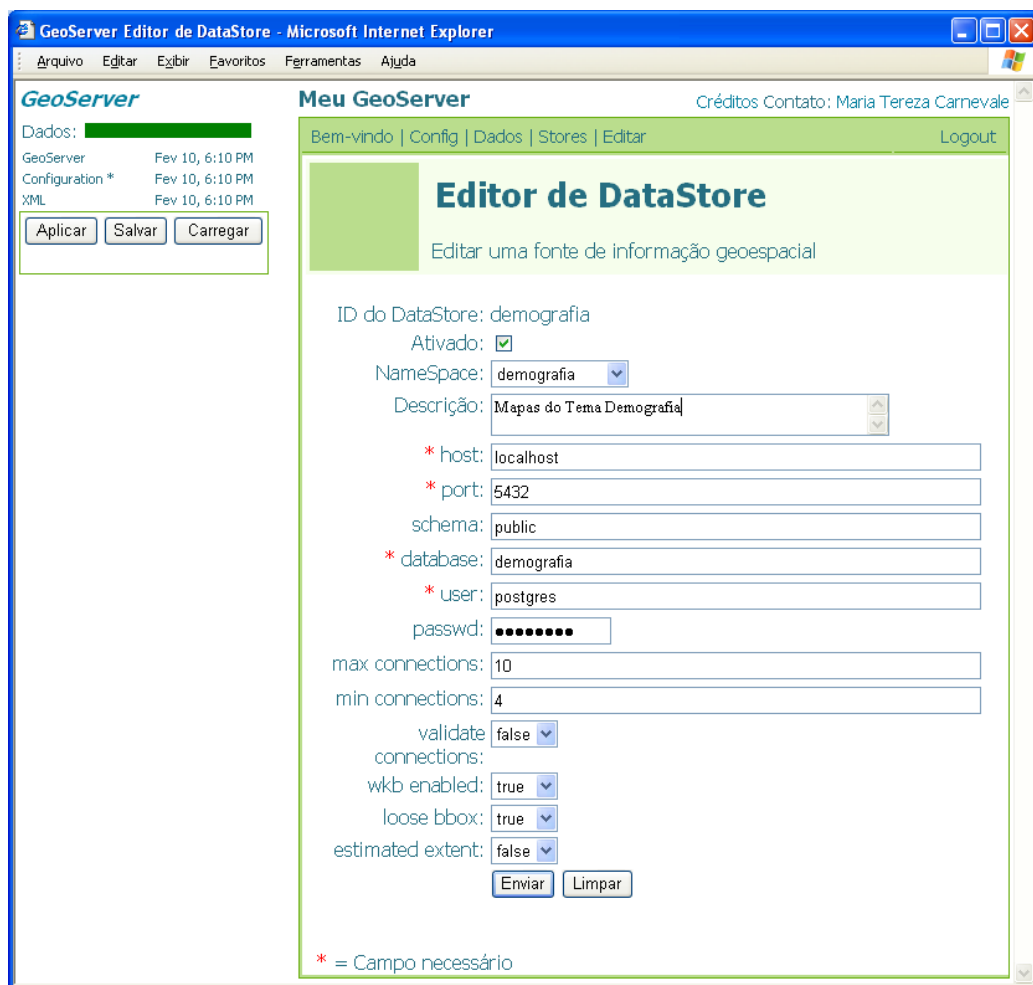


Figura 6.9 Criação de *DataStore*

Uma vez criado o *DataStore* ele pode ser usado para todas as camadas daquele tema.

6.2.2.5 Inclusão do arquivo de estilo

No item 6.2.1.3 foi mostrado como gerar o arquivo de estilo. Agora será mostrado como cadastrá-lo no *Geoserver*. Na figura 6.10, mostra a possibilidade de carregar o arquivo gerado no item 6.1.3.

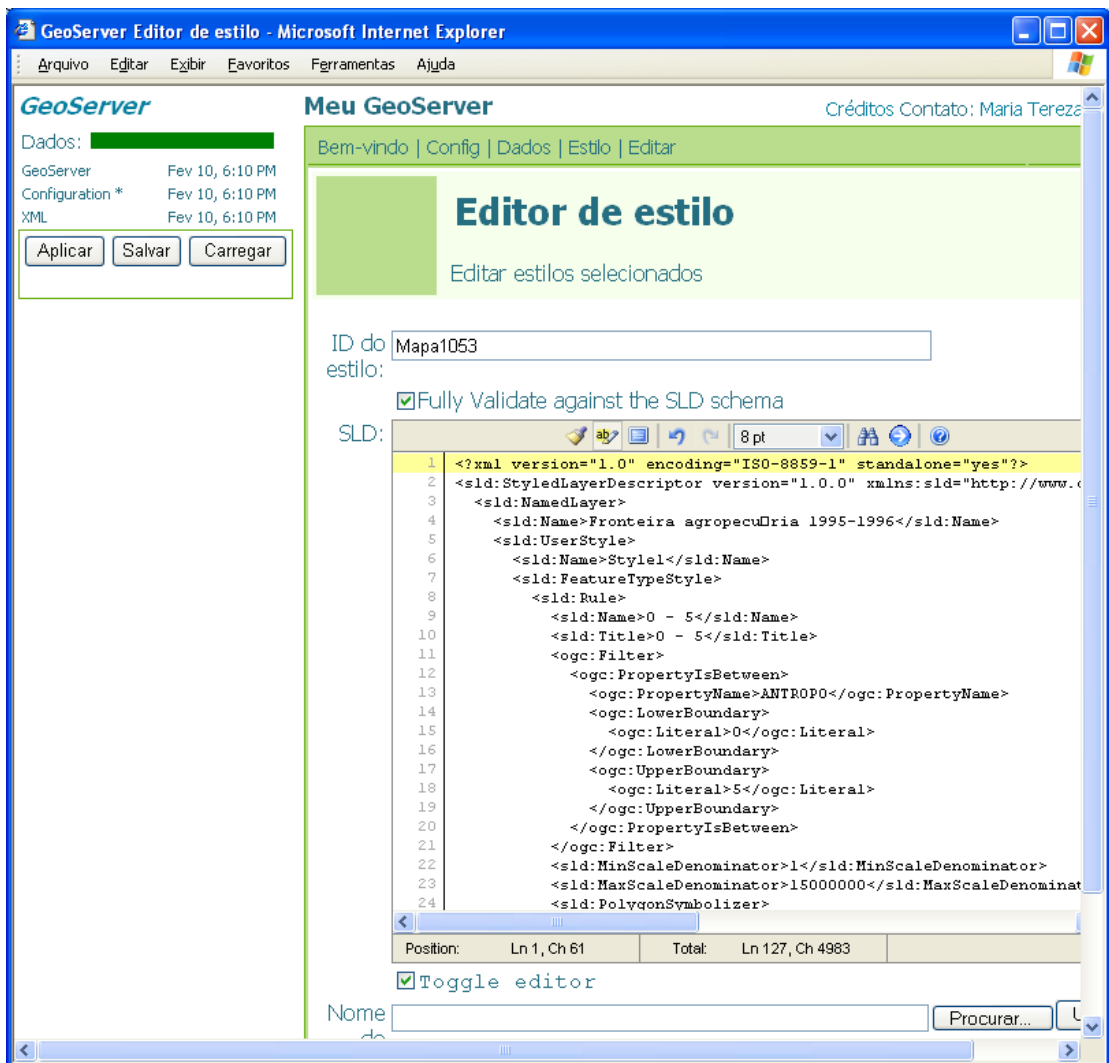


Figura 6.10 Editor de Estilo

6.2.2.6 Criação de tipo de Feição

Neste momento, a camada armazenada no *Postgis* será associada aos dados referentes à projeção cartográfica, ao estilo, limites e palavras chaves.

A figura 6.11 mostra a tela com esses dados.

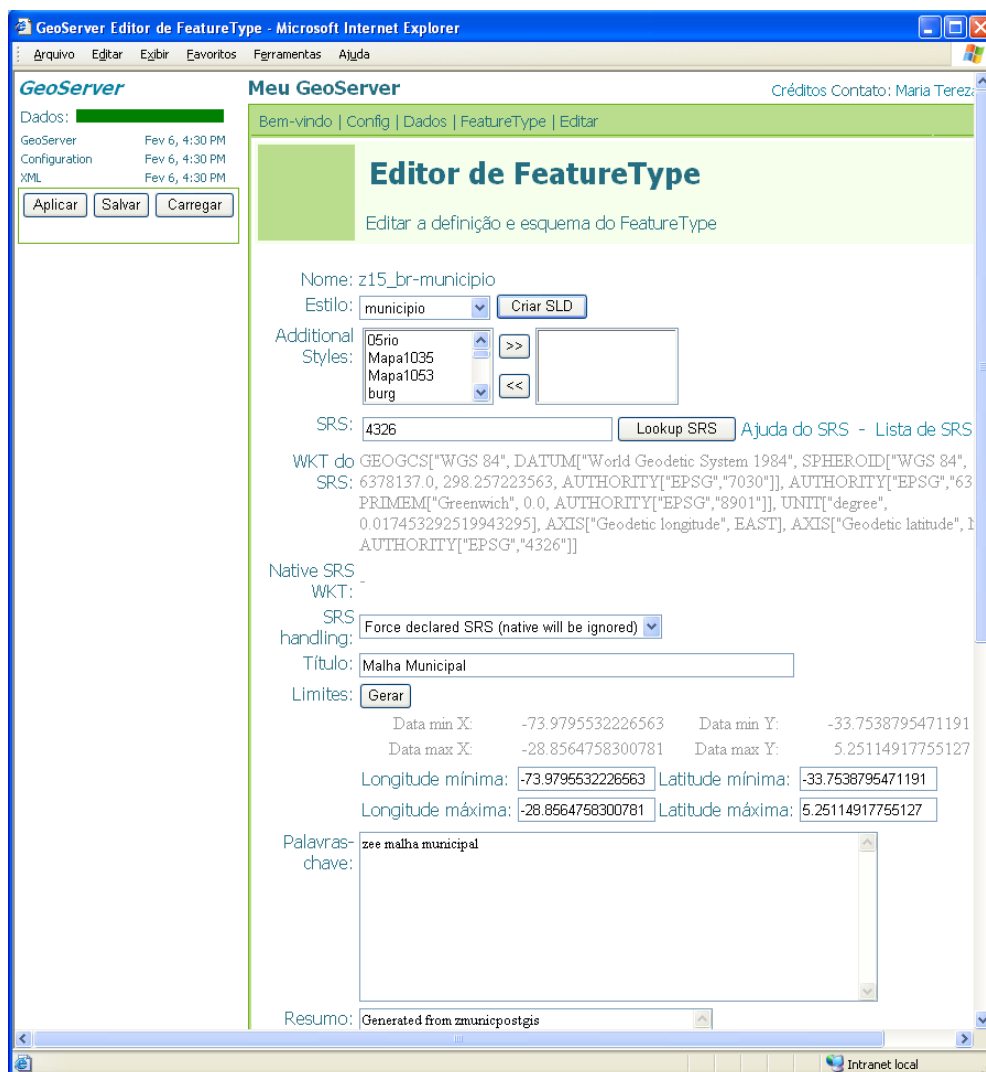


Figura 6.11 Editor de tipo de feição

Mapas podem ser compostos por uma ou mais camadas. Para explicitar as camadas de cada mapa precisamos configurar o conteúdo do serviço WMS. Nesta fase, colocamos todas as camadas pertencentes ao mapa. Cada camada se comporta como uma folha de papel, uma em cima da outra, então, é importante a ordem ao inseri-la no mapa. As primeiras a serem colocadas serão as últimas a serem vistas, isto é ficarão por cima das demais.

Agora o mapa está pronto para ser utilizado. Qualquer servidor que tenha implementado o serviço WMS poderá visualizá-lo dentro de sua aplicação.

