

Arquiteturas Cliente-Servidor para Bibliotecas Geográficas Digitais

José Roberto Osses¹
João Argemiro de Carvalho Paiva²
Gilberto Câmara²

¹FUNCATE- Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais, Av. Dr. João Guilhermino - 429 - 11o Andar
Edifício Saint James, Centro - São José dos Campos - SP - Brasil - CEP: 12.210-131

{osses} @geo.funcate.org.br

²INPE-Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Caixa Postal 515, 12201 São José dos Campos, SP, Brasil
{miro,gilberto}@dpi.inpe.br

Abstract. This work describes the development of a client-server application for dissemination of geographical data on the Internet. The authors describe a strategy that relies on use of the conceptual schema of the geographical database as a means for data selection and for establishing a compromise between client and server. The resulting system has acceptable performance and indicates a possible client-server solution for geographical digital libraries.

Resumo: Este trabalho descreve o desenvolvimento de uma aplicação cliente-servidor para a disseminação de dados geográficos na Internet. Os autores descrevem uma estratégia que se baseia no modelo conceitual de uma base de dados geográfica como forma de seleção de dados, e para o estabelecimento de um compromisso entre cliente e servidor. O sistema resultante apresenta performance aceitável e indica a possibilidade de uma arquitetura cliente-servidor para bibliotecas geográficas digitais.

Keywords. Geographical databases, Geographical digital libraries, GIS.

1 Introdução

Um dos desafios crescentes para as instituições que lidam com informações geográficas é a publicação de dados através da Internet. Por sua natureza gráfica e bidimensional, o ambiente WWW (“World Wide Web”) oferece uma mídia adequada para a difusão da geoinformação. A médio prazo, espera-se que a disponibilidade “on-line” de grandes bases de dados espaciais e de ferramentas eficientes de navegação torne a geoinformação acessível de forma ampla, sem a necessidade de aquisição de software específico. Muitos esforços tem sido realizados neste sentido procurando estender as técnicas já utilizadas para bibliotecas digitais convencionais, que já utilizam a Internet para difundir seu acervo, para Bibliotecas Geográficas Digitais (BGD) onde os objetos a serem armazenados são capazes de representar dados geográficos.

O principal objetivo de uma BGD é fornecer ferramentas para armazenar, descobrir e recuperar dados geográficos. Uma das mais importantes iniciativas tomadas com este objetivo é a “Alexandria Digital Library” (ADL) na Universidade de Santa Bárbara na Califórnia (UCSB,2000). O propósito da ADL é aprimorar o gerenciamento de acesso a informações

geograficamente referenciadas, tais como mapas, fotos aéreas e atlas. A sua interface permite ao usuário navegar no banco de dados usando uma seleção de regiões a partir de um mapa mestre e também selecionando funções no menu. A arquitetura da ADL envolve quatro componentes básicos:

- A interface com o usuário que suporta acesso de forma gráfica e textual aos outros componentes do sistema.
- Um catálogo distribuído que permite ao usuário identificar repositórios de interesse.
- Um componente de armazenamento distribuído contendo os repositórios digitais.
- Um componente de ingestão que permite armazenamento de novos repositórios, extração de metadados e adição dos metadados aos catálogos.

Diversas arquiteturas tem sido propostas para BGD e de maneira geral a solução adotada para facilitar a difusão de informação geográfica através da Internet é acoplamento de um servidor de dados geográficos. As tecnologias comerciais disponíveis podem ser enquadradas genericamente em duas grandes classes:

