

10 Disseminação de dados geográficos na Internet

Clodoveu A. Davis Jr.

Ligiane Alves de Souza

Karla A. V. Borges

10.1 Introdução

Este capítulo explora diversas possibilidades de disseminação de dados geográficos através da Internet. Apresenta inicialmente a arquitetura de três camadas, típica de sistemas de informação baseados na Web. Em seguida, discute as três principais formas de disseminação de dados geográficos: (1) a disseminação direta, usando características gráficas típicas dos *browsers*, complementadas ou não por ferramentas e recursos adicionais; (2) as bibliotecas digitais de informações geográficas; e (3) uma visão da emergente área de infra-estruturas de dados espaciais. Por fim, tece algumas considerações finais, destacando principalmente o outro lado da disseminação de dados geográficos na Internet: os mecanismos de busca voltados para localização e dados geográficos.

A Internet rapidamente se tornou o meio preferencial para disseminação de dados. Sua (quase) universalidade, associada a custos de acesso cada vez mais baixos, motivou o desenvolvimento de toda uma nova classe de sistemas de informação, com uma arquitetura diferenciada em relação a seus predecessores.

Esse movimento se estende aos dados geográficos: atualmente, todos os principais fornecedores de software para SIG dispõem de alternativas para acesso a dados geográficos através da Web. Apesar dessa forte tendência, constata-se uma grande variedade de estilos de implementação, recursos tecnológicos e arquiteturas internas das soluções, cada qual refletindo um conjunto de preocupações e voltada para um nicho de aplicação mais ou menos específico.

De forma coerente com a multiplicidade cultural da Internet, todas as alternativas encontram-se em uso, cada qual em seu nicho; não se pode apontar uma única alternativa tecnológica “vencedora”, ou preponderante sobre todas as demais. Existe ainda muito espaço para a expansão dessa área de conhecimento e do mercado dela decorrente.

10.2 Arquitetura de sistemas de informação baseados na Web

A arquitetura dos SGBD acompanhou, de modo geral, as tendências de descentralização e modularização observadas nas arquiteturas de *hardware* (Elmasri e Navathe, 2004).

Na era dos mainframes, os SGBD eram igualmente monolíticos, incluindo todas as funções de acesso aos dados no mesmo ambiente em que eram processadas as aplicações e produzidas as telas de interface com o usuário.

Com a queda dos preços dos equipamentos e ascensão dos computadores pessoais, passamos a ter a possibilidade de transferir parte do processamento para um equipamento que era, anteriormente, um mero terminal “burro”. Isso levou ao desenvolvimento da *arquitetura cliente/servidor*, inicialmente concebida não apenas para o gerenciamento de dados, mas para que se pudesse dispor de máquinas capazes de prestar qualquer tipo de serviço especializado em uma rede de computadores, tais como gerenciamento de impressão, de arquivos, de backup, entre outros (Figura 10.1).

Nessa arquitetura, os processos relacionados com o acesso do usuário aos serviços são chamados processos *cliente*, enquanto os processos que lidam com os recursos especializados são denominados processos *servidor*. Observe que essa denominação é frequentemente confundida com a designação de computadores de maior ou menor porte – o que às vezes se justifica pois, na maioria dos casos, equipamentos encarregados de executar processos servidores para uma grande quantidade de processos cliente precisariam, em princípio, ser mais robustos e poderosos.

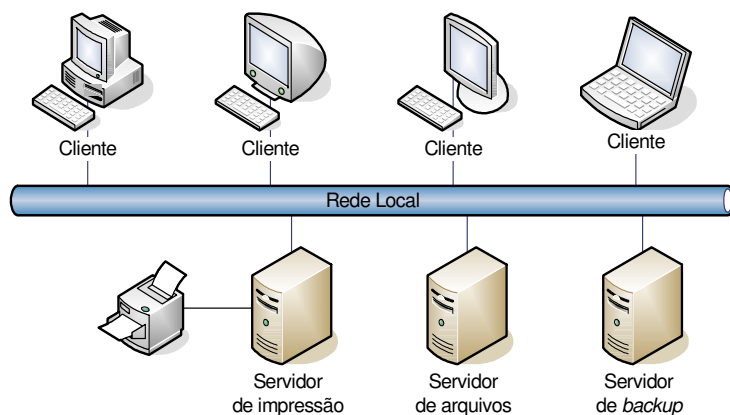


Figura 10.1 – Arquitetura cliente/servidor (2 camadas). Fonte: adaptado de (Elmasri e Navathe, 2004).

A arquitetura cliente-servidor adapta-se bem às necessidades de SGBD, e está hoje totalmente incorporada aos produtos comerciais. Nesse caso, o servidor de banco de dados provê, como serviço, respostas a consultas enviadas por processos cliente. Por esse motivo, em SGBD relacionais, o servidor de banco de dados é também denominado *servidor de consultas*, ou *servidor SQL* (Elmasri e Navathe, 2004).

Assim, de acordo com a arquitetura cliente-servidor aplicada aos SGBD, a camada do cliente fica com as funções de gerenciamento da interface com o usuário, de dicionário de dados, de interfaceamento com linguagens de programação, entre outras, em um nível mais alto.

A camada do servidor gerencia as funções de armazenamento em disco, controle de concorrência, backup e recuperação de dados, e outras funções de mais baixo nível (Figura 10.2).

Entre essas duas camadas, a comunicação ocorre por meio do estabelecimento de uma conexão através da rede. Uma das alternativas para essa conexão é o uso de um padrão de conectividade, denominado *Open Database Connectivity* (ODBC), que neutraliza, por meio de uma interface comum de programação (ou API, *Application Programming Interface*), as diferenças entre os diversos programas envolvidos, desta forma evitando a incompatibilidade. Um padrão de conectividade

semelhante, denominado JDBC, foi criado para que clientes escritos na linguagem Java pudessem também acessar os SGBD por meio de uma interface padronizada.

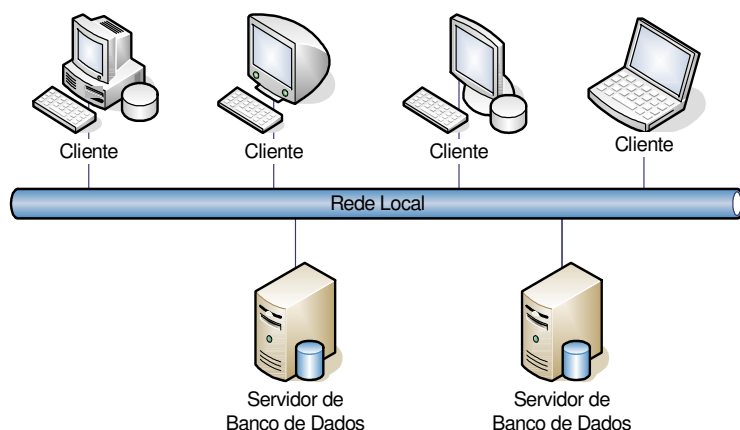


Figura 10.2 – Arquitetura cliente/servidor aplicada a SGBD. Fonte: adaptado de (Elmasri e Navathe, 2004).