A interface gráfica de configuração do *GeoServer* via *Web* facilita a configuração dos serviços WFS e WMS. Na verdade, tudo o que é feito graficamente traduz-se em alterações de arquivos XML que contêm toda a configuração do *GeoServer*, portanto, pode-se alterar diretamente esses arquivos para produzir efeitos na configuração. Os arquivos *service.xml* e *catalog.xml* são os dois arquivos centrais da configuração (localizados no diretório *data*), sendo que o primeiro contém as opções de configuração do servidor e dos serviços WMS,

WFS. O segundo arquivo guarda a configuração dos *DataStores*, *Namespaces* e Estilos. E existe ainda um arquivo *info.xml* para cada camada, onde ficam armazenados dados de projeção, metadados, entre outros.

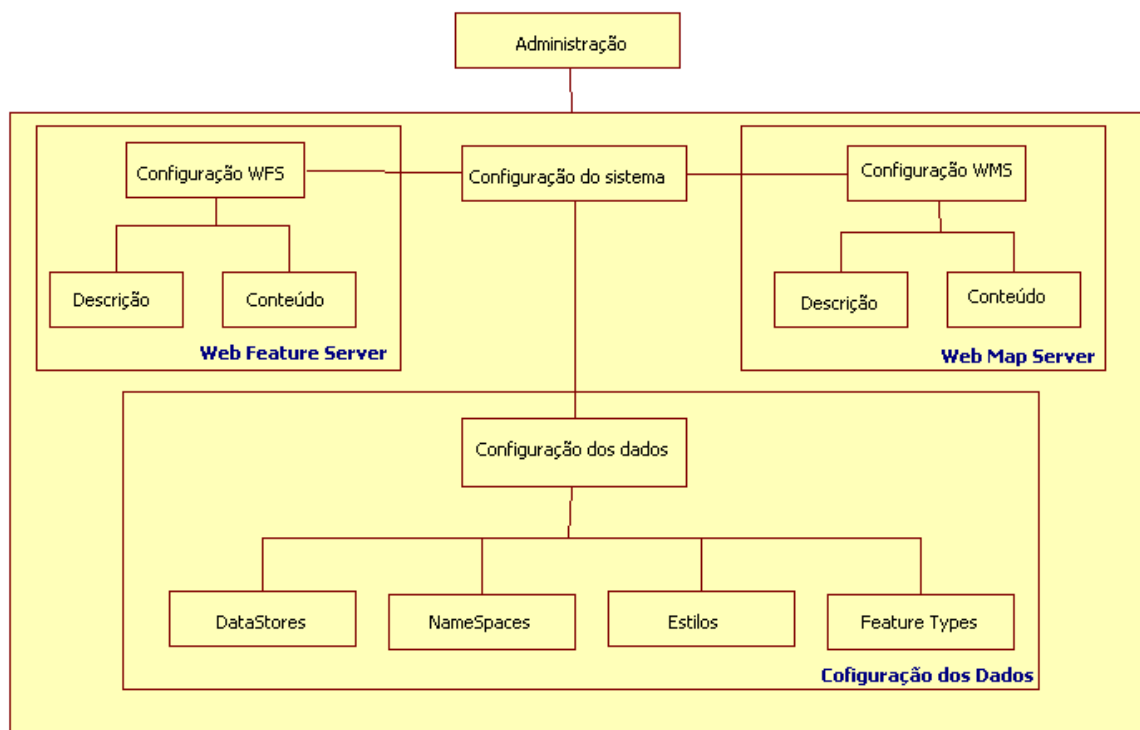


Figura 6.12 Configuração do *Geoserver* baseada em *Web*

6.2.3 Camada Cliente (*Mapbuilder*)

6.2.3.1 Instalação do *Mapbuilder*

O *Mapbuilder* encontra-se disponível em <http://sourceforge.net/projects/mapbuilder>. A instalação do *Mapbuilder* é feita copiando o arquivo *mapbuilder.war* para o diretório *webapp* do *Tomcat*. Foi utilizada a versão 1.5, a mais recente até o momento. O próprio *Tomcat* se encarrega de descompactar esse arquivo e torná-lo pronto para uso. Não precisa nenhuma configuração adicional. Quando abrir a página do *Tomcat* o *Mapbuilder* aparecerá como uma aplicação.

6.3.2 Funcionalidades da Camada Cliente

A camada cliente tem como principal funcionalidade criar uma interface para disponibilizar os dados da Camada Servidora. Permite também mostrar que se pode agregar dados de diferentes produtores de informação de maneira transparente para o usuário.

O usuário terá uma ampla gama de temas disponíveis para compor seus estudos.

Os mapas cadastrados na Camada Servidora estão organizados na Camada Cliente segundo uma organização de temas, subtemas e mapas. Essa hierarquia está descrita no Apêndice B.

A figura 6.13 mostra a página *web* da aplicação cliente. Esta página é a responsável por enviar requisições para os serviços WMS e WFS e exibir os dados recebidos.

Para efeito de descrever a tela, dividimos em 8 partes. Cada parte será comentada abaixo:

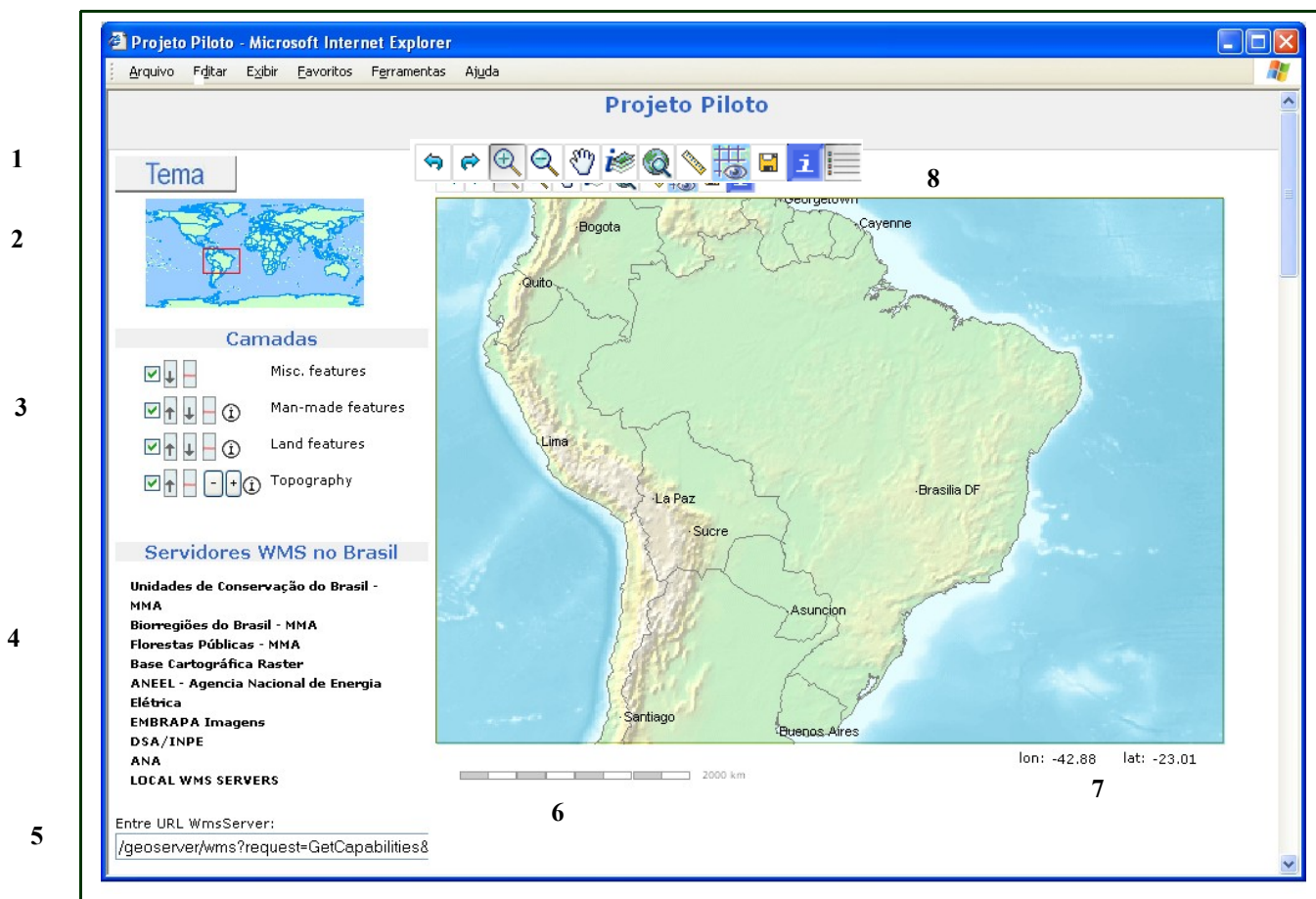


Figura 6.13 Tela da Camada Cliente

(1) TEMA - Botão que exhibe a lista de temas, subtemas e mapas.

Quando solicitado um mapa, essa aplicação envia uma requisição de *GetMap* para a Camada Servidora que devolve como resposta uma imagem. Essa aplicação, então exhibe a imagem correspondente ao mapa solicitado. A figura 6.14 mostra o tema Agropecuária sendo exibido.

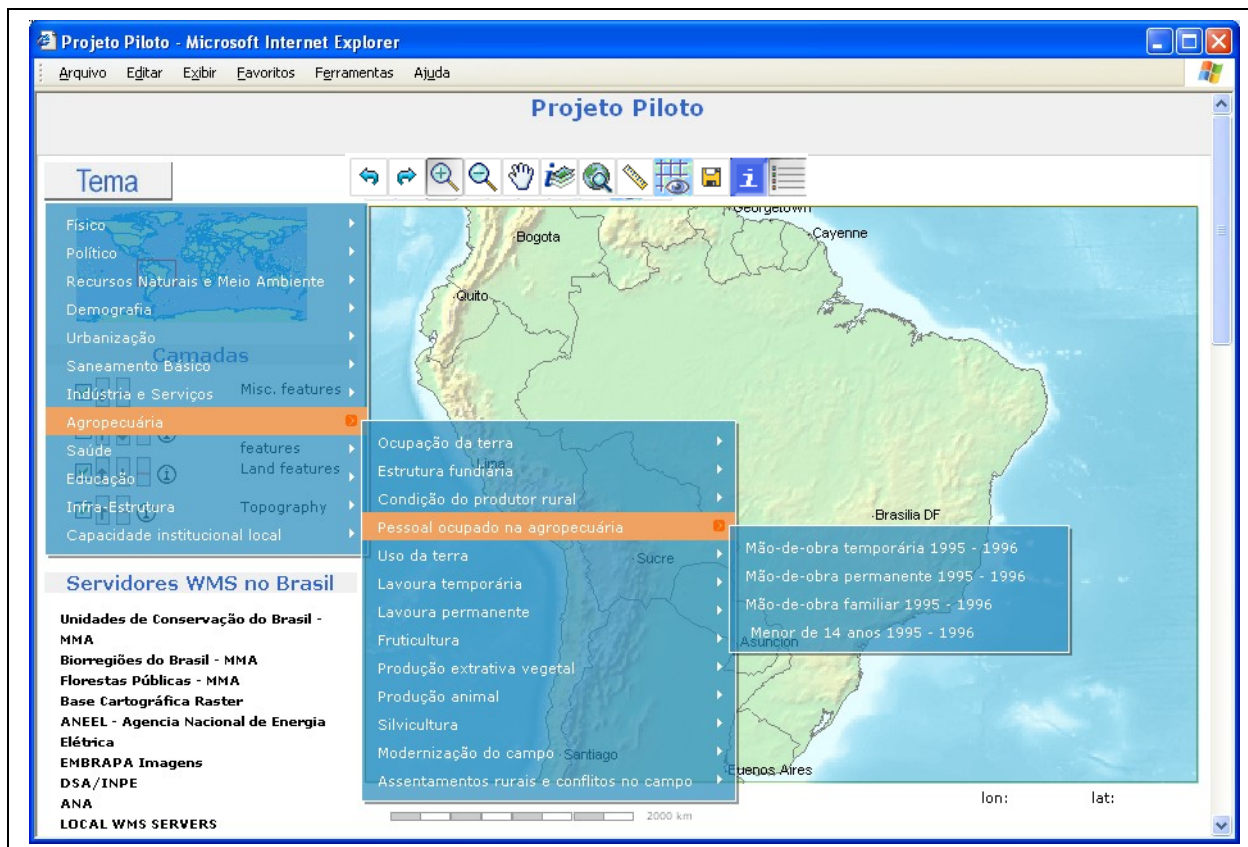


Figura 6.14 Lista de Temas

(2) Mapa de localização

Exibe um polígono no mapa de localização com os limites da área que está sendo exibida na tela principal.

