

Consultas Visuais em Sistemas de Informações Geográficas baseadas em Padrões de Metadados Espaciais

VALÉRIA GONÇALVES SOARES^{1 2}, ANA CAROLINA SALGADO¹

¹Universidade Federal de Pernambuco – DI - CP7851, 50732-970 Recife, PE, Brasil
{vgs,acs}@di.ufpe.br

²Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte – Natal, RN, Brasil
valeria@dmrh.emparn.br

Abstract. This article proposes an environment for visual queries in Geographical Information Systems (GIS). The queries use visual elements and spatial operators, and each element is represented according to a standard for digital geospatial metadata. Based on this description of metadata we propose to create a Standard to Visualize Spatial Data, and a new Visual Query Language to be used for GIS users. The main objective of the proposed system is to improve the friendliness to query a GIS, which is achieved by using pictorial information to build query clauses and by reducing the differences among GIS internal structures, using this Visual Standard.

Resumo. Este artigo propõe um ambiente para consultas visuais em Sistemas de Informações Geográficas (SIG). As consultas são realizadas utilizando-se elementos visuais e operadores espaciais, onde cada elemento é representado de acordo com um padrão de metadados espaciais. Baseado neste padrão de metadados nos propomos a criar um Padrão de Visualização de Dados Espaciais, como também uma nova Linguagem de Consulta Visual. O sistema proposto tem como principal objetivo tornar as consultas em SIG mais amigáveis, utilizando informações pictóricas para construir sentenças de consultas, de forma a reduzir a dificuldade de elaboração das mesmas em consequência da diferença entre as estruturas internas dos diversos SIG.

1 Introdução

A área de Interfaces para Sistemas de Informações Geográficas (SIG) requer ainda muita pesquisa e esforço no desenvolvimento de novas tecnologias para melhorar seu uso efetivo [1][2][3][4][5]. Um aspecto importante a ser considerado neste contexto é a necessidade de uma linguagem de consulta visual que permita que os usuários possam pensar graficamente, enquanto formulam suas consultas. A maioria dos SIG atuais é capaz de gerar representações gráficas para obtenção do resultados das consultas, mas apenas poucos deles suportam consultas visuais [3]. É muito difícil para um usuário típico de SIG formular consultas utilizando operadores espaciais complexos e suas entidades relacionadas, tudo de forma textual. Esta dificuldade pode ser reduzida pelo uso de Linguagens de Consultas Visuais (LCV).

Propomos utilizar Padrões de Metadados Espaciais [12][13] e uma Linguagem de Consulta Espacial para definir um Padrão Visual de Dados Espaciais, *GeoVisual Standard* (Geographic Data Visual Standard) para resolver alguns problemas típicos da interface com o usuário, como também melhorar a visualização e a integração dos dados. *GeoVisual Standard* é definido baseado em elementos visuais e operadores espaciais e será usado para definir a Linguagem de Consultas Visuais Geográfica, (1) e (2) são solucionados pela apresentação do *Esquema Visual*, e os problemas (3) e (4) são resolvidos pela Interface, que poderá ser visto a seguir na seção 5.

Os usuários não precisam conhecer as estruturas internas do Banco de Dados Geográfico e as Linguagens de Consultas específicas para cada SIG. Ao invés disso, podem utilizar a mesma linguagem de consulta visual padrão que foi projetada baseada em um padrão de metadados, para consultar SIG. A arquitetura do sistema proposto suporta não apenas consultas visuais pela manipulação direta através da disponibilização de elementos gráficos clicáveis em sua interface, mas também permite que os usuários naveguem pelo conteúdo do Banco de Dados Geográfico representado pelo *Esquema Visual* para buscar informações antes de construir suas sentenças de consulta.

O restante deste artigo está estruturado como segue. Na próxima seção definimos Sistemas de Consultas Visuais. Na seção 3 apresentamos algumas considerações sobre os padrões de metadados espaciais. Nas seções 4 e 5 definimos alguns aspectos importantes da arquitetura do sistema proposto. E

GeoVisualQL (Geographic Visual Query Language). A Linguagem *GeoVisualQL*, é sintática e semanticamente definida para suportar as principais estruturas da Linguagem de Consulta Espacial.