A arquitetura cliente-servidor original tem sido denominada *arquitetura de duas camadas*, já que seus componentes estão logicamente distribuídos entre dois níveis, o do cliente e o do servidor. A simplicidade e a facilidade de adaptação de arquiteturas anteriores para o funcionamento em duas camadas justificam sua grande popularidade. Por outro lado, sua escalabilidade pode deixar a desejar, caso exista a necessidade de se ter um número muito grande de clientes para um servidor. Isso levou à proposição e à implementação da *arquitetura de três camadas*, tipicamente empregada em sistemas baseados na Web.

A arquitetura de três camadas acrescenta, entre a camada do cliente e a camada do servidor, uma camada intermediária, que recebe o nome de *middleware*, ou *servidor de aplicações* (*application server*) (Figura 10.3). Em bancos de dados, essa camada é responsável por manter regras de negócio, restrições e outros elementos necessários para a aplicação. Desta forma, as três camadas são compostas, basicamente, de interface com o usuário

(cliente), regras de negócio (aplicação) e acesso a dados (servidor). Como um servidor de aplicação pode também controlar o acesso de usuários aos dados, e rotear as requisições para algum servidor selecionado por ele sem a interferência do usuário, a arquitetura de três camadas possibilita melhorar sensivelmente a escalabilidade dos sistemas de informação apoiados em um SGBD.

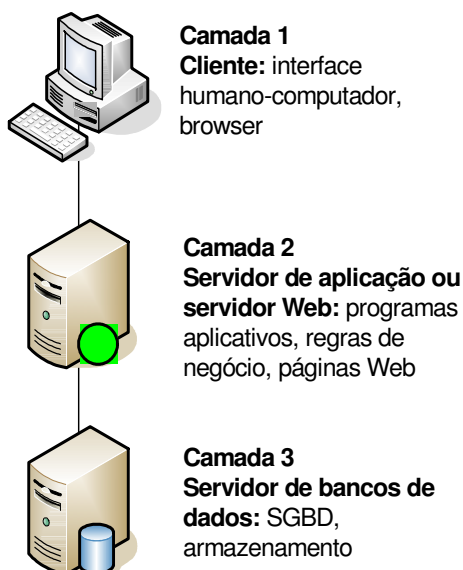


Figura 10.3 – Arquitetura de três camadas. Fonte: adaptado de (Elmasri e Navathe, 2004).

10.3 Disseminação direta

A *World-Wide Web* (Web) foi originalmente concebida, de forma bastante despretensiosa para os padrões atuais, para trabalhar com “documentos contendo texto, e eventualmente imagens” (Berners-Lee et al., 1994). De fato, além da possibilidade de navegação usando hipertexto, os primeiros clientes de servidores Web – os hoje onipresentes *browsers* – permitiam apenas a apresentação de imagens simples, em formato GIF ou JPEG. O protocolo *HyperText Transfer Protocol* (HTTP) e a linguagem de

marcação *HyperText Markup Language* (HTML), base do funcionamento da Web, permitem a elaboração, o preenchimento online e o envio do conteúdo de formulários de cliente para servidor, provendo assim alguma interatividade, embora bem mais limitada que os recursos usualmente encontrados em aplicações gráficas convencionais.

Ao longo da evolução da Web, algumas alternativas para acesso a dados geográficos foram sendo implementadas dentro dessas limitações. A evolução dos padrões ligados à Internet, capitaneados pelo *World-Wide Web Consortium* (W3C)¹, acompanhados pela evolução tecnológica na área de sistemas distribuídos, possibilitou uma enorme ampliação dessas alternativas, em particular após o surgimento da linguagem Java (Sun Microsystems, 1994). Apresentamos, nas subseções a seguir, as principais alternativas utilizadas histórica e atualmente para disseminação de dados geográficos através da Web.

10.3.1 Mapas estáticos em formato de imagem

A forma mais básica de disseminação de dados geográficos na Web é, naturalmente, a publicação de mapas estáticos em formato de imagem, embutidas em páginas Web. Apesar de a interatividade ser nula, é possível produzir e manter disponíveis, para consulta e referência histórica, grandes conjuntos de mapas temáticos. A existência de documentos eletrônicos contendo mapas estáticos possibilita o desenvolvimento de esforços de preservação (Thomaz, 2004) independentes dos bancos de dados de onde (espera-se) eles tenham se originado. A Figura 10.4 apresenta um exemplo de uso dessa alternativa.

¹ <http://www.w3c.org>

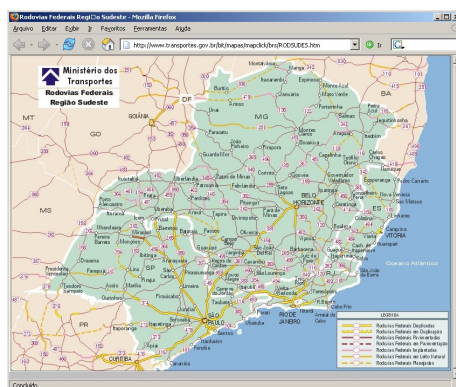


Figura 10.4 – Mapa estático, publicado em formato JPEG. Fonte: Web site do Ministério dos Transportes (www.transportes.gov.br).

10.3.2 Mapas gerados a partir de formulários

Muito adotada na segunda metade da década de 1990, esta alternativa consiste em oferecer ao usuário um formulário para preenchimento. Neste formulário são solicitadas informações quanto à região geográfica de interesse (muitas vezes solicitando uma referência explícita a um número de mapa em uma coleção ou articulação), à composição do mapa (camadas que deveriam aparecer) e mesmo alguns elementos de composição visual (cores, espessura de linhas, cores ou hachuras de preenchimento). Quando o usuário termina o preenchimento do formulário, as informações são transmitidas a um servidor, que recupera os dados necessários e converte o mapa final para um formato de imagem, como GIF ou JPEG. Esta imagem é então inserida numa página Web criada dinamicamente, e transmitida para o usuário.