O usuário pode se orientar observando esse polígono e saber em qual localização geográfica a tela principal se encontra.



(3) Lista de camadas exibidas.

Mostra a lista de camadas que está sendo exibida e algumas funcionalidades aplicadas às camadas. Abaixo seguem tais funcionalidades.



Visibilidade da camada



Mover para cima a camada



Mover para baixo a camada



Retirar a camada



Mostrar a legenda da camada. Solicita uma requisição de WMS *getMap* usando o parâmetro *getLegend*



Indica a camada que será solicitada a informação

(4) Alguns servidores WMS no Brasil

Mostra alguns servidores que oferecem serviços de *WMS*. Ao clicar nesses servidores, uma requisição de *getCapabilities* é enviada. O servidor requisitado retorna uma lista com as camadas disponíveis. Ao clicar na camada desejada, novamente é feita uma requisição, sendo que agora de *getMap*, o servidor retorna uma resposta e o mapa é apresentado na tela principal.

(5) O usuário pode solicitar um serviço WMS, digitando a URL

O usuário pode fazer uma requisição de *getCapabilities* a qualquer servidor WMS. Ele deverá digitar a URL correspondente ao pedido.

O servidor solicitado retorna uma lista com as camadas disponíveis. Ao clicar na camada desejada, novamente é feita uma requisição, agora de *getMap* e o mapa é apresentado na tela principal.

(6) Escala gráfica

Exibe a escala gráfica. Essa escala é alterada toda vez que ocorre operações de zoom.

(7) Latitude e longitude

Ao passar o cursor pela tela, exibe a latitude e longitude.

(8) Barra de ferramentas



Retorna à tela anterior.

Volta à tela atual.



Aproxima os mapas na tela principal.



Afasta os mapas na tela principal.



Arrasta os mapas na tela principal.



Informações sobre a camada. Solicita uma requisição de *GetFeatureInfo* ao servidor e o servidor retorna as informações da camada.



Enquadramento do mapa.



Régua (mede a distância e exibe o resultado).



Grade (exibe uma grade com latitudes e longitudes).



Salva o estado do trabalho do usuário preservando as informações das camadas e guardando o estado da sessão do cliente para compartilhar com outros usuários. Esse documento pode ser catalogado para reutilização. Utilizado pelo serviço WMC (*Web Map Context*).



Exibe a Descrição, Nota técnica, Fonte, Imagens e Vídeos referentes ao mapa.



Exibe a legenda referente ao mapa

Todos os mapas, além de suas legendas, possuem uma descrição de como o mapa foi produzido, a fonte usada para a produção desse mapa e pode ocorrer de possuir uma nota técnica.

Abaixo a Figura 6.15 mostra o mapa Unidades de Relevo com uma breve descrição desse mapa, a fonte e a nota técnica.



Figura 6.15 Exibe a Descrição do mapa, Fonte e Nota Técnica

Para um melhor entendimento pode-se associar várias imagens aos mapas. Assim, contamos com o apoio das imagens para auxiliar a compreensão da informação.

A Figura 6.16 exibe a lista de imagens em tamanho miniatura. Uma vez escolhida a imagem ela pode ser ampliada, como mostra a Figura 6.17.

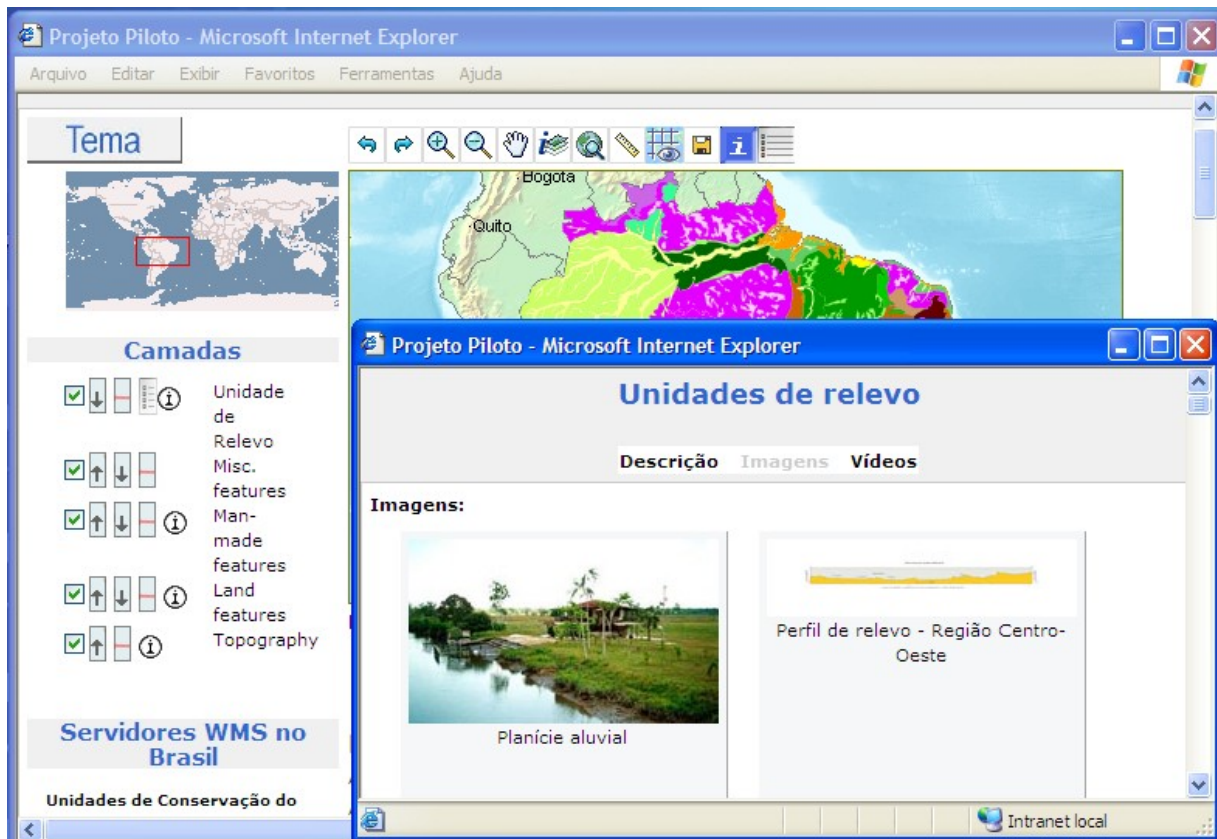


Figura 6.16 Exibe lista de imagens associadas ao mapa

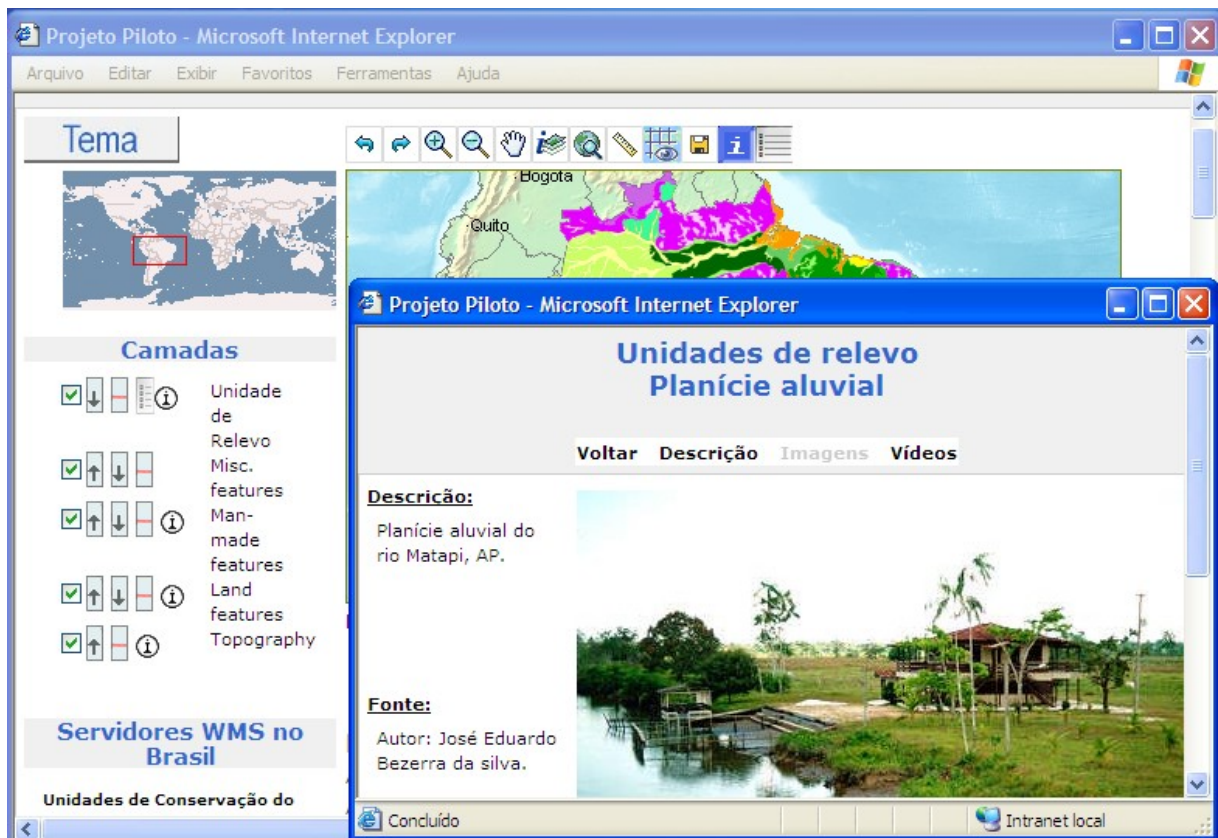


Figura 6.17 Exibe as imagens associadas ao mapa

Outro recurso utilizado para um melhor entendimento, foi o uso dos vídeos. Pode-se associar vários vídeos aos mapas. Neste caso, é possível exibir vídeos informativos, como também exibir uma seqüência cronológica mostrando a evolução temporal no tema abordado.

A Figura 6.18 exibe uma lista com todos os vídeos associados ao mapa Unidades de Relevo. Uma vez escolhido o vídeo pode-se exibi-lo com som. A tele de exibição ´mostrada na Figura 6.19.