Um dos maiores problemas no uso de SIG é a sua interface [1][2][3]. Normalmente as interfaces para SIG apresentam muitas diferenças umas das outras, e muitas vezes elas oferecem mecanismos muito complexos para a definição de consultas. A arquitetura do sistema proposto apresenta soluções para quatro problemas mais frequentes em interfaces para SIG, tais como: (1) a falta de informação a respeito dos dados geográficos disponíveis, (2) como os dados estão estruturados internamente, (3) qual linguagem de consulta específica utilizar, e (4) como definir as sentenças de consulta nesta linguagem. Nossa arquitetura apresenta dados geográficos de forma visual permitindo que os usuários busquem por informação facilmente. Apresenta um *Esquema Visual* que mostra as informações geográficas relativas ao conteúdo do SGBD Geográfico, tudo representado graficamente. Também apresenta-se como opção para o usuário elaborar a sua consulta na *Caixa de Diálogo* do módulo da Interface, ícones geográficos que representam as entidades espaciais e os operadores espaciais permitidos, de acordo com a especificação da Linguagem de Consultas Visuais Geográfica, *GeoVisualQL*. Deste modo, os problemas

finalmente, na seção 6 apresentamos a situação atual do sistema.

2 Sistemas de Consultas Visuais

Sistemas de Consultas Visuais (SCV) são sistemas de consultas a bancos de dados que utilizam uma representação visual para alcançar o domínio de interesse e expressar pedidos solicitados [6]. Estes sistemas provêm não somente a capacidade de expressar consultas em uma forma visual, como também provêm diferentes funcionalidades para melhorar a interação homem-máquina. O uso de ferramentas visuais pode ajudar os usuários no acesso aos bancos de dados sem que os mesmos necessitem conhecer previamente a linguagem de consulta específica em uso.

O objetivo de um típico usuário de um SCV é recuperar os dados desejados através de duas atividades [6]: entendendo o domínio de interesse e formulando a consulta.

A formulação da consulta pode ser feita por quatro estratégias [6] que identificam o tipo do SCV:

- *Por navegação de esquema*: se concentra em um conceito ou em um grupo de conceitos, e se

move através do mesmo para especificar condições ou operadores que podem ser utilizados.

- *Por sub-consultas.* Neste caso, a consulta é formulada pela composição de resultados parciais.
- *Por casamento:* é baseado na idéia de apresentar a estrutura de uma possível resposta que é casada com os dados armazenados.
- *Por margem de seleção:* permite uma consulta condicionada por uma dada margem ou conjunto de dados multi-chaves a ser executado; neste caso, a consulta é formulada pela manipulação direta de elementos gráficos.

Alguns SIG utilizam Linguagens de Consultas Visuais, como por exemplo Cigales [7][8][9]. Cigales é uma linguagem de consulta visual e declarativa para SIG. Uma consulta é definida numa filosofia *Query-By-Example* gráfica, que implica numa representação gráfica da consulta. Outros sistemas também suportam consultas visuais em SIG, como por exemplo [3][5], o que poderemos ver na próxima seção. A diferença entre os sistemas existentes e o sistema proposto é que nós definimos um *Padrão Visual de Dados Espaciais, GeoVisual Standard*, para construir a estrutura das consultas visuais, que por sua vez é baseado em padrões de metadados espaciais

2.1 Sistemas de Consulta Visual para SIG

CIGALES [7][8][9]

A principal característica desta linguagem é a sua simplicidade em expressar uma consulta e seu poder representativo. O principal objetivo do CIGALES é interagir de forma amigável com o usuário. Desta forma definiu-se uma linguagem gráfica que é uma maneira mais fácil e natural de manipular dados geográficos. Utiliza-se um modelo de dados simplificado independente da representação física. Outro grande objetivo do CIGALES é aumentar o poder expressivo que permite gerenciar um grande número de consultas geográficas.

A construção de consultas é executada através de um editor especializado, que provê facilidades para a construção de consultas através de ícones que representam todos os operadores disponíveis. A definição de consulta em CIGALES é uma combinação de operadores, utilizando a noção de objeto corrente. A consulta pode ser feita com um objeto e um operador, ou dois objetos e um operador entre os dois.

Uma importante característica do CIGALES é ser independente do armazenamento físico dos dados. No entanto, dados alfanuméricos são modelados com uma metodologia orientada a objetos. Uma consulta alfanumérica é a definição de um *label* que pode ser definido sobre um objeto ou sobre um operador.

CIGALES foi designado para ser um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados Espacial de alto nível. Duas metáforas, uma zona e uma linha representam objetos do banco de dados. Cinco operadores espaciais estão disponíveis no nível da interface com o usuário: inclusão, interseção, adjacência, linhas retas e caminhos. Muitos outros operadores estão disponíveis assim como união e diferença, mas muitas vezes os usuários nem ficam sabendo de sua existência. O processo de desenho gera estes operadores automaticamente. Uma consulta é graficamente construída pela combinação de metáforas e operadores. Esta consulta é então traduzida numa expressão formal baseada numa linguagem funcional a ser compilada pelo SGBD.