Considerando um nível mínimo de interatividade, esta alternativa é talvez a mais natural do ponto de vista dos *browsers*, uma vez que requer apenas a apresentação de imagens. No entanto, é uma alternativa limitada, por diversos motivos. Em primeiro lugar, porque não permite que o usuário navegue pelo mapa, interagindo diretamente com os objetos apresentados, sem que haja a necessidade de re-geração da imagem. Além disso, a transmissão de imagens apresenta um compromisso entre

tamanho, qualidade e resolução, por um lado, e a velocidade de transmissão, pelo outro. Por fim, existe o problema de sobrecarga no servidor, que precisa construir o mapa em formato matricial, muitas vezes a partir de dados vetoriais, e transmiti-lo para o cliente. Este último fator claramente reduz a escalabilidade dessa solução. Observe que qualquer operação simples, como *zoom* ou *pan*, exige a formação de um novo mapa-imagem (sempre com processamento no servidor) e nova transmissão.

Um exemplo desse tipo de recurso está apresentado parcialmente na Figura 10.5, referente a um gerador de mapas do *United States Geological Survey* (USGS). Além de prover as coordenadas de um retângulo envolvente para a área que deseja visualizar, o usuário deve decidir sobre (1) acrescentar ou não uma borda ao redor da área escolhida, (2) a maneira de lançar pontos sobre o mapa, (3) a inclusão ou não de dados topográficos, (4) o lançamento de texto sobre o mapa, indicando as coordenadas onde fazê-lo, (5) a inclusão ou não de limites políticos, e (6) a inclusão ou não de rios. Apenas então o usuário pode clicar um botão e disparar o processo de montagem da imagem.

Map-It - A GMT3 Map Generator - Mozilla Firefox

File Edit View Go Bookmarks Tools Help

http://stellwagen.er.usgs.gov/mapit/

USGS Home Contact USGS USGS Search

Woods Hole Science Center

WHS Center Home / Projects / Technology / Publications / Data / People / Location / Contact Us

WHS Center Data

Map-It: Form-based Simple Map Generator

This form takes longitude/latitude pairs as input and plots them on a Mercator projection map along with land/sea and political boundaries. The map bounds will be about 10% larger than the bounds of the entered data points.

The default values on the form below yield a nice map of Cape Cod, Massachusetts, generated by supplying the longitude and latitude values of Cape-area towns: Woods Hole, New Bedford, Nantucket, Chatham and Provincetown.

1. Enter the lon/lat pairs in the box below:

- One pair per line.
- West longitude is negative.
- Digital degrees only.
- To cross the date line, use East longitudes (eg. 170 to 190).
- To plot the whole world use a longitude range from -180 to 180, and latitude from -75 to 75, and use the "exact map extent" option below

2. Select method to determine map extent:

☒ add 10% to map extent ☐ exact map extent

Done Privacy Home About

Figura 10.5 – Mapa baseado em formulário. Fonte: <http://stellwagen.er.usgs.gov/mapit/>. O gerador de mapas é baseado na biblioteca de código aberto GMT (<http://gmt.soest.hawaii.edu/>).

10.3.3 Navegação baseada em mapas-chave

Outra alternativa para acesso a dados geográficos na Web é a que apresenta para o usuário um mapa chave, em formato de imagem. O usuário deve indicar com o *mouse* uma região de seu interesse, gerando uma navegação para outro mapa ou imagem mais detalhado, ou clicar em ícones periféricos à imagem para navegar para regiões adjacentes, mantendo a escala de visualização. Eventualmente, podem existir ícones que ativam funções mais sofisticadas, como medição na tela, identificação de elementos ou ativação/desativação de camadas.

Esta abordagem permite um grau um pouco maior de flexibilidade, mas não resolve os problemas principais da alternativa anterior, ou seja, custos de processamento e transmissão, além de não resolver completamente o problema de navegação. O grau de interatividade com o usuário é baixo, já que, nesse modelo, não há interação direta entre o usuário e um banco de dados propriamente dito, apenas com o que seria a materialização, em formato de imagem, de um instantâneo (*snapshot*) de parte do conteúdo do banco. No exemplo apresentado na Figura 10.6, a barra de atividade que aparece no centro da tela indica que o servidor está compilando o mapa em formato de imagem para envio ao cliente, na próxima etapa da interação.

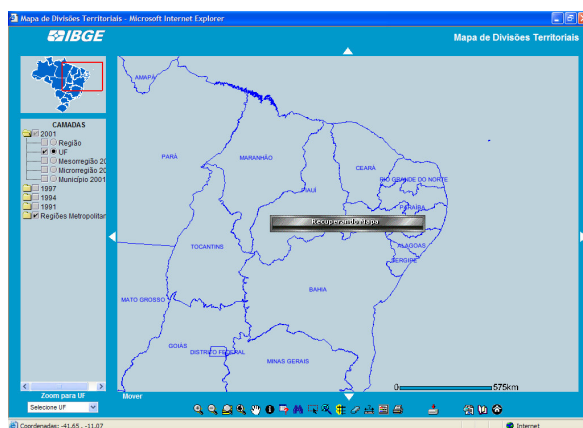
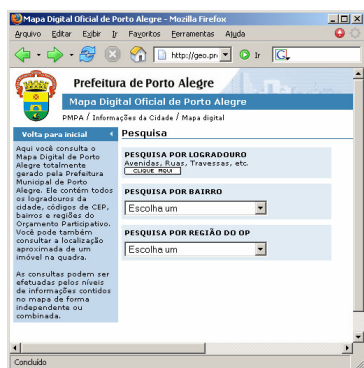
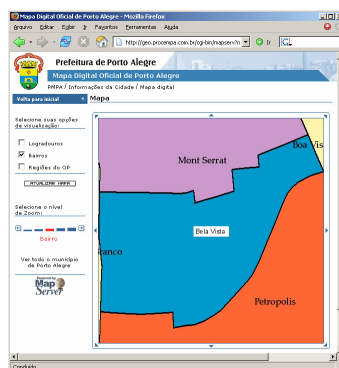


Figura 10.6 – Navegação baseada em mapas-chave. Fonte: Web site do IBGE, servidor de mapas (www.ibge.gov.br).

Outro exemplo é apresentado na Figura 10.7, este o mapa digital do município de Porto Alegre, desenvolvido usando o software gratuito e de fonte aberto MapServer (mapserver.gis.umn.edu). A Figura 10.7a apresenta uma tela inicial, em que o usuário informa parâmetros para uma consulta. O resultado aparece na Figura 10.7b.



(a)



(b)

Figura 10.7 – Mapa digital oficial de Porto Alegre, desenvolvido com MapServer.

10.3.4 Transmissão de dados vetoriais

Uma alternativa mais interessante do que a transmissão de imagens é a transmissão de objetos geográficos com representação vetorial. Desta maneira, o usuário fica livre para decidir a região de interesse, bem como para ativar ou desativar as camadas que deseja.

Os objetos vetoriais transmitidos são mantidos na memória da máquina cliente, para que possam ser reaproveitados no caso de operações de *zoom* ou *pan*, ganhando tempo para aumentar a interatividade. O usuário pode também interagir diretamente com os objetos do mapa, consultando atributos e acessando funções de atualização de dados.