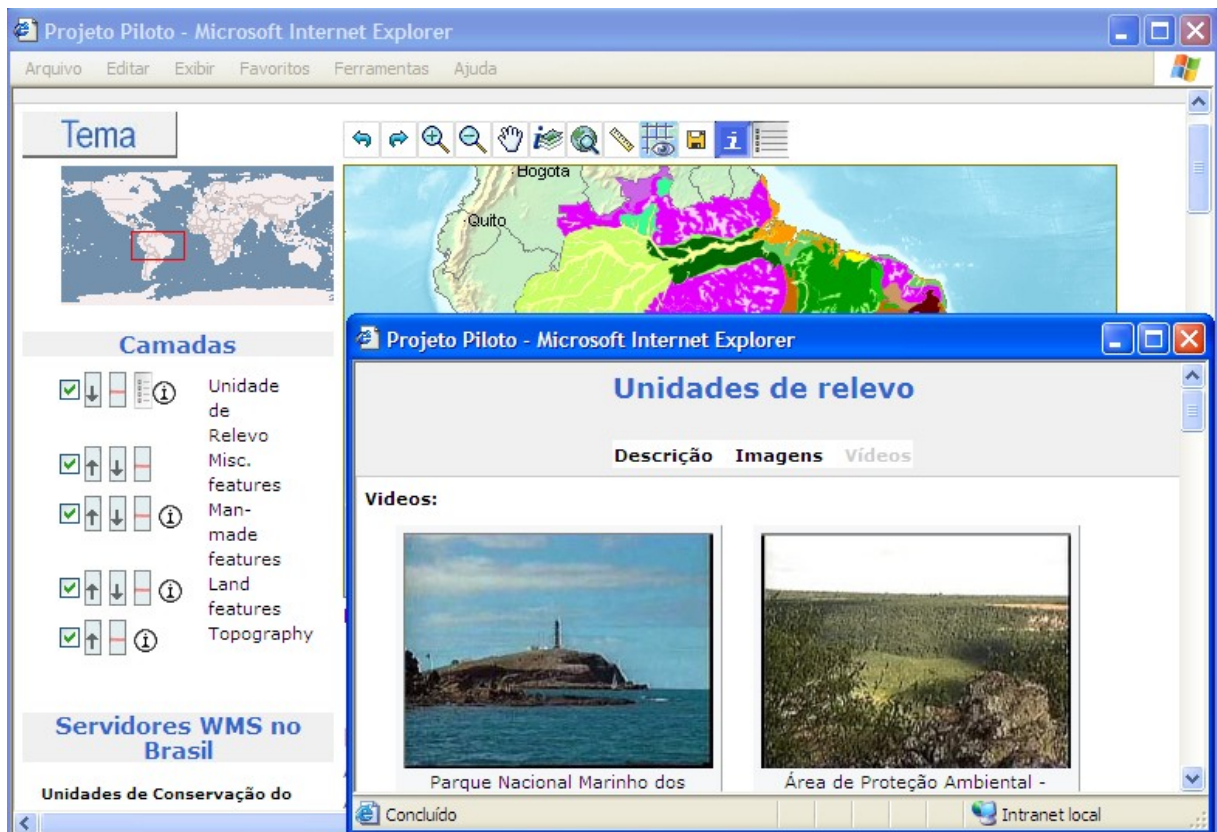


Figura 6.18 Exibe a lista de vídeos associados ao mapa



Figura 6.19 Exibe os vídeos associados ao mapa

Foi criado o ambiente servidor de mapas, seguindo os padrões de interoperabilidade e com a filosofia de software livre. Esse ambiente mostrou-se bem eficaz uma vez que proporcionou que diversas camadas dos mapas ficassem armazenadas e disponibilizadas para uso. A disponibilização dessas camadas se fez através de *Web Services* o que viabilizou a integração com outras camadas que por ventura estejam em outros servidores.

Assim, podemos fazer sobreposições de camadas que estejam em diversas fontes de dados. As camadas permanecem em seus locais de origem mantendo sua integridade e qualquer usuário pode fazer uso dela.

Foi criado o ambiente cliente seguindo a filosofia de software livre. Foi possível, através de *WebServices*, visualizar e solicitar informações do ambiente servidor de mapas. Isso mostra que o ambiente servidor de mapas atendeu com eficiência seu papel de disponibilizar os mapas sem a necessidade de o ambiente cliente ter conhecimento de como o ambiente servidor armazenou os dados.

O ambiente cliente mostrou-se eficaz na visualização e fornecimento de informações originadas de diversas fontes de dados.

Foi possível interagir com dados de diversos órgãos, tais como MMA, EMBRAPA, ANEEL, IBGE, entre outros.

Com isso, foram realizados estudos envolvendo dados de diversas instituições, o que foi muito importante quando se trata de uma investigação de um problema do mundo real. Como exemplo, pode-se fazer um estudo da propagação de dengue no Estado do Rio de Janeiro consultando dados provenientes do IBGE, tais como: malha municipal e densidade demografia; dados do Ministério da Saúde, tais como: locais de incidências da dengue; dados de Educação, tais como: média de anos de estudo da população atingida pela dengue; dados de saneamento básico, etc. A composição desses dados poderia apontar para uma possível solução desse problema.

CAPÍTULO 7 - CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

7.1 Conclusões

Os recentes avanços tecnológicos no que diz respeito a *hardware*, como exemplo pode-se citar: aumento substancial na velocidade de tráfego da informação, alta capacidade de processamento dos computadores, alta capacidade de armazenamento de dados; essas facilidades proporcionaram o amplo uso da rede internet. Aliado a isso, tem também os avanços relacionados a *software*, podendo-se citar como exemplo a criação de *Web Services* baseados em padrões do OGC. Todos esses avanços criaram excelentes condições para o desenvolvimento de novos ambientes para publicação, acesso, exploração e distribuição da informação geográfica.

Foram estudados e avaliados alguns softwares disponíveis para disponibilização de dados na *web* seguindo padrões de interoperabilidade e com a filosofia de distribuição livre e código aberto. Foi feito um quadro comparativo entre eles. A arquitetura escolhida mostrou-se bastante eficaz.

Foram vistas algumas iniciativas de criação de Infra-estruturas de Dados Espaciais no mundo e a importância de se criar uma em nosso país. Esse trabalho contribuiu para a disponibilização de informações Geoespaciais via *web*, o que pode ser usada como arquitetura proposta pela INDE.

Foi criada uma metodologia para criar um ambiente servidor de dados que facilite o armazenamento dos dados geo-espaciais. Os dados foram armazenados de maneira que pudessem ser compartilhados com outras instituições, com isso visando à interoperabilidade dos dados.

Foi criado um ambiente cliente de visualização desses dados, permitindo que a informação geográfica proveniente de diferentes fontes, pudesse ser combinada de forma transparente e partilhada por diversos utilizadores e aplicações;

A maior integração das soluções de Geoprocessamento com os sistemas de gestão pública em geral. A evolução tecnológica tem conduzido diversos segmentos para uma convergência dos sistemas de informação e este caminho também é o mais indicado para administração pública.

Com os bancos de dados geográficos corporativos e o uso amplo da Internet, a geoinformação deixou de ser apenas um problema cartográfico e geográfico para ser também um problema de tecnologia de informação.

7.2 Trabalhos Futuros

Como trabalhos futuros podemos destacar alguns:

Acompanhar os trabalhos do OGC, com o intuito de manter-se sempre atualizado no aparecimento de novos serviços. Como vimos o futuro está na arquitetura baseada em serviços (SOA).

Integrar à arquitetura atual um mecanismo para cadastrar e disponibilizar um catálogo de metadados de todos os dados que estão sendo disponibilizados. Neste sentido, o usuário poderia fazer uma pesquisa no catálogo de metadados e fazer a busca de um dado específico.

Desenvolver um algoritmo de realização de consultas em vários bancos de dados heterogêneos, com a finalidade de fazer consultas articuladas em diversas bases de dados em uma mesma requisição.

Fazer a integração da camada de visualização com o *Google Maps*.

Como esse trabalho incidiu nos dados do Projeto Macro ZeeBrasil, faz-se necessário aumentar o acervo de dados da camada servidora, incluindo dados de outros projetos. Com isso, mais informações ficariam acessíveis para a comunidade poder fazer uso.

APÊNDICE A – STYLED LAYER DESCRIPTION (SLD)

Abaixo o arquivo (Mapa.sld). É neste arquivo que são apresentadas a aparência do mapa em um pedido de *GetMap* ao serviço WMS.

Esse exemplo é do mapa Fronteira Agropecuária 1995 -1996. (1)

Esse arquivo é do tipo polígono. Cada polígono é um registro na tabela.

Cada registro tem suas variáveis com seus valores.

Foi usada a classificação por faixas de valores: (2)

Faixa 1 – os valores variam de 0 a 5

Faixa 2 – os valores variam de 5 a 25

Faixa 3 – os valores variam de 25 a 50

Faixa 4 – os valores variam de 50 a 75

Faixa 5 – os valores variam de 75 a 221

A variável usada para classificação foi a de nome antrope. (3)

Cada faixa recebeu:

Valor para a cor no formato hexadecimal no padrão RGB (*red-green-blue*). (4)

Valor para transparência variando de 0 a 1, sendo 0 = transparente e 1 = opaco. (5)

Valor que define em qual escala a feição pode aparecer (mínimo e máximo). Se o visualizador não estiver na escala permitida a feição automaticamente desaparece e reaparece quando na escala permitida. (6)

A descrição que aparece na legenda. A legenda é composta da cor e dessa descrição. (7)

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1" standalone="yes"?>
<sld:StyledLayerDescriptor version="1.0.0" xmlns:sld="http://www.opengis.net/sld"
xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc" xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink">
  <sld:NamedLayer>
    <sld:Name>Fronteira Agropecuária 1995-1996</sld:Name> → (1)
    <sld:UserStyle>
      <sld:Name>Style1</sld:Name>
      <sld:FeatureTypeStyle>
        <sld:Rule>
          <sld:Name>0 - 5</sld:Name>
          <sld:Title>0 - 5</sld:Title> → (7)
          <ogc:Filter>
            <ogc:PropertyIsBetween>
              <ogc:PropertyName>antrope</ogc:PropertyName> → (3)
```

```

    <ogc:LowerBoundary>
      <ogc:Literal>0</ogc:Literal> → (2)
    </ogc:LowerBoundary>
    <ogc:UpperBoundary>
      <ogc:Literal>5</ogc:Literal> → (2)
    </ogc:UpperBoundary>
  </ogc:PropertyIsBetween>
</ogc:Filter>
<sld:MinScaleDenominator>1</sld:MinScaleDenominator>
<sld:MaxScaleDenominator>15000000</sld:MaxScaleDenominator>
<sld:PolygonSymbolizer>
  <sld:Fill>
    <sld:CssParameter name="fill">#A3F29C</sld:CssParameter> → (4)
    <sld:CssParameter name="fill-opacity">1</sld:CssParameter> → (5)
  </sld:Fill>
</sld:PolygonSymbolizer>
</sld:Rule>
<sld:Rule>
  <sld:Name>5 - 25</sld:Name>
  <sld:Title>5 - 25</sld:Title>
  <ogc:Filter>
    <ogc:PropertyIsBetween>
      <ogc:PropertyName>antropo</ogc:PropertyName>
      <ogc:LowerBoundary>
        <ogc:Literal>5</ogc:Literal>
      </ogc:LowerBoundary>
      <ogc:UpperBoundary>
        <ogc:Literal>25</ogc:Literal>
      </ogc:UpperBoundary>
    </ogc:PropertyIsBetween>
  </ogc:Filter>
  <sld:MinScaleDenominator>1</sld:MinScaleDenominator> → (6)
  <sld:MaxScaleDenominator>15000000</sld:MaxScaleDenominator> → (6)
  <sld:PolygonSymbolizer>
    <sld:Fill>
      <sld:CssParameter name="fill">#DFFDBC</sld:CssParameter>
      <sld:CssParameter name="fill-opacity">1</sld:CssParameter>
    </sld:Fill>
  </sld:PolygonSymbolizer>

```