- Servidores de mapas, que, respondendo a pedidos remotos, enviam uma imagem (matriz) de tamanho fixo nos formatos GIF ou JPEG. Esta solução permite configurar o servidor para responder a diferentes tipos de consulta, sem requerer que todos os dados a ser transmitidos sejam pré-computados. Entretanto, o usuário consegue visualizar apenas as imagens enviadas; qualquer novo pedido é enviado de volta para o servidor, resultando em mais uma transferência pela Internet. Dependendo da velocidade de acesso, esta estratégia pode resultar em longos e sucessivos períodos de espera. Como por exemplo temos o “Internet Map Server” da ESRI.
- Clientes de Apresentação, que adotaram como solução a transmissão de todos os dados no formato vetorial para a máquina do cliente, com posterior visualização local. Estes servidores encapsulam a informação em formatos gráficos, que podem ser apresentados por meio de programas adicionais (“plug-ins”) acoplados a “browsers” como o Netscape ou o Explorer ou por meio de “applets” JAVA. Esta estratégia permite uma maior flexibilidade do lado do cliente, que pode realizar operações locais de visualização e consulta sob os dados transferidos. O tempo de acesso inicial para transferência é maior que no caso anterior, mas muitas das operações posteriores serão realizadas localmente, o que resulta usualmente em um tempo de resposta médio melhor. Exemplos são os produtos “Geomedia Web Map” da INTERGRAPH, “Map Guide” da AUTODESK e “SpringWeb” do INPE.

No entanto, as duas alternativas apresentam problemas. No primeiro caso, todos os dados ficam armazenados no servidor, e no segundo, todos precisam ser transferidos para o cliente. Seria mais conveniente dispor de configurações *cliente-servidor*, que pudessem balancear os pedidos de consulta, permitindo uma apresentação e navegação local em parte dos dados e realizando acessos remotos ao servidor apenas quando estritamente necessário.

Além dos problemas relativos a transmissão de dados muitos outros aspectos devem ser levados em conta para a construção de uma BGD. Ao se coletar dados geográficos para fazerem parte da

BGD já se depara com um grande problema que é a falta de padronização de formatos, modelos semânticos e metadados para os diversos sistemas de onde eles tiveram suas origens, dificultando assim sua integração. A tarefa de definir um modelo abrangente que possa ser utilizado nas diversas aplicações de Sistemas de Informações Geográficas não é trivial e até o momento não se chegou a um consenso. Estão surgindo diversas propostas de padronizações e um dos grupos que tem se preocupado com estes problemas é o Consórcio OpenGIS® (OGC,2000).

Neste contexto este trabalho apresenta uma proposta de arquitetura cliente-servidor para dados geográficos, abordando alguns aspectos relacionados a BGD tais como transmissão e apresentação de mapas, conversão de dados e buscas por atributos e regiões. Esta arquitetura está baseada em tecnologia JAVA, utilizando um “applet” no ambiente do cliente e um “servlet” no ambiente do servidor, e propõe uma forma de interface com o usuário que irá produzir consulta, que serão pré-processadas pelo “applet” e enviadas ao “servlet” se necessário.

O trabalho está organizado como segue. Na seção 2, discutimos as alternativas de arquitetura cliente-servidor para bibliotecas digitais. Na seção 3, descrevemos os componentes da solução proposta. Na seção 5, fazemos um balanço dos pontos positivos e negativos de nossa proposta.

2. Arquiteturas para Bibliotecas Geográficas Digitais

Gardels (1997) apresenta uma visão geral de arquitetura de uma biblioteca geográfica digital, operando no ambiente da Internet. Na sua visão, esta arquitetura apresenta os seguintes componentes, ilustrados na Figura 1:

- Módulo visualizador.
- Módulo Analisador.
- Módulo Fusor.
- Módulo Atomizador.

O módulo visualizador é constituído basicamente pela interface com o usuário. Esta interface deve permitir aos usuários descobrir, recuperar e apresentar dados geográficos e pode ser dividida em módulos de apresentação de atributos e outros módulos com o propósito de atender requisitos específicos da aplicação.

De maneira geral, o usuário não conhece previamente o conteúdo da BGD. Assim a interface deve fornecer meios para que ele busque por dados de sua área de interesse, como por exemplo através de uma ferramenta de interação com um mapa onde ele possa selecionar uma região geográfica. Uma outra forma pode ser através do uso de metadados que podem direcionar os usuários a formular comandos de busca que permitam localizar os dados desejados através de seleção de atributos que satisfaçam seus requisitos.