Outra possibilidade interessante é a aplicação ao mapa vetorial do conceito de *hipermapa*, simulando nos símbolos e objetos vetoriais disponíveis a operação dos *links* de hipertexto comuns nas páginas da Web. Por exemplo, bastaria clicar sobre o símbolo de um hospital num

mapa urbano para consultar seus atributos associados, ou para navegar diretamente para a página do hospital na Internet.

A transmissão de dados geográficos em formato vetorial pela Internet tem um obstáculo: nenhum dos *browsers* atuais está preparado (nativamente) para receber e apresentar informações neste formato. Para que isso seja possível, existem duas alternativas. A primeira, adotada por alguns desenvolvedores de SIG, consiste em criar um *plug-in*, ou seja, um programa que funciona no computador do usuário, conectado ao *browser*.

Este *plug-in* reconhece os dados vetoriais à medida em que chegam, geralmente agrupados em um arquivo com formato padronizado, ou usando um formato específico de codificação de objetos, e os exibe na tela. Esta alternativa tem a desvantagem de exigir que o usuário faça o *download* dos *plug-ins* a partir do *site* do desenvolvedor e os instale. Como os *plug-ins* são específicos para os principais *browsers* do mercado, que estão em constante evolução, é preciso atualizá-los periodicamente. Em uma variação mais drástica desta alternativa, existem *browsers* completos, desenvolvidos pelos fabricantes de software para SIG, construídos em torno da transmissão de dados vetoriais. A Figura 10.8 apresenta um exemplo.

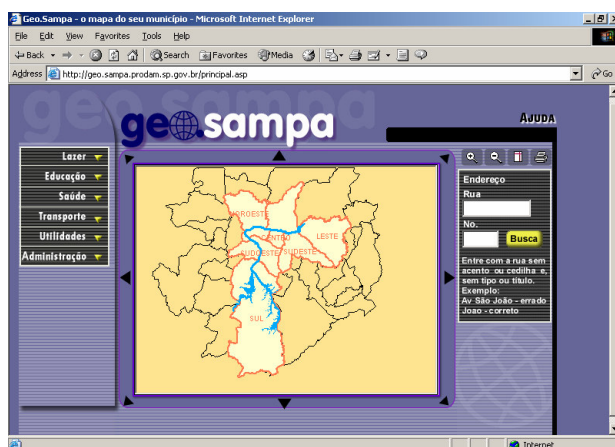


Figura 10.8 – Visualização composta utilizando plug-in ActiveX de um software comercial. Fonte: <http://geo.sampa.prodram.com.br>.

Outra alternativa consiste em criar uma aplicação (*applet*) na linguagem Java (Fonseca e Davis, 1999), que é transmitida no momento do acesso e executada na máquina do usuário, dispensando procedimentos complicados de instalação ou mesmo a ocupação de área em disco. A aplicação desaparece da máquina do usuário no momento em que é desativada. Assim, novas versões não precisam ser distribuídas, pois estarão disponíveis instantaneamente a partir do momento de sua instalação no servidor. Os dados são recebidos e tratados objeto por objeto, facilitando a implementação de caches locais. Cada objeto precisa ser transmitido uma única vez, sendo que operações posteriores de *zoom* ou *pan* podem apenas utilizar os dados já presentes na cache.

Este tipo de arquitetura já foi inclusive proposta como modelo de interoperabilidade (Fonseca e Davis, 1997) (Fonseca e Davis, 1999). Atualmente, é implementada por diversos produtos, dentre os quais o ALOVmap, um publicador de mapas gratuito que pode funcionar tanto isolado em um computador, quanto através de um servidor Web (Figura 10.9).

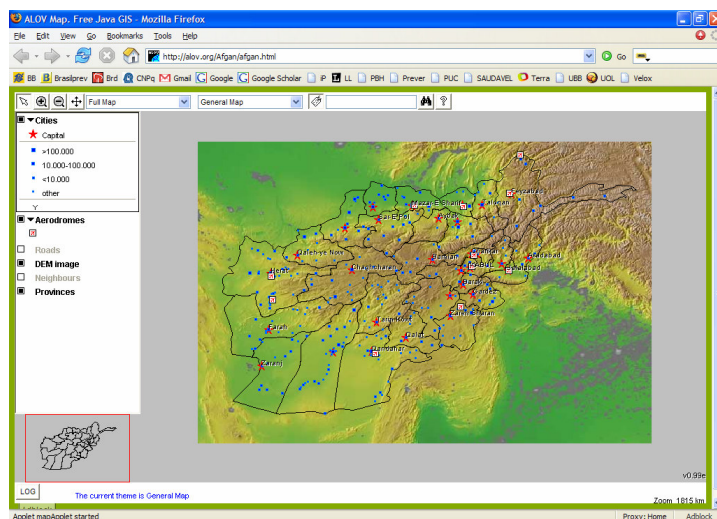


Figura 10.9 – Mapa do Afeganistão apresentado pelo software ALOVmap.

Fonte: <http://alov.org/Afgan/afgan.html>.

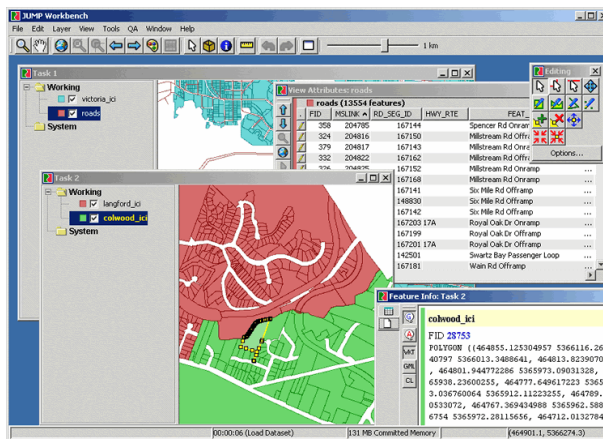


Figura 10.10 – JUMP: *Java Unified Mapping Platform*, um aplicativo para visualização e manipulação de dados geográficos na Internet. Fonte: www.jump-project.org.

Outro exemplo é o projeto Java Unified Mapping Platform (JUMP), um produto de fonte aberto para visualização e manipulação de dados geográficos através da Internet, e que conta com suporte a alguns dos principais padrões do OGC (ver Capítulo 11), como a linguagem GML e o modelo de objetos (Figura 10.10).

Em 2004, o W3C (organismo de padronização da WWW) aprovou a especificação final da linguagem *Simple Vector Graphics* (SVG) (World-Wide Web Consortium (W3C, 2000), através da qual é possível apresentar gráficos vetoriais usando um *browser* comum. Atualmente, esse tipo de recurso exige a instalação de um *plug-in*, pois o padrão é muito recente e ainda não foi incorporado às versões atualmente em uso dos *browsers*.