```

</sld:Rule>
<sld:Rule>
  <sld:Name>25 - 50</sld:Name>
  <sld:Title>25 - 50</sld:Title>
  <ogc:Filter>
    <ogc:PropertyIsBetween>
      <ogc:PropertyName>antropo</ogc:PropertyName>
      <ogc:LowerBoundary>
        <ogc:Literal>25</ogc:Literal>
      </ogc:LowerBoundary>
      <ogc:UpperBoundary>
        <ogc:Literal>50</ogc:Literal>
      </ogc:UpperBoundary>
    </ogc:PropertyIsBetween>
  </ogc:Filter>
  <sld:MinScaleDenominator>1</sld:MinScaleDenominator>
  <sld:MaxScaleDenominator>15000000</sld:MaxScaleDenominator>
  <sld:PolygonSymbolizer>
    <sld:Fill>
      <sld:CssParameter name="fill">#FCECC7</sld:CssParameter>
      <sld:CssParameter name="fill-opacity">1</sld:CssParameter>
    </sld:Fill>
  </sld:PolygonSymbolizer>
</sld:Rule>
<sld:Rule>
  <sld:Name>50 - 75</sld:Name>
  <sld:Title>50 - 75</sld:Title>
  <ogc:Filter>
    <ogc:PropertyIsBetween>
      <ogc:PropertyName>antropo</ogc:PropertyName>
      <ogc:LowerBoundary>
        <ogc:Literal>50</ogc:Literal>
      </ogc:LowerBoundary>
      <ogc:UpperBoundary>
        <ogc:Literal>75</ogc:Literal>
      </ogc:UpperBoundary>
    </ogc:PropertyIsBetween>
  </ogc:Filter>
  <sld:MinScaleDenominator>1</sld:MinScaleDenominator>

```