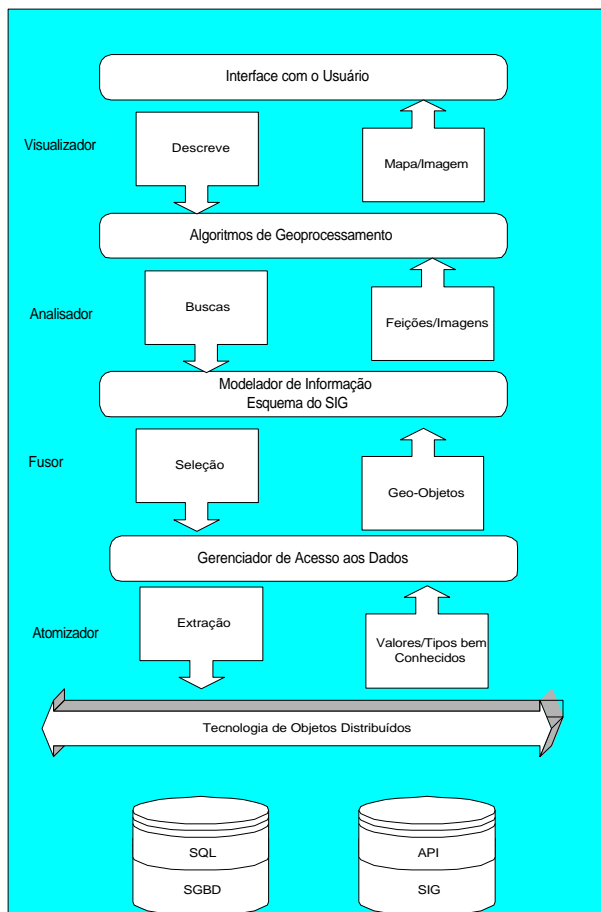


Figura 1 – Arquitetura proposta por Gardels.

O módulo analisador, de forma oposta ao visualizador, geralmente está localizado no servidor, totalmente ou em grande parte. Ele será responsável por: (a) receber descrições geradas na interface com o usuário interpretar e executar as instruções nelas contidas; (b) Montar as coleções de objetos geográficos que serão enviadas como resposta as descrições para a interface com o usuário. O analisador pode estar centralizado em

um servidor único ou diversos servidores atuando de forma federada (Laurini,1998). O módulo fusor trata dos problemas de integração de diversos esquemas utilizados para originar os dados que integrarão a BGD. Em cada sistema os dados geográficos possuem representações conceituais diferentes. Ainda não existe um consenso com relação a um esquema de representação conceitual para dados geográficos. Alguns esforços tem sido feitos neste sentido sendo os mais notáveis os efetuados pelo consórcio OpenGis®. O módulo atomizador trata das conversões estruturais dos dados armazenados em diferentes sistemas. Existem alguns padrões intermediários utilizados para transferência tais como DXF, SDTS, SAIF etc. Este mecanismo não garante que os dados sejam todos convertidos devido a dificuldade de representar nestes formatos detalhes internos de todos os sistemas utilizados.

3 Arquitetura Proposta

3.1 Configuração

A arquitetura proposta está baseada no modelo de camadas múltiplas, sendo utilizadas três camadas neste trabalho. A primeira camada é um navegador para Internet que serve como um Cliente Universal. Acoplado ao navegador temos um “applet” JAVA. O Applet é responsável por funções ligadas ao cliente tais como: apresentação de mapas e objetos geográficos, controle de diálogos e interfaces, controle de cache de dados e controle de geração de expressões em linguagem de consulta.

A segunda camada é constituída de um servidor para protocolos HTTP com capacidade de executar “servlets” em JAVA. O “servlet” é um aplicativo que permanece em execução no servidor aguardando por solicitações dos clientes e tem a capacidade de atender diversas solicitações simultâneas. O “applet” pode estabelecer uma conexão com qualquer servidor onde exista um “servlet” preparado para receber suas requisições. A seleção do servidor pode ser feita de forma predefinida ou pode ser fornecida ao usuário uma interface para seleção através de seu nome ou endereço IP. Não existem restrições técnicas com relação ao número de servidores que podem ser acessados simultaneamente por um “applet”. O protocolo de comunicação entre estas duas camadas é o HTTP de onde são especialmente utilizados os métodos GET e POST para implementação de um sub-protocolo para troca de mensagens específicas entre as camadas.

A descrição do sub-protocolo utilizada neste trabalho é apresentada em tópico adiante que descreve a comunicação entre o “applet” e o “servlet”.