A linguagem SVG é baseada em XML, assim como a linguagem *Geography Markup Language* (GML), esta padronizada pelo OGC (OpenGIS Consortium, 2004), conforme discutido no Capítulo 11. A combinação entre GML e SVG cria ótimas oportunidades para disseminação de dados geográficos na Internet. É possível, por exemplo, transformar um conjunto de dados GML em um arquivo SVG para

visualização na Web, determinando os parâmetros dessa transformação em um arquivo XSLT (*eXtensible Stylesheet Language Transformations*) (W3C, 1999).

Um exemplo desse tipo de aplicação foi apresentado em (Mathiak, Kupfer et al., 2004). É possível codificar apresentações bastante complexas usando SVG, contando inclusive com recursos de animação, som e um refinado acabamento gráfico, o que permite antever uma gama de tipos diferentes de apresentação para dados geográficos, com recursos que irão muito além dos tradicionais mapas estáticos da cartografia.

A Figura 10.11 apresenta um exemplo de uso de SVG para apresentação de dados.

Por fim, a Figura 10.12 sumariza as alternativas de acesso a bancos de dados geográficos através da Internet.

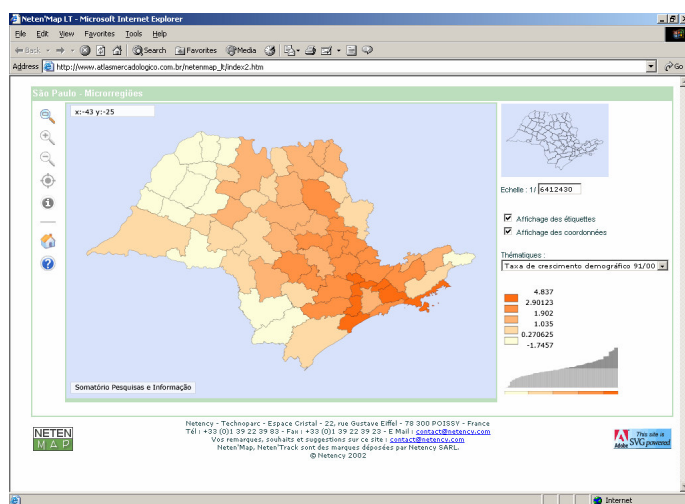


Figura 10.11 – Visualização usando SVG. Fonte: www.atlasmercadologico.com.br.

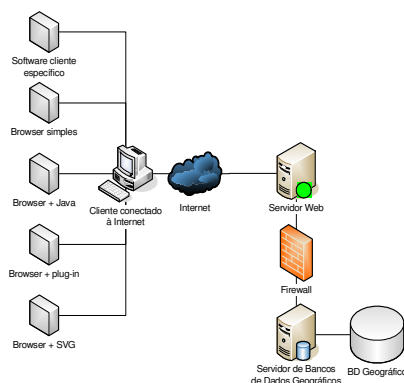


Figura 10.12 – Disseminação de dados geográficos através da Internet – resumo das alternativas.

10.4 Biblioteca digital de informações geográficas

Os SIG estão evoluindo para além de sua comunidade de usuários tradicionais e se tornando parte integrante da infra-estrutura de sistemas de informação de muitas organizações. Uma consequência positiva desse fato é o aumento significativo no número e no volume das fontes de dados espaciais disponíveis para acesso através de redes de computadores.

Essa evolução representa um novo paradigma na forma de utilização da informação geográfica, baseado no conceito de *biblioteca digital de informações geográficas* (BDG), ou *centros de dados geográficos*, que são bibliotecas digitais especializadas em dados geo-referenciados, fornecendo uma infra-estrutura para a criação, estruturação, armazenamento, organização, processamento, recuperação e distribuição de dados geo-referenciados (Câmara et al., 1996) (Oliveira et al., 1999).

10.4.1 Alexandria Digital Library

O projeto da *Alexandria Digital Library* (ADL) (UCSB, 2005) já foi discutido no Capítulo 9 como um exemplo de um catálogo de metadados combinado com um dicionário geográfico.

A ADL é, principalmente, um dos mais importantes projetos de criação de uma biblioteca digital de informações geográficas. A ADL fornece acesso público a um acervo de mais de 15.000 itens digitais e não digitais

(mapas, imagens e dados espaciais) do *Map and Imagery Laboratory* (MIL) da Universidade da Califórnia e também a outros acervos.

Recordando a discussão do Capítulo 9, sua arquitetura segue o modelo de três camadas: *servidores* gerenciam as coleções de dados espaciais, um *middleware* implementa os serviços de acesso às coleções via protocolo HTTP e *clientes* são utilizados pelos usuários da biblioteca para a consulta e navegação pelas coleções (Frew, et al. 2000).

Na interface de consulta Web da ADL (Figura 10.13), o usuário pode utilizar um mapa para selecionar a área de interesse da sua pesquisa e também especificar, para a busca ao catálogo, um conjunto de palavras-chave, o período, o tipo do objeto (se mapa, dado, imagem, etc.), seu formato, a fonte original, e o método de *ranking* utilizado na resposta. Os dados sobre os itens localizados são então exibidos, incluindo um *link* para o dado espacial, se esse estiver disponível.

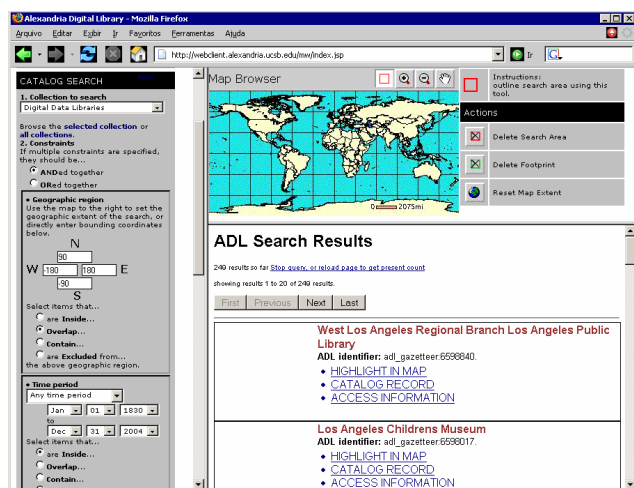


Figura 10.13 – Biblioteca Geográfica Digital Alexandria.

10.4.2 Maine Library of Geographic Information

Nesta BGD, o estado norte-americano do Maine torna disponíveis, para acesso público, dados geográficos em formato digital sobre seu território (Maine Digital Geographic Library, 2005). Destaca-se a qualidade dos metadados da biblioteca, de acordo com uma divisão em sete itens: identificação, qualidade dos dados, organização dos dados, sistema de referência utilizado, informações dos atributos dos dados, informações de distribuição e referência dos metadados.