```

<sld:MaxScaleDenominator>15000000</sld:MaxScaleDenominator>
<sld:PolygonSymbolizer>
  <sld:Fill>
    <sld:CssParameter name="fill">#F8D386</sld:CssParameter>
    <sld:CssParameter name="fill-opacity">1</sld:CssParameter>
  </sld:Fill>
</sld:PolygonSymbolizer>
</sld:Rule>
<sld:Rule>
  <sld:Name>75 - 221</sld:Name>
  <sld:Title>75 - 221</sld:Title>
  <ogc:Filter>
    <ogc:PropertyIsBetween>
      <ogc:PropertyName>antropo</ogc:PropertyName>
      <ogc:LowerBoundary>
        <ogc:Literal>75</ogc:Literal>
      </ogc:LowerBoundary>
      <ogc:UpperBoundary>
        <ogc:Literal>221</ogc:Literal>
      </ogc:UpperBoundary>
    </ogc:PropertyIsBetween>
  </ogc:Filter>
  <sld:MinScaleDenominator>1</sld:MinScaleDenominator>
  <sld:MaxScaleDenominator>15000000</sld:MaxScaleDenominator>
  <sld:PolygonSymbolizer>
    <sld:Fill>
      <sld:CssParameter name="fill">#FAA058</sld:CssParameter>
      <sld:CssParameter name="fill-opacity">1</sld:CssParameter>
    </sld:Fill>
  </sld:PolygonSymbolizer>
</sld:Rule>
</sld:FeatureTypeStyle>
</sld:UserStyle>
</sld:NamedLayer>
</sld:StyledLayerDescriptor>

```

APÊNDICE B – RELAÇÃO DE TEMAS, SUBTEMAS E MAPAS

Físico

Hidrografia

- Queda d'água
- Cabo e ponta
- Terreno sujeito à inundaçã
- Salar
- Rio permanente
- Rio intermitente
- Ilha
- Plataforma continental
- Massa d'água
- Lago, lagoa e baía
- Reservatórios
- Barragem
- Açude
- Canal
- Represa

Altimetria

- Ponto extremo
- Ponto culminante
- Serra
- Hipsometria 0 até 99 m
- Hipsometria 100 até 199 m
- Hipsometria 200 até 499 m
- Hipsometria 500 até 799 m
- Hipsometria 800 até 1199 m
- Hipsometria 1200 até 1799 m
- Hipsometria 1800 até 3014 m
- Hipsométrico

Político

Divisão político-administrativa

Brasil

- Político 2000
- Municípios criados em 2001
- Município 1997 - 2000
- Municípios 1994
- Municípios 1991
- Municípios criados de 1990 a 2001
- Distrito 2000
- Subdistrito 2000
- Microrregião 1989
- Mesorregião 1989
- Bandeira

Região

- Norte
- Nordeste
- Centro-Oeste
- Sudeste
- Sul

- Unidade da Federação
 - Acre
 - Alagoas
 - Amapá
 - Amazonas
 - Bahia
 - Ceará
 - Espírito Santo
 - Goiás
 - Maranhão
 - Mato Grosso
 - Mato Grosso do Sul
 - Minas Gerais
 - Pará
 - Paraíba
 - Pernambuco
 - Piauí
 - Paraná
 - Rio de Janeiro
 - Rio Grande do Norte
 - Rio Grande do Sul
 - Rondônia
 - Roraima
 - Santa Catarina
 - Sergipe
 - São Paulo
 - Tocantins
 - Distrito Federal
- Núcleo urbano
 - Capital nacional
 - Capital estadual
 - Vila
 - Povoado
 - Outras localidades
 - Cidades
- Região Metropolitana
 - Região Norte
 - Região Nordeste
 - Região Sudeste
 - Região Sul
 - Região Centro-Oeste
- Divisão regional
 - Mesorregião e Microrregião Geográfica 1990
 - Zonas fisiográficas 1960
- Espaços institucionalizados
 - Unidades de conservação 2003
 - Faixa de fronteira
 - Terras indígenas 2003
 - Comitês de bacias 2003
- Recursos Naturais e Meio Ambiente
 - Geologia
 - Esboço geológico 2001

- Estruturas 2001
- Jazimentos minerais 2001
- Relevo
 - Unidades de relevo
- Clima
 - Unidades climáticas 2002
- Solo
 - Principais tipos solos 2003
 - Potencialidade agrícola 2003
- Recurso hídrico
 - Bacias hidrográficas do Brasil - IBGE - 2000
 - Águas subterrâneas
 - Divisão Hidrográfica Nacional - ANA - 2002
 - Nordeste hidroquímica dos mananciais subterrâneos
 - Nordeste hidroquímica dos mananciais de superfície
 - Estações Pluviométricas e Fluviométricas
 - Dados de vazão 1990 - 2000
 - Reservatórios 2002
- Vegetação
 - Cobertura primitiva
 - Cobertura atual
 - Bioma 2003
- Fauna
 - Mamíferos, Répteis e Anfíbios - extintos e criticamente em perigo de extinção 2003
 - Mamíferos, Répteis e Anfíbios - em perigo de extinção 2003
 - Mamíferos, Répteis e Anfíbios - vulneráveis 2003
 - Aves - Espécies extintas e criticamente 2003
 - Aves - Espécies em perigo de extinção 2003
 - Aves - Espécies vulneráveis 2003
 - Insetos e outros Invertebrados - Espécies extintas e criticamente 2003
 - Insetos e outros Invertebrados - Espécies em perigo de extinção 2003
 - Insetos e outros Invertebrados - Espécies vulneráveis 2003
 - Peixes cartilagosos do Brasil - tubarões e quimeras 2003
 - Peixes cartilagosos do Brasil - peixes-serra e raias 2003
- Amazônia
 - Rebanho bovino e extração de madeira 2001
 - Formas de apropriação das terras 2001
- Queimada
 - Queimada e incêndio florestal 2002
 - Desmatamento 2005
 - Amapá
 - Acre
 - Amazonas
 - Maranhão
 - Mato Grosso
 - Pará
 - Roraima
 - Tocantins
 - Rondônia
- Indicadores de sustentabilidade
 - Poluentes 2002
 - Agrotóxicos 2002

- Uso da terra 2002
- Densidade de focos de calor 2002
- Desertificação
- Pescado 2001
- Área costeira
 - População Residente
 - Densidade da população
- Terras indígenas 2000
- Meio ambiente na visão dos municípios
 - Agenda 21 local - Brasil 2002
 - Alteração ambiental e condições de vida - Brasil 2002
 - Assoreamento e poluição de corpos d'água - 2002
 - Problemas ambientais
 - Poluição do ar - 2002
 - Pesca predatória 2002
 - Escassez de água - 2002
 - Utilização de agrotóxicos
 - Postos de recebimento de embalagens vazias
 - Taxa de postos de recebimento de embalagens 2002
 - Gestão de recursos
 - Florestais 2002
 - Hídrico 2002
 - Unidades de Conservação municipais
 - Poluição da água e do solo por agrotóxico e fertilizante 2002
- Demografia
 - Dinâmica espacial
 - Densidade demográfica 2000
 - Distribuição da população rural 2000
 - População total segundo bacia hidrográfica 2000
 - População por bacia hidrográfica 2000
 - População das sedes por bacia hidrográfica 2000
 - Densidade demográfica por sub-bacia 2000
 - Número médio de pessoas 2000
 - População urbana 1950
 - População urbana 1970
 - População urbana 1991
 - População urbana 2000
 - População rural 1950
 - População rural 1970
 - População rural 1991
 - População rural 2000
 - População rural e urbana 2000
 - Crescimento populacional 1991 - 2000
 - Migrantes 2000
 - Saldo migratório 1986 - 1991
 - Saldo migratório 1991 - 1996
 - Saldo migratório 1996 - 2000
 - Principais fluxos migratórios 1996 - 2000
 - Peso do migrante rural na população urbana 2000
 - Diversidade sócio-cultural
 - População não-natural
 - Municípios com população migrantes acima de 5000

- Estrutura Etária
 - População 65 anos e mais 1980 - 2000
 - Razão de dependência 2000
- Característica da população
 - Razão de sexo 2000
 - População - Cor ou raça-branca 2000
 - População - Cor ou raça-preta 2000
 - População - Cor ou raça-parda 2000
 - População - Cor ou raça-indígena 2000
 - Religião - Católica Apostólica Romana
 - Religião - Evangélica de Missão
 - Religião - Evangélica Pentecostal
 - Religião - Outras Evangélicas
 - Religião - Espírita
 - Religião - Umbanda e Candomblé
 - Religião - Outras religiosidades
 - Religião - Sem religião
 - Quilombolas 2003
- Urbanização
 - Escalas do urbano
 - Tamanho das sedes municipais 50.000 a 99.999 hab.
 - Tamanho das sedes municipais 100.000 a 499.999 hab.
 - Tamanho das sedes municipais 500.000 e mais
 - População urbana 2000
 - Urbanização do Território
 - Grau de urbanização 2000
 - Tipologia dos municípios brasileiros 2000
 - Adensamentos urbanos 2000
 - Urbanização e erosão 2000
 - Grandes concentrações urbanas
 - Limite das Regiões Metropolitanas 2000
 - Fluxos de deslocamento para trabalho ou estudo 2000
 - Saldo de deslocamento trabalho ou estudo 2000
 - Adensamento da população 2000
 - Intra-Urbano 2000
 - Articulação do sistema urbano
 - Sistemas urbanos 1993
 - Hierarquia urbana 1993
 - Rendimento e acesso a bens duráveis
 - Rendimento médio mensal 2000
 - Índice de GINI 2000
 - Família com rendimento inferior a 1/2 salário mínimo 2000
 - Família com rendimento superior a 3 salários mínimo 2000
 - Rendimento mediano mensal - feminino 2000
 - Rendimento mediano mensal - masculino 2000
 - Rendimento mediano mensal - Católica 2000
 - Rendimento mediano mensal - Evangélica de Missão 2000
 - Rendimento mediano mensal - Evangélica Pentecostal 2000
 - Rendimento mediano mensal - Outras Evangélicas 2000
 - Rendimento mediano mensal - Espírita 2000
 - Rendimento mediano mensal - Umbanda e Candomblé 2000
 - Rendimento mediano mensal - Outras religiosidades 2000

Rendimento mediano mensal - Sem religião 2000
 Rendimento mediano mensal - menos 1 ano de estudo 2000
 Rendimento mediano mensal - de 1 a 3 anos de estudo 2000
 Rendimento mediano mensal - de 4 a 7 anos de estudo 2000
 Rendimento mediano mensal - de 8 a 10 anos de estudo 2000
 Rendimento mediano mensal - de 11 a 14 anos de estudo 2000
 Rendimento mediano mensal - de 15 ou mais anos de estudo 2000
 Bens duráveis - automóvel 2000
 Bens duráveis - geladeira ou freezer 2000
 Bens duráveis - máquina de lavar 2000
 Bens duráveis - rádio 2000
 Bens duráveis - linha telefônica 2000
 Bens duráveis - televisão 2000
 Bens duráveis - videocassete 2000
 Bens duráveis - forno de microondas 2000
 Bens duráveis - microcomputadores 2000
 Desigualdades Sociais
 Domicílios com baixo rendimento 2000
 Domicílios com baixo rendimento e crianças de 0 a 15 anos 2000
 Domicílios com baixo rendimento e jovem de 16 a 24 anos 2000
 Domicílios com baixo rendimento e saneamento precário 2000
 Domicílios com baixo rendimento e responsável analfabeto funcional 2000
 Domicílios com saneamento precário e responsável analfabeto funcional 2000
 Saneamento Básico
 Água
 Abastecimento de água
 Situação 1991
 Situação 1980
 População atendida 2000
 Rede geral 2000
 Poço ou nascente 2000
 Outra forma 2000
 Municípios
 Com serviço 2000
 Sem serviço 2000
 Com todos os serviços 2000
 Abrangência da rede
 Municípios até 20.000 hab. 2000
 Municípios mais de 20.000 hab. a 100.000 hab. 2000
 Municípios mais de 100.000 hab. a 500.000 hab. 2000
 Municípios mais de 500.000 hab. 2000
 Residências abastecidas 2000
 Volume distribuído
 Municípios até 20.000 hab. 2000
 Municípios mais de 20.000 hab. a 100.000 hab. 2000
 Municípios mais de 100.000 hab. a 5100.000 hab. 2000
 Municípios com mais de 500.000 hab. 2000
 Água distribuída
 Municípios com maior volume de água 1989
 Municípios com maior volume de água 2000
 No município 2000
 para outros municípios 2000

Soluções alternativas de abastecimento 2000

Extensão da rede

Municípios com até 20.000 hab. 2000

Municípios com mais de 20.000 a 100.000 hab. 2000

Municípios com mais de 100.000 a 500.000 hab. 2000

Municípios com mais de 500.000 hab. 2000

Volume diário per capita 2000

Tratamento de água

Municípios com até 20.000 hab. 2000

Municípios com mais de 20.000 a 100.000 hab. 2000

Municípios com mais de 100.000 a 500.000 hab. 2000

Municípios com mais de 500.000 hab. 2000

Água tratada

Municípios com até 20.000 hab. 2000

Municípios com mais de 20.000 a 100.000 hab. 2000

Municípios com mais de 100.000 a 500.000 hab. 2000

Municípios com mais de 500.000 hab. 2000

Tratamento de água 2000

Análise na captação superficial

Análise bacteriológica 2000

Análise físico-química 2000

Substâncias químicas orgânicas 2000

Substâncias químicas inorgânicas 2000

Indicadores de poluição 2000

Poluição na captação 2000

Ações de prevenção 2000

Racionamento de água 2000

Causa de racionamento 2000

Estiagem 2000

Problema nos reservatórios 2000

Capacidade de tratamento insuficiente 2000

Veraneio e população flutuante 2000

Perdas faturadas 2000

Municípios com até 20.000 hab. 2000

Municípios com mais de 20.000 a 100.000 hab. 2000

Municípios com mais de 100.000 a 500.000 hab. 2000

Municípios com mais de 500.000 hab. 2000

Tipos de captação de água

Esfera de competência administrativa

Terceirização de mão de obra

Abastecimento de água 2000

Abastecimento de água e esgotamento sanitário 2000

Relação entidade-comunidade

Movimento reivindicatório 2000

Atendimento ao público 2000

Associação de moradores 2000

Bacia hidrográfica

Distribuição dos serviços de saneamento 2000

Água distribuída 2000

Tratamento de água 2000

Volume de água e esgoto 2000

Adequação de moradia 2000

- Uso múltiplo 2000
- Esgoto Sanitário
 - Esgotamento sanitário
 - Situação 1991
 - População atendida 2000
 - Por bacia hidrográfica 2000
 - Rede geral 2000
 - Fossa séptica 2000
 - Fossa rudimentar 2000
 - Vala, rio, lago ou mar 2000
 - Municípios
 - Com serviço 2000
 - Sem serviço 2000
 - Economia
 - Esgotada 2000
 - Residencial 2000
 - Acesso a rede de esgotamento sanitário 2000
 - Solução alternativa para o esgotamento sanitário 2000
 - Volume coletado
 - Municípios com até 20.000 hab. 2000
 - Municípios com mais de 20.000 a 100.000 hab. 2000
 - Municípios com mais de 100.000 a 500.000 hab. 2000