A terceira camada é composta por um Sistema Gerenciador de Banco de Dados Relacional que armazena todos os dados utilizados pelo sistema. O “servlet” acessa as informações do banco de dados relacional utilizando a API JDBC da linguagem JAVA que é um conjunto de especificações que define como um programa escrito em JAVA pode se comunicar e interagir com um banco de dados (Siple,1998).

O sistema desenvolvido para avaliar esta arquitetura foi denominado SIGTEIA formado pelo anacronismo entre Sistema de Informações Geográficas e uma variação da tradução de WEB (Rede, Teia) utilizado para designar a Internet.

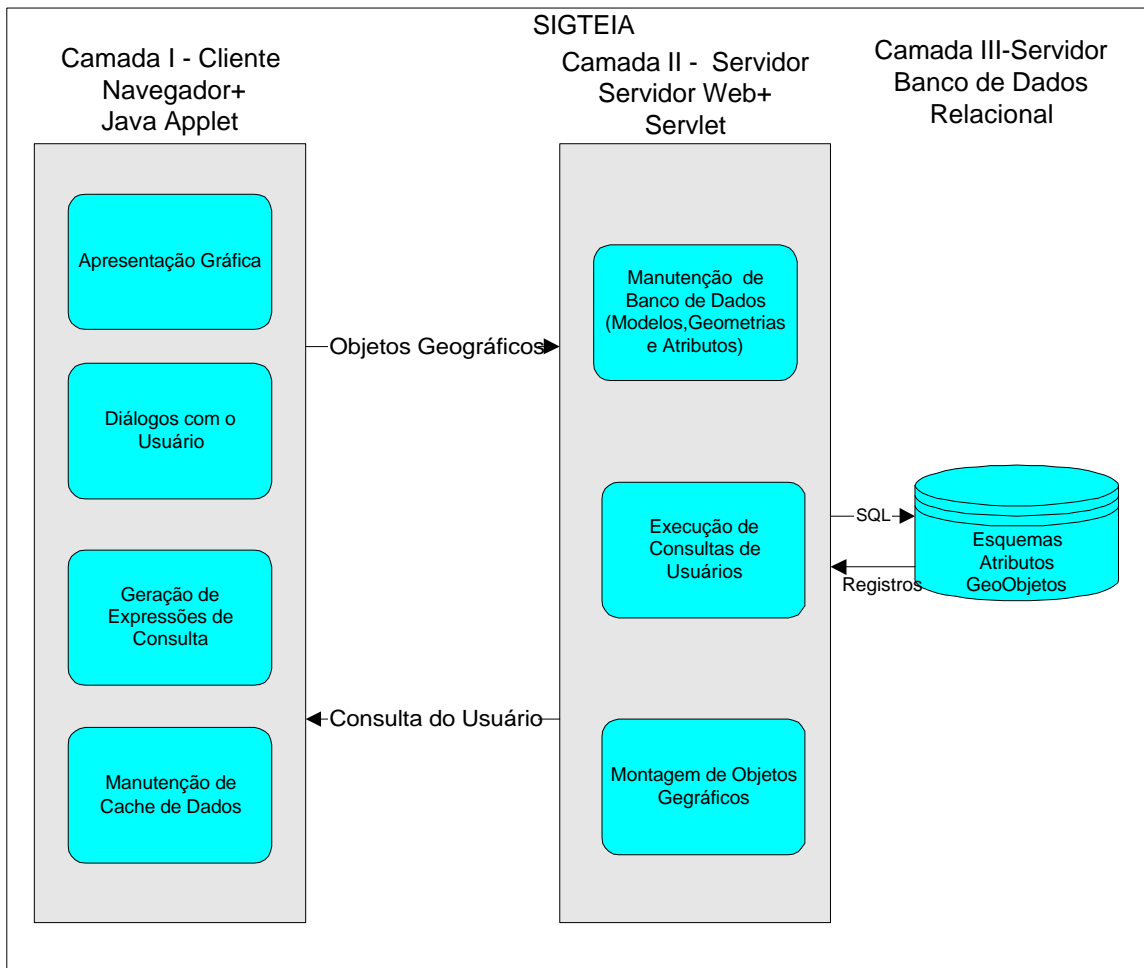


Figura 2 – Funções principais do SIGTEIA.