A busca (Figura 10.14) pode ser feita com uso de palavras-chave ou pela seleção de um dos cinco grupos temáticos disponíveis: cidades, condados, quadrículas, unidades hídricas ou todo o estado. Cada um desses grupos possui uma relação de dados digitais disponíveis. A seleção de um grupo mostra a lista dos dados acompanhada de seus respectivos metadados e endereços para *download* dos dados, quase sempre em formato *shape*.

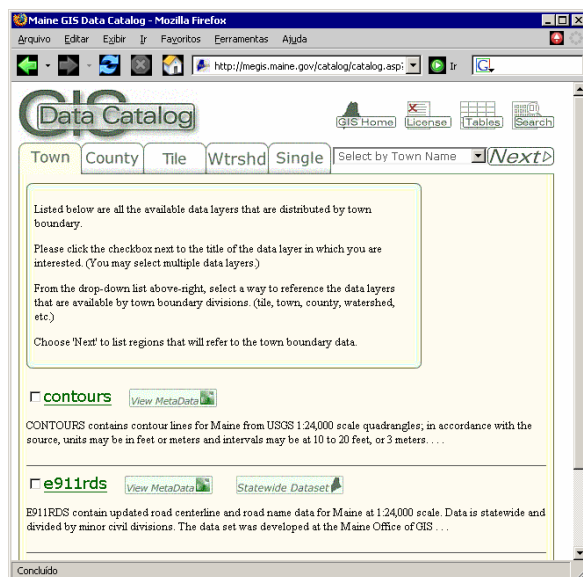


Figura 10.14 – Biblioteca Geográfica Digital do Maine.

10.4.3 GeoConnections Discovery Portal

Mantida por um entidade canadense, formada por membros do governo e da iniciativa privada, esta BDG tem por objetivo de longo prazo o desenvolvimento de uma infra-estrutura para a divulgação de dados espaciais, especialmente os que se referem ao território do Canadá (Natural Resources Canada, 2005). Estão disponíveis tanto dados gratuitos quanto com valor associado.

O sistema de busca é capaz de localizar dados pesquisando por área, assunto, palavra-chave, período de tempo ou por qualquer combinação desses itens. O resultado de uma consulta pode ser observado na Figura 10.15. Os metadados apresentam um bom nível de detalhamento, e trazem informações sobre a identificação dos dados, sua distribuição e as referências dos metadados.

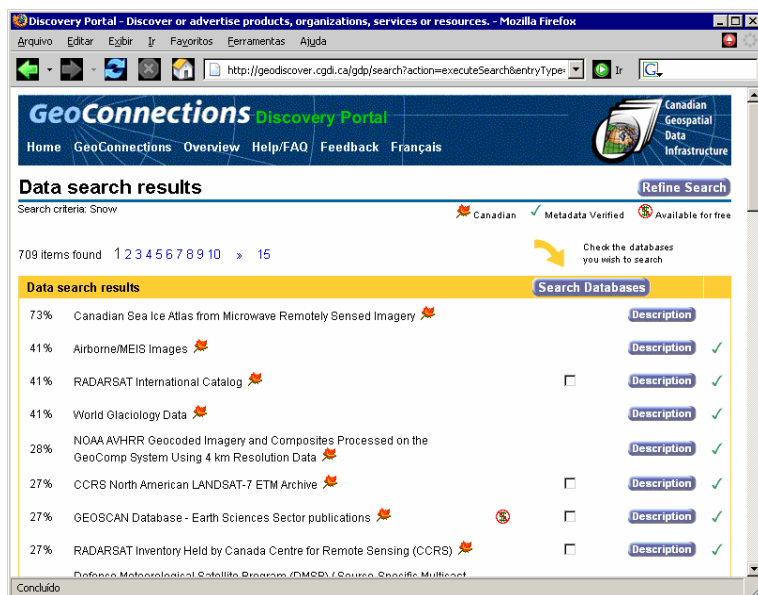


Figura 10.15 – Geoconnections Discovery Portal.

10.5 Infra-estruturas de dados espaciais

O acesso à informação tem sido uma das grandes dificuldades de todo pesquisador, usuário, desenvolvedor ou especialista envolvido em temas ligados à representação computacional do espaço. Inicialmente, nos primórdios do geoprocessamento, o problema se concentrava na construção dos bancos de dados geográficos: fontes de dados, processos de conversão, técnicas e tecnologias para levantamento de dados em campo (Montgomery e Schuch, 1993).

Com o aumento gradual do volume de informação digital disponível em meio digital, encontrar padrões para facilitar o intercâmbio de dados passou a ser o problema (Lima, 2002) (Lima et al., 2002) (United States Geological Survey, 2005) (Davis Jr., 2002), conforme discutido no Capítulo 9.

Rapidamente, no entanto, percebeu-se que o intercâmbio puro e simples dos dados não seria suficiente, se o receptor não tivesse como avaliar se os dados atendem ou não às suas necessidades. Isso levou ao estabelecimento de padrões e ao início de esforços de desenvolvimento de metadados espaciais (Soares, 1999). Mas, mesmo com os metadados, permaneciam ainda eventuais dúvidas sobre aspectos semânticos ligados aos dados, problemas esses resultantes de visões variadas do mundo por pessoas de diferentes origens e formações. Esse problema, juntamente com o anterior, motivou o desenvolvimento de estudos de interoperabilidade semântica (Fonseca, 1999) (Vckovski, 1998), já aludido no Capítulo 9. Atualmente, mesmo sem haver conclusões definitivas sobre os problemas de semântica, existe um movimento para criar *infra-estruturas de dados espaciais* (IDE) (Bernard, 2005) (Smits, 2002).

Diversas iniciativas têm buscado compreender melhor os processos segundo os quais elementos da infra-estrutura espacial são desenvolvidos e utilizados. Uma dessas iniciativas é o projeto INSPIRE (*Infrastructure for Spatial Information in Europe*) (Smits, 2002), que pretende tornar a informação geográfica digital mais acessível e interoperável para uma ampla gama de aplicações, usando uma arquitetura baseada em serviços. Outra delas é a *Global Spatial Data Infrastructure Association* (GSDI), uma organização que pretende promover o desenvolvimento de uma infra-estrutura de dados espaciais em escala planetária, como suporte à

condução de ações de desenvolvimento sustentável e impacto social, econômico e ambiental (GSDI Association, 2005).