 - Municípios com mais de 500.000 hab. 2000
 - Extensão da rede
 - Municípios com até 20.000 hab. 2000
 - Municípios com mais de 20.000 a 100.000 hab. 2000
 - Municípios com mais de 100.000 a 500.000 hab. 2000
 - Municípios com mais de 500.000 hab. 2000
 - Áreas com potencial impacto poluidor 2000
 - Volume tratado 2000
 - Insuficiência no sistema de tratamento 2000
 - Tratamento de esgoto
 - Tratamento 2000
 - Até 100.000 hab. 2000
 - Acima de 100.000 hab. 2000
 - Melhoria na rede
 - Ampliação na rede 2000
 - Tratamento complementar 2000
 - Tratamento do lodo 2000
 - Esfera de competência administrativa 2000
 - Terceirização de mão de obra - esgotamento sanitário 2000
 - Relação entidade-comunidade
 - Movimento reivindicatório 2000
 - Atendimento ao público 2000
 - Associação de moradores 2000
 - Serviços de saneamento segundo Bacia hidrográfica 2000
- Lixo
 - Coleta de lixo
 - Situação 1991
 - Domicílios atendidos 2000
 - Queimado 2000
 - Jogado terreno baldio 2000

- Enterrado 2000
- Jogado em rio, lago ou mar 2000
- Municípios
 - Com serviço 2000
 - Sem serviço 2000
- Abrangência do serviço de coleta de lixo domiciliar 2000
- Quantidade diária de lixo coletado 2000
- Frequência de coleta
 - Nos domicílios 2000
 - Nas favelas 2000
 - Nas vias e logradouros 2000
 - No comércio 2000
 - Na indústria 2000
 - Lixo séptico 2000
- Coleta seletiva
 - Municípios sem coleta seletiva 2000
 - Municípios com coleta seletiva 2000
 - Área de abrangência 2000
 - Campanha e participação 2000
 - Lixo séptico 2000
- Tratamento do lixo séptico 2000
- Aterro Sanitário - Destino do lixo coletado
- Disposição do lixo final
 - Dentro do perímetro urbano 2000
 - Fora do perímetro urbano 2000
- Lixão
 - Municípios com até 20.000 hab. 2000
 - Municípios com mais de 20.000 a 100.000 hab. 2000
 - Municípios com mais de 100.000 a 500.000 hab. 2000
 - Municípios com mais de 500.000 hab. 2000
- Destino do lixo séptico
 - Mesmo local dos demais 2000
 - Aterro de resíduos especiais 2000
- Esfera de competência administrativa
- Terceirização de mão de obra
- Relação entidade-comunidade
 - Movimento reivindicatório 2000
 - Atendimento ao público 2000
- Distribuição dos serviços de saneamento segundo bacia hidrográfica 2000
- Drenagem
 - Municípios
 - Com serviço 2000
 - Sem serviço 2000
 - Extensão
 - Microdrenagem 2000
 - Macrodrenagem 2000
 - Extensão da rede
 - Municípios com até 20.000 hab. 2000
 - Municípios com mais de 20.000 a 100.000 hab. 2000
 - Municípios com mais de 100.000 a 500.000 hab. 2000
 - Municípios com mais de 500.000 hab. 2000
 - Manutenção do sistema

- Municípios com até 20.000 hab. 2000
- Municípios com mais de 20.000 a 100.000 hab. 2000
- Municípios com mais de 100.000 a 500.000 hab. 2000
- Municípios com mais 500.000 hab. 2000
- Informações pluviométricas/metereológicas 2000
- Pontos de lançamento
 - Cursos d'água 2000
 - Reservatórios de acumulação ou detenção 2000
 - Áreas livres, públicas ou particulares 2000
- Drenagem urbana e grau de urbanização 2000
- Ocorrência de inundação ou enchente 1998/2000
- Inundação segundo unidades da federação
 - Área inundada 2000
 - Municípios afetados (valor absoluto) 2000
 - Municípios afetados (%) 2000
- Fatores agravantes na inundação
 - Adensamento populacional 2000
 - Dimensionamento inadequado de projeto 2000
 - Obras inadequadas 2000
 - Lençol freático alto 2000
 - Interferência física no sistema de drenagem 2000
 - Obstrução de bueiros, bocas de lobo etc. 2000
- Inundação e pavimentação 1998/2000
- Inundação e assoreamento da rede de drenagem 1998/2000
- Erosão urbana e densidade populacional 2000
- Fatores agravantes da erosão urbana
 - Geológicas e morfológicas do terreno 2000
 - Desmatamento 2000
 - Ocupação intensa e desordenada do solo 2000
 - Sistema inadequado de drenagem 2000
- Tipos de erosão no perímetro urbano
 - Erosão laminar 2000
 - Ravimento 2000
 - Erosão de taludes 2000
 - Erosão de leito natural 2000
- Áreas de risco
 - Processos erosivos 2000
 - Deslizamentos 2000
 - Inundações 2000
 - Sem saneamento 2000
- Terceirização de mão de obra - drenagem urbana 2000
- Legislação municipal - na drenagem urbana 2000
- Distribuição dos serviços de saneamento segundo Bacia hidrográfica 2000
- Indústria e Serviços
 - Emprego
 - Taxa de atividade 2000
 - Pessoas com emprego registrado 2000
 - Emprego industrial 1985
 - Emprego industrial 1996
 - Emprego industrial 1999
 - Agroindústria 1985
 - Agroindústria 1999

Têxtil, vestuário e calçados 1985
Têxtil, vestuário e calçados 1999
Química 1985
Química 1999
Metalúrgica 1985
Metalúrgica 1999
Madeira e mobiliário 1985
Madeira e mobiliário 1999
Papel e gráfica 1985
Papel e gráfica 1999
Equipamentos industriais 1985
Equipamentos industriais 1999
Eletroeletrônica 1985
Eletroeletrônica 1999
Minerais não-metálicos 1985
Minerais não-metálicos 1999
Material de transporte 1985
Material de transporte 1999
Espaço industrial
 Agroindústria 1999
 Têxtil, vestuário e calçados 1999
 Química 1999
 Metalúrgica 1999
 Madeira e mobiliário 1999
 Papel e gráfica 1999
 Minerais não-metálicos 1999
 Material de transporte 1999
Agroindústria
 Óleos vegetais - soja 1996
 Óleos vegetais - milho 1996
 Óleos vegetais - algodão 1996
 Açúcar e álcool 1996
 Café 1996
 Pecuária e derivados 1996
 Abate e preparação de aves 1996
 Arroz 1996
 Fumo 1996
 Madeira 1996
 Papel 1996
Poluição industrial
 Água - DBO 1999
 Água - STS 1999
 Ar - particulados totais 1999
 Ar - dióxido de nitrogênio 1999
Sistema bancário
 Rede bancária 2001
 Concentração de recursos 2001
Turismo
 Tipologia dos municípios turísticos
 Movimento de passageiros em aeroportos 2001
Economia regional
 PIB e composição do valor adicionado por atividade 2001

- Produto interno bruto per capita 2001
- Produto interno bruto municipal 2002
- Perfil produto interno bruto municipal 2002
- Agropecuária
 - Ocupação da terra
 - Grau de ocupação
 - Dinâmica da fronteira agropecuária
 - Distribuição da soja
 - Grau de ociosidade das terras
 - Fronteira agropecuária 1995-1996
 - Estrutura fundiária
 - Concentração da terra 1995 - 1996
 - Menos de 10 ha 1995 - 1996
 - 10 a menos de 100 ha 1995 - 1996
 - 100 a menos de 200 ha 1995 - 1996
 - 200 a menos de 500 ha 1995 - 1996
 - 500 a menos de 2000 ha 1995 - 1996
 - 2000 e mais ha 1995 - 1996
 - Distribuição espacial das grandes propriedade 1995-1996
 - Condição do produtor rural
 - Ocupante 1995 - 1996
 - Arrendatário 1995 - 1996
 - Pessoal ocupado na agropecuária
 - Mão-de-obra temporária 1995 - 1996
 - Mão-de-obra permanente 1995 - 1996
 - Mão-de-obra familiar 1995 - 1996
 - Menor de 14 anos 1995 - 1996
 - Uso da terra
 - Lavouras permanentes 1995 - 1996
 - Lavouras temporárias 1995 - 1996
 - Matas plantadas 1995 - 1996
 - Pastagens naturais 1995 - 1996
 - Pastagens plantadas 1995 - 1996
 - Terras ociosas 1995 - 1996
 - Padrões espaciais de uso da terra
 - Lavoura temporária
 - Arroz 1990
 - Arroz 1995
 - Arroz 2001
 - Arroz 2004
 - Feijão 1990
 - Feijão 1995
 - Feijão 2001
 - Feijão 2004
 - Milho 1990
 - Milho 1995
 - Milho 2001
 - Milho 2004
 - Algodão herbáceo 1990
 - Algodão herbáceo 1995
 - Algodão herbáceo 2001
 - Algodão herbáceo 2004

Cana-de-açúcar 1990
Cana-de-açúcar 1995
Cana-de-açúcar 2001
Cana-de-açúcar 2004
Atividade canavieira por bioma 2005
Soja 1975
Soja 1980
Soja 1990
Soja 1995
Soja 2001
Soja 2004
Soja por bioma 2005
Lavoura permanente
Café 1975
Café 1980
Café 1990
Café 1995
Café 2001
Café 2004
Laranja 1990
Laranja 1995
Laranja 2001
Laranja 2004
Fruticultura
Abacaxi 1995
Abacaxi 2001
Abacaxi 2004
Banana 1995
Banana 2001
Banana 2004
Maracujá 1995
Maracujá 2001
Maracujá 2004
Coco-da-baía 1995
Coco-da-baía 2001
Coco-da-baía 2004
Melancia 1995
Melancia 2001
Melancia 2004
Mamão 1995
Mamão 2001
Mamão 2004
Uva 1995
Uva 2001
Uva 2004
Maçã 1995
Maçã 2001
Maçã 2004
Melão 1995
Melão 2001
Melão 2004
Produção extrativa vegetal

Babaçu 1990
Babaçu 1995
Babaçu 2001
Babaçu 2004
Castanha-do-pará 1990
Castanha-do-pará 1995
Castanha-do-pará 2001
Castanha-do-pará 2004
Borracha coagulada 1990
Borracha coagulada 1995
Borracha coagulada 2001
Borracha coagulada 2004
Erva-mate 1990
Erva-mate 1995
Erva-mate 2001
Erva-mate 2004
Lenha 1990
Lenha 1995
Lenha 2001
Lenha 2004
Madeira em tora 1990
Madeira em tora 1995
Madeira em tora 2001
Madeira em tora 2004
Produção animal
Efetivo bovino 1990
Efetivo bovino 1995
Efetivo bovino 2001
Efetivo bovino 2004
Grande porte 1995 - 1996
Evolução do rebanho bovino
Evolução do rebanho avícola
Efetivo avícola 1990
Efetivo avícola 1995
Efetivo avícola 2001
Efetivo avícola 2004
Evolução do rebanho suíno
Efetivo suíno 1990
Efetivo suíno 1995
Efetivo suíno 2001
Efetivo suíno 2004
Efetivo equíno 2004
Silvicultura
Lenha 2004
Madeira em tora 2004
Modernização do campo
Mecanização 1995 - 1996
Número de tratores 1975
Número de tratores 1995 - 1996
Adubos e corretivos 1995 - 1996
Fertilizantes 2002
Agrotóxicos 2000

Pragas e doenças 1995 - 1996
Eletrificação rural 1995 - 1996
Armazenagem 2003
Modernização 1995 - 1996
Abate 2003

Assentamentos rurais e conflitos no campo

Famílias assentadas 1985-1989
Famílias assentadas 1990-1994
Famílias assentadas 1995-1999
Assassinatos no campo 1985-1989
Assassinatos no campo 1990-1994
Assassinatos no campo 1995-2000

Saúde

Mortalidade

Infantil 1991
Infantil 2000
Óbitos por diarreia - menos de 5 anos 2000
Óbitos por diarreia - 80 anos e mais 2000
Óbitos por diarreia por faixa etária 2000
Aparelho circulatório 2000
Neoplasia 2000
Aparelho respiratório 2000
Causas externas 2000
Acidentes de trânsito 2000
Homicídios 2000

Deficiência

População portadora de deficiência 2000

Endemia

Malária 2000
Dengue 2000
Tuberculose 2000
Leishmaniose 2000
Hanseníase 2000
Aids 2000
Leptospirose 2000
Febre tifóide 2000
Febre amarela 2000
Hepatite A 2000

Infra-estrutura

Centros com serviços de saúde - até 50 leitos 2001
Centros com serviços de saúde - 51 a 100 leitos 2001
Centros com serviços de saúde - 101 a 200 leitos 2001
Centros com serviços de saúde - 201 a 500 leitos 2001
Centros com serviços de saúde - 501 a 1000 leitos 2001
Centros com serviços de saúde - mais de 1 000 leitos 2001

Educação

Alfabetização

Taxa de alfabetização das pessoas de 10 anos de idade ou mais 2000
Taxa de analfabetismo das pessoas de 15 anos ou mais 2000

Escolarização

Crianças fora da escola
Média de anos de estudo

- Média de anos de estudo - cor ou raça - amarela
- Média de anos de estudo - cor ou raça - branca
- Média de anos de estudo - cor ou raça - parda
- Média de anos de estudo - cor ou raça - preta
- Ensino superior
 - População adulta com ensino superior
 - População adulta com ensino fundamental
- Infra-estrutura
 - Estabelecimentos de ensino com sala única 1998
- Infra-Estrutura
 - Rede geodésica/Mapeamento de referência
 - Rede planimétrica clássica 2003
 - Rede altimétrica 2003
 - Rede gravimétrica 2003
 - Geodésia a satélite - estações Doppler 2003
 - Geodésia a satélite - estações GPS 2003
 - RBMC- Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo 2003
 - Mapa geoidal 2003
 - Rede Maregráfica Permanente para Geodésia 2003
 - Mapeamento sistemático 2003
 - Cartas 1: 25.000
 - Cartas 1 : 50.000
 - Cartas 1 : 100.000
 - Cartas 1 : 250.000
 - Cartas 1 : 1.000.000
 - Sistema de transporte
 - Rede ferroviária 1854 - 1910
 - Rede ferroviária 1911 - 1964
 - Rede ferroviária 1965 - 1985
 - Rede ferroviária 1999
 - Rede rodoviária 1973
 - Rede rodoviária 1980
 - Rede rodoviária 1991
 - Rede rodoviária - pavimentada 1997
 - Rede rodoviária - em pavimentação 1997
 - Rede rodoviária - sem pavimentação 1997
 - Hidrovia com representação 2000
 - Hidrovia sem representação 2000
 - Movimentação de carga 2000
 - Terminal 2000
 - Porto 2000
 - Fluxos aéreos - primeira ligação 1998
 - Fluxos aéreos - segunda ligação 1998
 - Fluxos aéreos - terceira ligação 1998
 - Fluxos aéreos - quarta ligação 1998
 - Aeroporto nacional 2000
 - Aeroporto internacional 2000
 - Auto-estrada
 - Outras estradas
 - Matriz tráfego aéreo
 - Infra-estrutura de transportes 2005
 - Sistema energético

- Conduto tubulação 2000
- Usina nuclear 2000
- Usina térmica - combustível 2000
- Usina térmica - diesel 2000
- Carvão 2000
- Coque petróleo 2000
- Gás natural 2000
- Usina hidrelétrica em construção 2000
- Usina hidrelétrica em operação 2000
- Subestação 2000
- Linha de transmissão 2000
- Bioenergia
 - Logística da energia
 - Áreas de concentração de carvão vegetal - extrativismo 2006
 - Áreas de concentração de carvão florestas plantadas
 - Áreas de concentração de produção de soja