O “servlet” é encarregado de interpretar as solicitações dos clientes, acessar o banco de dados, executar os comandos necessários, preparar e enviar a resposta adequada de volta ao cliente.

A Figura 2 apresenta as funções principais de cada parte do sistema ligados ao cliente e ao servidor.

3.2 O Modelo Conceitual

O Modelo Conceitual adotado é baseado no modelo do SPRING (INPE/DPI, 2000). Neste trabalho estão sendo tratadas somente entidades geo-referenciadas que podem ser classificadas como Geo-Objetos. Além disso a única representação implementada para os Geo-Objetos é a vetorial. Outra diferença com relação ao

Modelo do SPRING é que cada Geo-Objeto possui uma única representação que é do tipo “WKG” (*Well Known Geometry*) definidos pelo padrão OpenGis®. A persistência dos dados é feita totalmente em bancos de dados relacionais utilizando campos binários longos para armazenamento de “WKG”. A Figura 3 apresenta o modelo orientado por objetos do SIGTEIA.

O Banco de Dados Geográfico é a classe principal neste modelo. Uma instância desta classe contém informações a respeito do esquema do banco de dados em uso ou ativo, ou seja, quais os projetos, projeções, categorias, planos de informação e geo-objetos para determinado banco de dados geográfico. Um servidor de dados geográficos pode possuir diversos bancos de dados geográficos e cada um deles com esquemas diferentes. No caso do SIGTEIA quando o “applet” faz uma requisição solicitando o esquema de determinado banco de dados geográfico o “servlet” fica responsável por gerar uma instância desta classe e enviar este objeto como resposta. O Projeto define uma região física normalmente retangular onde os dados estão contidos. Este Projeto está associado a uma projeção e possui um conjunto de planos de informação que por sua vez vão possuir uma coleção de Geo-Objetos. As categorias procuram descrever fenômenos que possuem características comuns e desta forma agrupá-los para facilitar seu entendimento. No SIGTEIA existem dois tipos básicos de categoria uma para determinar as características dos planos de informação, ou seja, que tipos de dados estão sendo agrupados em cada plano e outra que determina características comuns entre Geo-Objetos que é denominada categoria de objetos. Um plano de informação de determinada categoria pode receber objetos de diversas categorias de objetos diferentes.

No SIGTEIA o Visual esta relacionado ao Geo-Objeto e não a categoria de objeto a que ele esta associado. Desta forma o usuário poderá efetuar diferenciações de representação entre Geo-Objetos da mesma categoria que pode ser útil para operações tais como agrupamento por atributos semelhantes.

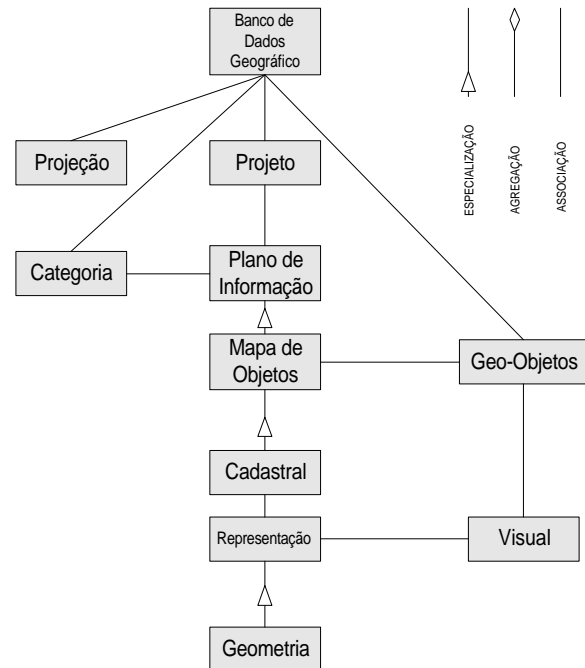


Figura 3 – Modelo Orientado por Objetos do SIGTEIA

3.3 Organização do Banco de Dados Geográfico

O Banco de Dados Geográfico é organizado no servidor e está totalmente contido em um Sistema de Banco de Dados Relacional. Um servidor pode possuir diversos bancos de dados geográficos e pode estar atendendo a demanda por informações referentes a bancos diferentes ao mesmo tempo. Cada banco de dados possui tabelas que armazenam informações com relação ao esquema dos dados, a geometria e atributos de Geo-Objetos.