A idéia principal das infra-estruturas de dados espaciais é oferecer serviços de acesso à informação geográfica, com base em grandes catálogos de acervos de informação, tornando indiferentes, aos olhos do cliente da IDE, o local, meio e estrutura física de armazenamento. Como o acesso aos dados é realizado apenas através de serviços, é possível *encapsular* a estrutura física dos dados, seguindo um dos preceitos da orientação por objetos. O usuário também não precisaria conhecer o local onde os dados estão armazenados, pois cada provedor de dados se encarrega de registrar, junto a um serviço de catalogação, que dados possui, onde estão, como estão organizados, e onde estão os metadados. Basta, então, que o usuário consulte um serviço para determinar se os dados que procura estão disponíveis, consulte outro para avaliar detalhes sobre a fonte e o processo de captura usando outro serviço e, caso esteja satisfeito com as características dos dados, acione um terceiro serviço para recuperá-los.

O foco no conceito de IDE é uma consequência natural da evolução da Web e de sua arquitetura, diante das diretrizes que vêm sendo traçadas por seu órgão normatizador, o W3C.

Em sua concepção inicial, o objetivo da Web era fornecer conteúdo exclusivo para uso e interpretação humanos. Isso significa que, em sua origem, o foco de desenvolvimento da Web restringiu-se a questões relacionadas à apresentação. O crescimento explosivo da Web, entretanto, fez surgir uma enorme demanda por aplicações que fossem capazes de operar e interagir nesse ambiente. A apresentação deixou de ser a preocupação central para dividir seu lugar com o conteúdo.

As primeiras abordagens para a interoperação entre aplicações na Web, porém, possuíam um caráter *ad hoc* e baseavam-se na exploração da própria infra-estrutura básica da Internet. Muitas vezes, essa interoperação era realizada através de APIs que incorporavam módulos encarregados de extrair o conteúdo de páginas Web (McIlraith et al., 2001).

Essa mudança de foco da apresentação para o conteúdo foi cristalizada no conceito da *Web Semântica*, “uma extensão da Web na qual a informação possui um significado bem definido, possibilitando que

computadores e pessoas trabalhem em cooperação” (Berners-Lee, 2001). Alguns passos importantes em direção à Web Semântica já foram dados, como o uso crescente do padrão XML para o intercâmbio de dados e a especificação de uma grande quantidade de serviços Web. Percebe-se, assim, que a área de geoinformação também tem se movimentado em direção à Web Semântica, tanto por meio dos padrões da OGC, quanto por iniciativa da comunidade de pesquisa em geoinformação (Egenhofer, 2002).

O conceito de serviço Web surgiu para prover uma arquitetura sistemática e mais ampla para a interação entre aplicações, fundamentada sobre os protocolos Web já existentes e o padrão XML (Curbera et al., 2002).

O funcionamento proposto para as IDE aproxima-se bastante da arquitetura de serviços do OpenGIS Consortium, abordados no Capítulo 11. No modelo OGC (Figura 10.16), órgãos públicos, empresas e instituições geradoras de informação espacial proveriam acesso aos seus dados através de serviços Web de diversas naturezas, conforme o tipo de dado e as peculiaridades de seu uso. Cada serviço é registrado em um servidor central, através do qual os usuários poderão descobrir sobre a existência ou não de determinado dado ou serviço, e obter o caminho de acesso a servidores de metadados, através dos quais poderão verificar se a qualidade e demais características do dado atendem ou não às suas necessidades. Poderão também, eventualmente, escolher entre diversos provedores do mesmo tipo de serviço.

Observe que os serviços podem ser ou não baseados em dados: serviços para transformação de coordenadas, por exemplo, podem prover apenas o processamento de dados do usuário. Outros serviços são totalmente baseados em dados, porém não os fornecem diretamente para o usuário, possibilitando assim que o administrador do serviço tenha a liberdade de estruturá-lo internamente da maneira que achar melhor.

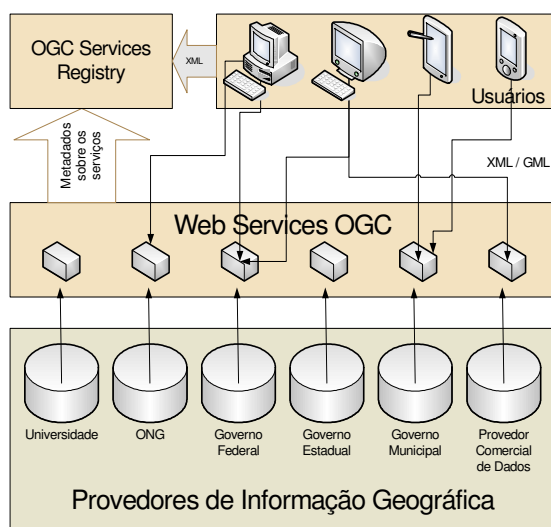


Figura 10.16 – Arquitetura de serviços OGC.

10.6 Leituras Suplementares

A grande variedade de alternativas para disseminação de dados geográficos pela Internet não deixa dúvidas quanto à enorme demanda que existe por informação espacial simples de acessar, de obter e usar. A atual disposição de países desenvolvidos em promover a criação de infra-estruturas de dados espaciais reflete essa demanda: trata-se do reconhecimento de que a informação é um bem da sociedade que, estando disponível no tempo certo, com qualidade adequada, de maneira livre e a baixo custo, pode fomentar uma ampla gama de iniciativas, públicas, privadas, individuais ou do terceiro setor.

Sugerimos aos leitores um aprofundamento sobre infra-estruturas de dados espaciais, seguindo projetos como o INSPIRE e outros, além de um maior aprofundamento nas propostas do OGC para arquiteturas de sistemas geográficos apoiadas em serviços Web (OpenGIS Consortium, 2003).

Resta ainda comentar sobre o outro lado da disseminação cada vez mais ampla de dados na Web: a necessidade de *localizar* esses dados. Existem

hoje muitas iniciativas no sentido de ampliar o escopo das busca tradicionais, tais como Google, Yahoo ou Altavista. Os dois primeiros têm em operação serviços de busca apoiados em nomes de locais (local.google.com e local.yahoo.com), que combinam buscas por palavra-chave com um sistema de páginas amarelas.

Algumas iniciativas de extrair o contexto geográfico presente no conteúdo de uma página Web estão sendo conduzidas (Laender et al., 2005), visando, entre outras coisas, produzir “índices espaciais” para a localização de páginas Web (Jones et al., 2002) e constituindo uma área denominada *recuperação da informação espacial* (*spatial information retrieval*). Por enquanto, sabe-se principalmente que o interesse em se contar com uma “Web local” é muito grande, e que isso só será viabilizado quando conseguirmos entender melhor a maneira segundo a qual as pessoas relacionam-se com a geografia em seu dia-a-dia (Hiramatsu e Ishida, 2001).