 - Áreas de concentração de lenha-extrativismo
 - Áreas de concentração de lenha - florestas plantadas
 - Áreas de concentração de produção de cana-de-açúcar
 - Áreas de concentração de produção de mamona
 - Áreas de concentração de dendê
 - Áreas de concentração de girassol
 - Produção de energia elétrica biomassa de cana-de-açúcar 2005
- Rede informacional
 - Telefonia fixa 2000
 - Telefonia móvel celular 2000
 - Internet 1991
 - Internet 1999
 - Internet 2000
 - Provedores de internet 2001
 - Televisão a cabo 2001
 - Estações de rádio AM 2001
 - Estações de rádio FM 2001
 - Emissoras, repetidoras e afiliadas 2001
 - Rede de televisão GLoBo 2001
 - Rede de televisão SBT 2001
 - Rede de televisão Bandeirantes 2001
 - Rede de televisão Record 2001
 - Rede de televisão Manchete 2001
 - Rede de televisão Educativa / Cultura 2001
 - Rede de televisão CNT 2001
- Capacidade institucional local
 - Conselho municipal de cultura
 - Política municipal de cultura
 - Órgão gestor de cultura nos municípios
 - Projeto de implementação de turismo cultural
 - Consórcios intermunicipais
 - Consórcios municipais de saúde
 - Consórcios municipais de turismo
 - Consórcios municipais de meio ambiente
 - Consórcios municipais de promoção de desenvolvimento econômico
 - Municípios que participam de Comitê Bacia Hidrográfica

Plano de inclusão digital

Lei orgânica, plano estratégico e instrumento de planejamento social

Ação judicial em terras de comunidades remanescentes de quilombos

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- [1] Ministério do Meio Ambiente - Zoneamento Ecológico-Econômico
Disponível em: <http://www.mma.gov.br/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=28>.
Acesso em: 5 junho 2007.
- [2] MapObjects LT - Active X Mapping Control
Disponível em: <http://www.esri.com/software/mapobjects/lt/index.html>.
Acesso em: 10 de julho de 2007.
- [4] MURRAY, C. **Oracle Spatial Developer's Guide, 11g Release 1 (11.1) B28400-02** Copyright © 1999, 2007, Oracle. All rights reserved.
Disponível em:
http://download.oracle.com/docs/cd/B28359_01/appdev.111/b28400.pdf.
Acesso em: 15 de dezembro de 2007
- [5] DB2 Versão 9.5 para Linux, UNIX e Windows - Guia do Usuário e Referência do Spatial Extender e do Geodetic Data Management Feature Versão 9 Release 5 (2007).
Disponível em:
ftp://ftp.software.ibm.com/ps/products/db2/info/vr95/pdf/es_ES/db2sbz950.pdf.
Acesso em: 15 de dezembro de 2007.
- [6] IBM Informix - Spatial DataBlade Module User's Guide Version 8.21 (2007).
Disponível em: <http://publibfp.boulder.ibm.com/epubs/pdf/22964050.pdf> .
Acesso em: 18 de dezembro de 2007.
- [7] PostgreSQL
Disponível em: <http://www.postgresql.org/>
Acesso em: 25 de Outubro de 2006
- [8] RAMSEY, P. **PostGIS Manual**. 2002.
Disponível em: <http://postgis.refractor.net/docs/postgis.pdf>
Acesso em: 15 de setembro de 2007.

- [9] DAVIS JR, Clodoveu Augusto; ALVES, Leonardo Lacerda. **Infra-Estruturas de Dados Espaciais: Potencial Para Uso Local**. 2006. (Revista IP Ano8 N1). p. 65 – 80. Disponível em: http://www.ip.pbh.gov.br/ANO8_N1_PDF/ANO8N1_Clodoveu.pdf
Acesso em: 20 de setembro de 2007.
- [10] INSPIRE Architecture and Standards Working Group (2002). INSPIRE Architecture and Standards - Position Paper. Brussels, Commission of the European Communities. Disponível em:
http://www.ec-gis.org/inspire/reports/position_papers/inspire_ast_pp_v4_3_en.pdf
Acesso em: 15 de dezembro de 2007.
- [11] AZEVEDO, L.H.A. **Introdução a Geomática**. Rio de Janeiro, 2005.
Material didático do Programa de Pós-graduação em Computação, ênfase Geomática, Universidade do Estado do Rio de Janeiro.
- [12] FONSECA, F. T.; EGENHOFER, M. J. **Sistemas de Informação Geográficos Baseados em Ontologias**. Belo Horizonte: Informática Pública v.1, n.2, dez. 1999. Disponível em: http://www.ip.pbh.gov.br/ANO1_N2_PDF/ip0102fonseca.pdf.
Acesso em: 21 de junho de 2007.
- [13] AutoDesk.
Disponível em: <http://www.autodesk.com.br/>
Acesso em: 21 de junho de 2007.
- [14] Open Geospatial Consortium (OGC).
Disponível em: <http://www.opengeospatial.org/>.
Acesso em: 21 de junho de 2007.
- [15] World Wide Web Consortium (W3C)
Disponível em: <http://www.w3.org/>
Acesso em: 15 de outubro de 2006
- [16] HEXSEL, Roberto. **Propostas de Ações de Governo para Incentivar o Uso de Software Livre**. Curitiba: Relatório Técnico do Departamento de Informática da UFPR. 2002

Disponível em: http://www.inf.ufpr.br/info/techrep/RT_DINF004_2002.pdf

Acesso em: 15 de dezembro de 2007.

- [17] World Wide Web Consortium (W3C) - Technology

Disponível em: <http://www.w3.org/Consortium/technology>

Acesso em: 15 de outubro de 2006

- [18] ISO/IEC JTC1 SC36 WG4 N0070 (2004) Information technology — Learning, education, and training — Management and delivery — Specification and use of extensions and profiles - Technical Report

Disponível em: <http://JTC1SC36.org/doc/36N0646.pdf>.

Acesso em: 15 de outubro de 2006

- [19] Free Software Foundation.

Disponível em: <http://www.fsf.org/licensing/essays/free-sw.html>

Acesso em: 15 de outubro de 2006

- [20] BOOTH, D.; HAAS, H.; MCCABE, F.; NEWCOMER, E.; CHAMPION, M.; FERRIS, C.; ORCHARD, D. (ed). **Web Services Architecture W3C Working Group Note**. 11 February 2004.

Disponível em: http://www.w3.org/TR/ws-arch/#concepts_and_relationships.

Acesso em: 15 de outubro de 2006

- [21] A IBM e Web Services

Disponível em: <http://www-306.ibm.com/software/br/info/features/futureenterprise/>

Acesso em 30 de outubro de 2007.

- [22] GUDGIN, M., HADLEY, M., MENDELSON, N., MOREAU, J., NIELSEN, H., KARMARKAR, A., LAFON, Y. (ed). **SOAP Version 1.2 Part 1: Messaging Framework (Second Edition). W3C Recommendation**. 27 April 2007

Disponível em: <http://www.w3.org/TR/soap12-part1/#intro>

Acesso em: 15 de outubro de 2006

- [23] BEAUJARDIERE, J. (ed.) **OpenGIS® Web Map Service (WMS) Implementation Specification**. 2006

Disponível em: <http://www.opengeospatial.org/standards/wms#overview>

Acesso em: 15 de outubro de 2006.

- [24] VRETANOS, P. A. (ed.) **OpenGIS® Web Feature Service (WFS) Implementation Specification.**

Disponível em: <http://www.opengeospatial.org/standards/wfs#overview>

Acesso em: 15 de outubro de 2006.

- [25] QUEIROZ, Gilberto; XAVIER, Emerson; OLIVEIRA, Vanessa; CRUZ, Sérgio. **OGC Web Services.** São José dos Campos: INPE. 7 de agosto de 2007.

Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/twsg/apresentacoes>

Acesso em: 15 de outubro de 2007.

- [26] SMITS, P. (ed.). **INSPIRE Architecture And Standards Position Paper, Architecture and Standards Working Group.** 2002.

Disponível em:

http://inspire.jrc.it/reports/position_papers/inspire_ast_pp_v4_3_en.pdf

Acesso em: 15 de outubro de 2007.

- [27] Infrastructure for Spatial Information in Europe.

Disponível em: <http://www.ec-gis.org/inspire/whyinspire.cfm>

Acesso em: 15 de outubro de 2007.

- [28] Comissão Nacional de Cartografia

Disponível em: <http://www.concar.ibge.gov.br/>

Acesso em: 15 de outubro de 2007.

- [29] BERNARD, Lars; CRAGLIA, Max. **SDI - From Spatial Data Infrastructure to Service.** Enschede, Netherlands: First Research Workshop on Cross-learning on Spatial Data Infrastructures and Information Infrastructures. 2005.

Disponível em: <http://www.ec-gis.org/sdi/ws/crosslearning/presentations.cfm>

Acesso em: 15 de outubro de 2007.

- [30] COX, S.; DAISEY, P.; LAKE R.; PORTELE, C.; WHITESIDE, A. (ed.) **OpenGIS® Geography Markup Language (GML) Implementation Specification**
Open Geospatial Consortium, Inc. 2003
Disponível em: <http://www.opengeospatial.org/standards/gml>
Acesso em: 15 de outubro de 2007.
- [31] RATIA, J. (ed.) Newsletter GSDI. setembro/2007.
Disponível em: <http://gsdi.org/newsletters/GSDI/GSDInewsletterSept07.pdf>
Acesso em: 10 de outubro de 2007.
- [32] NEBERT, D. (ed.) **Developing Spatial Data Infrastructures: The SDI Cookbook.**
Version 2.0 - Global Spatial Data Infrastructure. 2004
Disponível em: <http://www.gsdi.org/docs2004/Cookbook/cookbookV2.0.pdf>
Acesso em: 10 de setembro de 2007.
- [33] Global Spatial Data Infrastructure Association - GSDI
Disponível em: <http://www.gsdi.org>,
Acesso em: 01 de dezembro de 2007
- [34] AGUIRRE, N. (ed.) **Infraestrutura Espacial de Dados.**
Instituto Panamericano de Geografia e História (IPGH), Boletim Informativo para América Latina e Caribe. 2007
Disponível em: <http://www.gsdi.org/newsletters/SDILACv4n12Portugues.pdf>
Acesso em: 05 de janeiro de 2008.
- [35] BOOTH, D.; LIU, C.K. (ed.) **Web Services Description Language (WSDL) Version 2.0 Part 0: Primer** W3C Recommendation. Junho/2007.
Disponível em: <http://www.w3.org/TR/2007/REC-wsdl20-primer-20070626/>
Acesso em: 01 de dezembro de 2007
- [36] ZIMMERMANN, O.; TOMLINSON, M.; PEUSER, S. **Perspectives on Web Services Applying SOAP, WSDL and UDDI to Real-World Projects**
Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York. 2005

- [37] MySQL.
Disponível em: <http://www.mysql.com/>
Acesso em: 15 de outubro de 2007.
- [38] Deegree.
Disponível em: <http://www.deegree.org/>
Acesso em: 15 de outubro de 2007.
- [39] Geoserver.
Disponível em: <http://geoserver.org/>
Acesso em: 15 de outubro de 2007.
- [40] Geonetwork.
Disponível em: <http://geonetwork-opensource.org/>
Acesso em: 15 de outubro de 2007.
- [41] MapServer.
Disponível em: <http://mapserver.gis.umn.edu/>
Acesso em: 15 de outubro de 2007.
- [42] OpenLayers.
Disponível em: <http://www.openlayers.org/>
Acesso em: 15 de outubro de 2007.
- [43] MapBuilder.
Disponível em: <http://docs.codehaus.org/display/MAP/Home>
Acesso em: 15 de outubro de 2007.
- [44] The Apache Software Foundation – Apache Tomcat
Disponível em: <http://tomcat.apache.org/index.html>.
Acesso em: 15 de outubro de 2007.

- [45] A tool for reading out styling information from ArcMap® and converting into Styled Layer Descriptor-Files (SLD) of OGC
Disponível em:
http://arcmap2sld.geoinform.fh-mainz.de/ArcMap2SLDConverter_Eng.htm
Acesso em: 15 de outubro de 2007.
- [46] SONNET, J. (ed.) **OpenGIS® Web Map Context Documents (WMC) Implementation Specification Open Geospatial Consortium, Inc. 2005**
Disponível em: <http://www.opengeospatial.org/standards/wmc>
Acesso em: 01 de fevereiro de 2008.
- [47] WHITESIDE, A.; EVANS, J. D. (ed.) **OpenGIS® Web Coverage Service (WCS) Implementation Specification Open Geospatial Consortium, Inc. 2006**
Disponível em: <http://www.opengeospatial.org/standards/wcs#overview>
Acesso em: 01 de novembro de 2007.
- [48] NEBERT, D.; WHITESIDE, A.; VRETANOS, P. A. (ed.) **OpenGIS® Catalogue Services Specification Open Geospatial Consortium, Inc. 2007**
Disponível em: <http://www.opengeospatial.org/standards/cat>
Acesso em: 01 de novembro de 2007.
- [49] LUPP, M. (ed.) **OpenGIS® Styled Layer Descriptor profile of the Web Map Service Implementation Specification Open Geospatial Consortium, Inc. 2007**
Disponível em: <http://www.opengeospatial.org/standards/sld>
Acesso em: 01 de fevereiro de 2008.
- [50] HERRING, J. R. (ed.) **OpenGIS® Implementation Specification for Geographic Information - Simple feature access - Part 2: SQL option (SFS) Implementation Specification Open Geospatial Consortium, Inc. 2006**
Disponível em: <http://www.opengeospatial.org/standards/sfs>
Acesso em: 01 de fevereiro de 2008.
- [51] OGC Compliance Testing Program

- Disponível em: <http://www.opengeospatial.org/compliance>
Acesso em: 01 de junho de 2007.
- [52] PDF Portable Document Format
Disponível em: <http://www.adobe.com>
Acesso em: 01 de junho de 2007.
- [53] BRAY, T.; PAOLI, J.; SPERBERG-MCQUEEN, C. M. ; MALER, E.; YERGEAU, F. (ed.) **Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Fourth Edition) W3C Recommendation**. 2006.
Disponível em: <http://www.w3.org/TR/2006/REC-xml-20060816>
Acesso em: 01 de junho de 2007.
- [54] Geographic information/Geomatics
Disponível em: <http://www.isotc211.org/>
Acesso em: 5 de novembro de 2007
- [55] Glossário Mapas Interativos - IBGE
Disponível em: http://mapas.ibge.gov.br/website/tutorial_novo/glossario.html#top
Acesso em: 01 de junho de 2007.
- [56] Covarage Data Wikipedia
Disponível em: http://en.wikipedia.org/wiki/Covarage_data
Acesso em: 01 de junho de 2007.
- [57] National Spatial Data Information (NSDI)
Disponível: <http://www.fgdc.gov/nsdi/nsdi.html>
Acesso em: 21 de outubro de 2007.
- [58] TICHELER, J. **Developing a Free and Open Source Software based Spatial Data Infrastructure**. Edinburgh, Scotland: Presentation delivered at Open Geospatial Consortium Interoperability Day. 2006