3.4 Funções do “Servlet”

O “servlet” fica localizado no servidor junto com o Banco de Dados Geográfico, e é responsável por manter uma conexão com o Banco de Dados Relacional e com o “applet”. Na conexão com o “applet” se faz necessário estabelecer um protocolo para que o “servlet” seja capaz de interpretar as solicitações efetuar as atividades corretas e enviar as respostas adequadas. Por exemplo o “applet” pode solicitar que o “servlet”

envie o esquema do banco de dados geográficos, e a ação a ser tomada é conectar-se ao banco de dados ler as informações relativas ao esquema, montar objetos para as classes pertencentes ao esquema e enviar estes objetos de volta ao “applet”. O protocolo utilizado pelo “servlet” para comunicação com o banco de dados relacional é o padrão SQL. A conexão é efetuada através da chamada de rotinas pertencentes a API JDBC. O servidor carrega o “servlet” que pode então aceitar diversas requisições dos clientes e retornar dados a eles. O “servlet” possui métodos denominados “doGet” e “doPost” que são acionados toda vez que ele recebe uma requisição

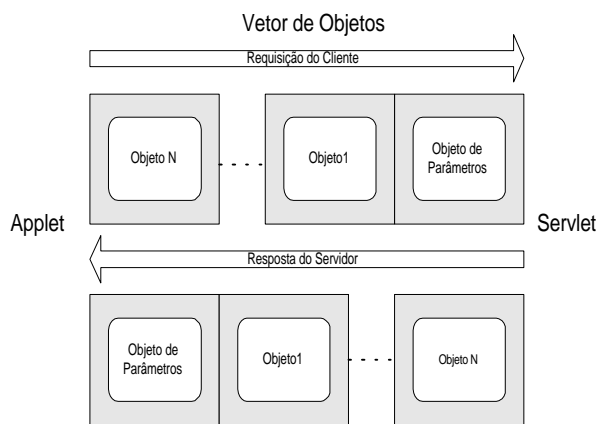


Figura 4 – Troca de informações entre Applet/Servlet

do cliente do tipo GET e POST do protocolo HTTP. Estes métodos efetivamente irão tratar da comunicação entre o “servlet” e os clientes. Para o SIGTEIA um protocolo foi definido para possibilitar esta comunicação. Toda vez que o cliente envia um comando de GET ou POST deve enviar também um vetor de parâmetros e objetos para que o “servlet” interprete execute o comando e devolva outro vetor contendo parâmetros e objetos como resposta. A Figura 4 exemplifica o fluxo de parâmetros e objetos entre “Applet/Servlet”.

3.5 Funções do Applet

O “applet” tem como funções básicas o controle de apresentação do modelo e dos dados geográficos e seus atributos aos usuários. Além disso o “applet” se preocupa em manter um cache de dados do lado do cliente de forma a minimizar a transferência de dados de forma desnecessária entre o cliente e o servidor. As interfaces com o

usuário estão organizadas em forma de painéis sobrepostos. O controle de seleção de ativação de painéis é feito por meio de tabuladores posicionados em uma de suas laterais com um nome identificador do painel. Os painéis contém os elementos de interface, tais como botões, listas, e textos editáveis, utilizados para interação com o usuário. A Figura 5 apresenta a interface inicial do “applet” do SigTeia. O sistema tem suas funções divididas em 8 painéis principais: Conexão, Esquema, Apresentação, Seleção por Planos, Seleção por Atributos, Metadados e Mensagens. Os painéis interagem entre si e comandos em um deles pode afetar o contexto de outro. Basicamente as funções de cada painel são:

- Conexão, controla a seleção de servidores e estado da conexão trocando mensagens entre o “applet” e o “servlet”.
- Esquema, apresenta o esquema através de uma interface hierárquica em forma de árvore.
- Seleção por planos, permite a seleção total de um plano de informação para apresenta. Possui dispositivos para atribuir cores e prioridades de apresentação dos geo-objetos pertencente ao plano selecionado.
- Seleção por atributos, permite a montagem de consultas simples em SQL que serão enviadas ao servidor para buscar os objetos desejados.
- Objetos, é uma interface em forma de tabela utilizado para apresentar os atributos que podem ser selecionados pelo usuário.
- Apresentação, possui uma área para desenho que permite a interação do usuário com a representação gráfica dos objetos selecionados.
- Metadados, é apresentada em forma textual algumas informações adicionais que podem ser importantes para facilitar o entendimento pelo usuário do conteúdo das informações no banco de dados. O texto apresentado esta em formato HTML.