Referências

- BERNARD, L.; CRAGLIA, M. SDI: From Spatial Data Infrastructure to Service Driven Infrastructure. In: Research Workshop on Cross-Learning between Spatial Data Infrastructures (SDI) and Information Infrastructures (II), 2005, Enschede, Holanda.
- BERNERS-LEE, T.; CAILLIAU, R.; LUOTONEN, A.; NIELSEN, H. F.; SECRET, A. The World-Wide Web. *Communications of the ACM*, v. 37, n.8, p. 76-82, 1994.
- BERNERS-LEE, T.; HENDLER, J.; LASSILA, O. The Semantic Web. *Scientific American*, v. 184, n.5, p. 34-43, 2001.
- CÂMARA, G.; CASANOVA, M.; HEMERLY, A.; MAGALHÃES, G.; BAUZER-MEDEIROS, C., 1996, *Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica*, Curitiba, Sagres.
- CURBERA, F.; DUFTLER, M.; KHALAF, R.; NAGY, W.; MUKHI, N.; WEERAWARANA, S. Unraveling the Web Services Web: an introduction to SOAP, WSDL and UDDI. *IEEE Internet Computing*, v. 6, n.2, p. 86-93, 2002.
- DAVIS JR., C. A., 2002, Intercâmbio de Informação Geográfica: a experiência de padronização e cooperação em Minas Gerais. In: PEREIRA, G. C., ROCHA, M. C. F., ed., **Dados Geográficos: aspectos e perspectivas**: Salvador (BA), Rede Baiana de Tecnologias da Informação Espacial (REBATE), p. 43-54.
- EGENHOFER, M. Toward the semantic geospatial web. In: 10th ACM international symposium on Advances in geographic information systems table of contents, 2002, McLean, Virginia, USA.
- ELSMARI, R.; NAVATHE, S. **Fundamentals of Database Systems**. Pearson Education, 2004.
- FONSECA, F.; EGENHOFER, M.; BORGES, K. Ontologias e Interoperabilidade Semântica entre SIGs. In: Workshop Brasileiro em Geoinformática (GeoInfo2000), 2., São Paulo, 2000. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 2000. p. 45 - 52.
- FONSECA, F. T.; DAVIS JR., C. A. Using the Internet to access geographic information: an OpenGIS interface prototype. In: International Conference on Interoperating Geographic Information Systems (Interop 97), 1997, Santa Barbara (CA). NCGIA and OpenGIS Consortium (OGC), p. 283-293.

- FONSECA, F.; DAVIS, C., 1999, Using the Internet to Access Geographic Information: An OpenGis Prototype. In: GOODCHILD, M.; EGENHOFER, M.; FEGEAS, R.; KOTTMAN, C., eds., **Interoperating Geographic Information Systems**: Norwell, MA, Kluwer Academic Publishers, p. 313-324.
- FREW, J.; FREESTON, M.; FREITAS, N.; HILL, L.; JANÉE, G.; LOVETTE, K.; NIDEFFER, R.; SMITH, T.; ZHENG, Q. The Alexandria Digital Library Architecture. **International Journal on Digital Libraries**, v. 2, n.4, p. 259-268, 2000.
- GSDI ASSOCIATION, 2005, Global Spatial Data Infrastructure Web Site.
- HIRAMATSU, K.; ISHIDA, T. An Augmented Web Space for Digital Cities. In: IEEE Symposium on Applications and the Internet (SAINT 2001), 2001, San Diego (CA). p. 105-112.
- JONES, C. B.; PURVES, R.; RUAS, A.; SANDERSON, M.; SESTER, M.; VAN KREVELD, M.; WEIBEL, R. Spatial information retrieval and geographic ontologies: an overview of the SPIRIT project. In: 25th Annual ACM SIGIR Conference on Research and Development on Information Retrieval, 2002, Tampere, Finland.
- LAENDER, A. H. F.; BORGES, K. A. V.; CARVALHO, J. C. P.; MEDEIROS, C. M. B.; SILVA, A. S.; DAVIS JR., C. A., 2005, Integrating Web Data and Geographic Knowledge into Spatial Databases. In: MANOLOPOULOS, Y.; PAPADOPOULOS, A.; VASSILAKOPOULOS, M., eds., **Spatial Databases: technologies, techniques and trends**: Hershey (PA), Idea Group Publishing.
- LIMA, P. GeoBR: Intercâmbio Sintático e Semântico de Dados Espaciais. São José dos Campos: INPE, 2002. Dissertação de Mestrado, 2002.
- LIMA, P.; CÂMARA, G.; QUEIROZ, G. R. GeoBR: Intercâmbio Sintático e Semântico de Dados Espaciais. In: **IV Simpósio Brasileiro de GeoInformática (GeoInfo 2002)**, 2002, Caxambu (MG). p. 139-146.
- MAINE DIGITAL GEOGRAPHIC LIBRARY, 2005.
- MATHIAK, B.; KUPFER, A.; NEUMANN, K. Using XML languages for modeling and Web-visualization of geographical legacy data. In: GeoInfo 2004, Campos do Jordão (SP). Sociedade Brasileira de Computação (SBC).
- MCILRAITH, S. A.; SON, T. C.; ZENG, H. Semantic Web Services. **IEEE Intelligent Systems**, v. 16, n.2, p. 46-53, 2001.
- MONTGOMERY, G. E.; SCHUCH, H. C. GIS Data Conversion Handbook. John Wiley & Sons, 1993.

- NATURAL RESOURCES CANADA, 2005, GeoConnections Discovery Portal.
- OLIVEIRA, J. L.; GONÇALVES, M. A.; MEDEIROS, C. M. B. A framework for designing and implementing the user interface of a geographic digital library. **International Journal on Digital Libraries**, p. 190-206, 1999.
- OPENGIS CONSORTIUM, 2003, OpenGIS Reference Model.
- OPENGIS CONSORTIUM, 2004, Geography Markup Language (GML) 3.1.0.
- SMITS, P., 2002, INSPIRE Architecture and Standards Position Paper, Architecture and Standards Working Group.
- SOARES, V. G.; SALGADO, A. C. Consultas visuais em sistemas de informações geográficas baseadas em padrões de metadados espaciais. In: I GeoInfo 1999, Campinas (SP).
- SUN MICROSYSTEMS, 1994, The Java language: a white paper.
- THOMAZ, K. P. **A preservação de documentos eletrônicos de caráter arquivístico: novos desafios, velhos problemas.** Belo Horizonte: UFMG, 2004. Tese de Doutorado, Escola de Ciência da Informação, 2004.
- UCSB, 2005, The Alexandria Digital Library.
- UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY, 2005, USGS Spatial Data Transfer Standard Information Site.
- VCKOVSKI, A. **Interoperable and Distributed Processing in GIS.** CRC Press, 1998.
- WORLD-WIDE WEB CONSORTIUM (W3C), 1999, XSL Transformations (XSLT) Version 1.0.
- WORLD-WIDE WEB CONSORTIUM (W3C), 2000, Scalable Vector Graphics (SVG) 1.0 Specification.