4. Análise da Arquitetura Proposta

A grande vantagem da arquitetura desenvolvida no trabalho é sua relativa simplicidade. Partindo-se de um modelo de dados bem definido, foram definidos componentes cliente-servidor para dados geográficos que operam de forma semelhante aos bancos de dados convencionais. Os dados são trazidos para a máquina do cliente sob demanda.

Este trabalho mostra que o uso de um modelo de dados conceitual facilita muito o estabelecimento de um compromisso cliente-servidor. O uso de um modelo semântico forte aumenta a percepção cognitiva do usuário sobre o conteúdo do banco de dados residente num servidor remoto.

A principal limitação da arquitetura proposta é sua ênfase nos aspectos descritivos dos dados para a seleção e falta de filtragem espacial dos dados. Assim, caso o usuário queira visualizar uma área geográfica limitada e o dado desejado cubra uma área maior, ele é recuperado na sua totalidade e enviado para o cliente. Isto resulta numa transmissão de dados possivelmente desnecessária.

5. Conclusões

Este trabalho mostra a viabilidade do desenvolvimento de tecnologias JAVA (“applet”-“servlet”) para bibliotecas geográficas. Indica ainda que o uso de um esquema conceitual pode ser importante suporte neste tipo de aplicativo. Finalmente, mostramos que uma solução completa deveria envolver outros aspectos não considerados neste trabalho.

Agradecimentos

Este trabalho faz parte do projeto de cooperação conjunta CNPq/NFS sobre Interooperabilidade em Sistemas de Informações Geográficas, sendo financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Referências Bibliográficas

Câmara, G.; Souza, R.C.M.; Freitas, U. M.; Garrido, J. “SPRING: Integrating Remote Sensing and Gis by Object-Oriented Data Modelling”. Computer and Graphics, vol. 20, n.3,1996.

Gardels, K. (1997). Open GIS and On-Line Environmental Libraries, SIGMOD Record, Association of Computing Machinery Special Interest Group on Management of Data, March 1997.

INPE/DPI (2000). SPRING: Sistema de Processamento de Informações Geo-referenciadas. <<http://www.dpi.inpe.br/spring>>

Laurini R. (1998). Spatial Multidatabase Topological Continuity and Indexing: a Step

towards Seamless GIS Data Interoperability. International Journal of Geographical Information Sciences. Vol. 12,4 June 1998, pp. 373-402.

OGC- OpenGis® Consortium, 2000. Technical Specifications.

<www.opengis.org/techno/specs.htm>

Siple, Mathew D. The complete guide to JAVA database programming with JDBC, Computing McGraw-Hill, 1998.

UCSB, 2000- University of California at Santa Barbara, 2000 – <<http://alexandria.sdc.ucsb.edu>>

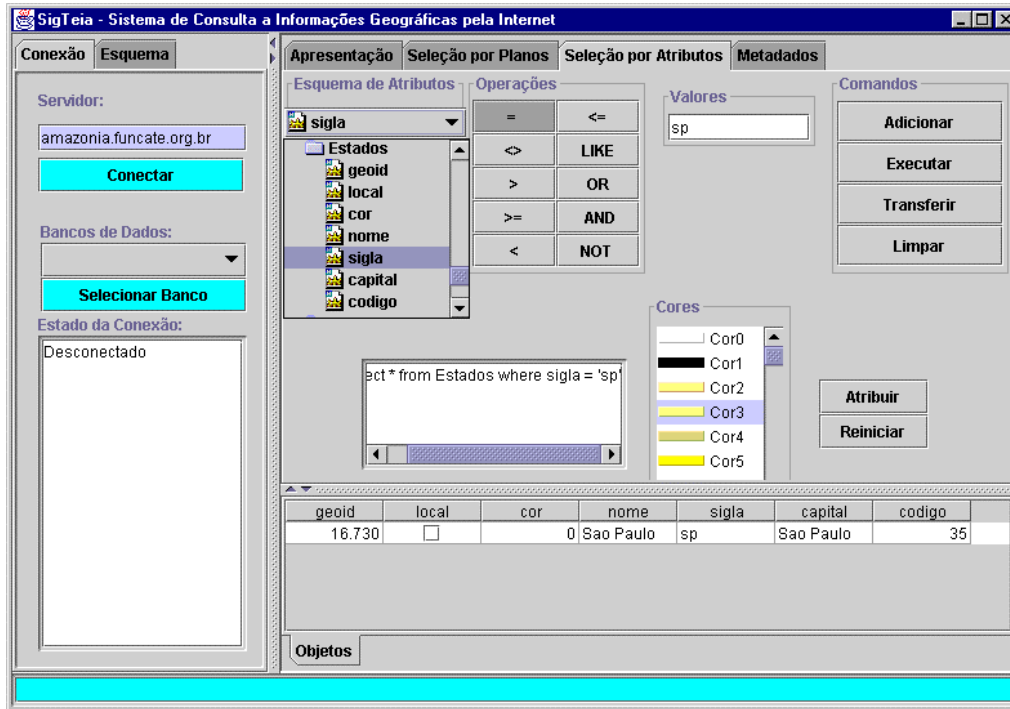


Figura 5 - Painel de Seleção por Atributos.

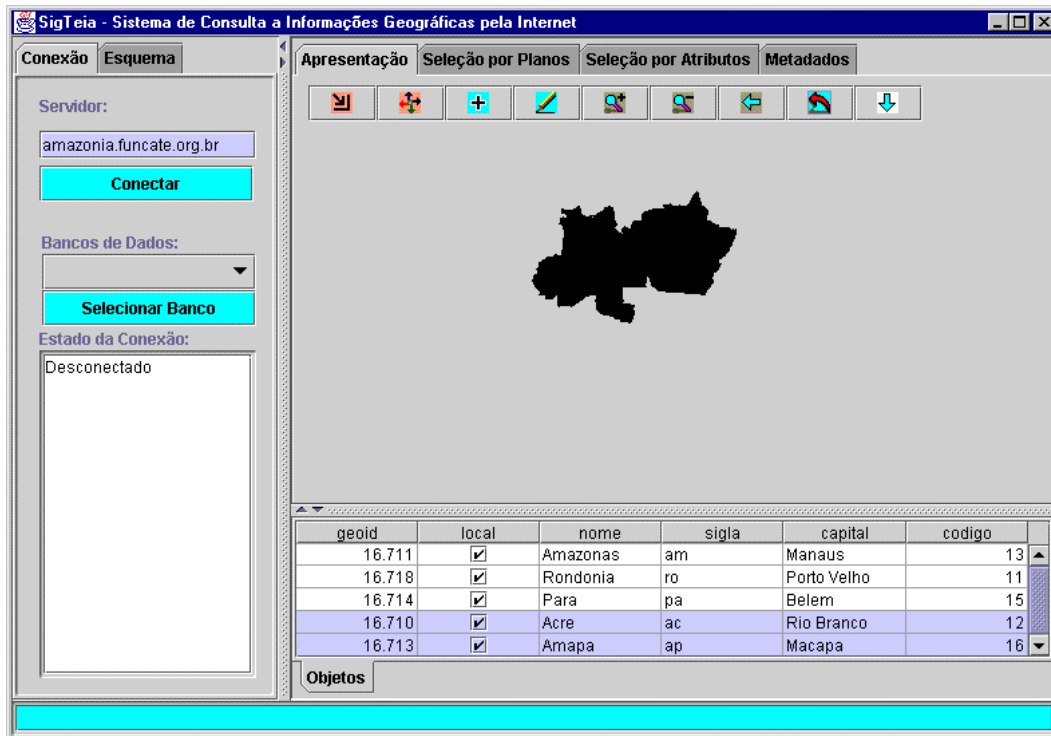


Figura 6 – Painéis de Apresentação, Conexão e Objetos.