Nas referências [7][8][9] não encontramos informações a respeito de existência de esquema visual global ser apresentado na interface, nem muito menos do uso de metadados espaciais.

VISCO [5]

VISCO é um sistema de consultas visuais espaciais designado para extrair informações a partir de Sistemas de Informações Espaciais, mas especificamente, Sistemas de Informações Geográficas. O termo Sistemas de Informações Espaciais se refere a uma classe de sistemas que coletam, gerenciam e oferecem a análise e a apresentação de dados espaciais.

VISCO suporta a recuperação de constelações interessantes de objetos espaciais baseada em seus atributos estruturais, topológicos, métricos, e geométricos e os relacionamentos entre os mesmos.

A linguagem é baseada em uma forte metáfora para consultar objetos e assume um vetor topologicamente estruturado dos dados de interesse.

O protótipo de VISCO consiste de três componentes principais:

- Um Editor de Consultas Gráficas oferecendo opções de desenho.
- Uma ferramenta de inspeção de mapa.
- Um navegador para os resultados das consultas.

Também neste sistema não verificamos a existência de um esquema visual do banco de dados na interface, nem o uso de metadados.

Sketch! [3]

A linguagem visual *Sketch!* a primeira vista aparenta ser similar ao CIGALES, mas existem algumas diferenças importantes, não só na estrutura da linguagem, como também no paradigma fundamental pelo qual a linguagem é baseada.

O paradigma do quadro-negro se mostra especialmente interessante e é um candidato para uma representação cognitiva adequada que promete resolver problemas porque tem um forte uso de conceito familiar de espaço. A intenção básica desta metáfora é livrar o usuário de ter que aprender algum tipo de representação esquemática pela qual ele tenha que formular suas consultas com muito esforço.

A interface proposta neste sistema é dividida em dois componentes: o componente de consulta e o componente de resposta. O componente de resposta pode ser imaginado como oferecendo instanciações dos resultados das consultas e suportando composição de consulta incremental.

Esta proposta também não utiliza padrões de metadados espaciais para formular sua linguagem de consulta visual.

3 Padrões de Metadados Espaciais

Metadados descrevem o conteúdo, a qualidade, a condição e outras características relevantes do dado [10]. O conceito de metadados é familiar para a maioria das pessoas que manipulam com informações geográficas. A legenda de uma mapa, por exemplo, é puramente metadado [11]. A maior parte dos arquivos geo-espaciais digitais atualmente tem algum metadado associado.

O *Federal Geographic Data Committee* (FGDC) [12] adotou um padrão de conteúdo para metadados, o *Content Standard for Digital Geospatial Metadata* (CSDGM) [13], que é um padrão de metadados espaciais desenvolvido para suportar a *National Spatial Data Infrastructure* [14]. Este padrão provê um mecanismo consistente e formal para a descrição das características dos dados. Provê também uma maneira dos usuários saberem quais os tipos de dados disponíveis, se os dados atendem as suas expectativas, onde encontrar estes dados e como acessá-los [11].

A primeira impressão do CSDGM é sua grande complexidade [10]. Ele se apresenta como uma

referência, um ambiente que converge todas as informações que você precisa saber sobre o conjunto de dados, para avaliar sua usabilidade, obtê-lo, e usá-lo efetivamente.

As principais sub-divisões do CSDGM são [10]:

- *Identification Information*: Título do conjunto de dados, área coberta, palavras-chave, propósito, resumo, restrições de acesso e de uso.
- *Data Quality Information*: Correta localização horizontal e vertical, completude e linearidade do conjunto de dados.
- *Spatial Data Organization Information*: Dados tipos raster, vetor, ou uma ligação indireta a sua localização.
- *Spatial Reference Information*: Latitude, longitude, sistema de coordenadas ou projeção de mapa.
- *Entity and Attribute Information*: Definições e atributos do conjunto de dados.
- *Distribution Information*: Distribuidor, formato dos arquivos de dados, tipos de mídia off-line, ligação para os dados on-line, taxas.
- *Metadata Reference Information*: Quem criou os metadados e quando.

A especificação formal deste padrão descreve cada entidade espacial no SGBD Geográfico, onde ao conjunto de descrições de todas as entidades denominamos *arquivos de descrição de metadados* ou simplesmente *arquivos de metadados*. A especificação completa de cada um destes itens incluindo um *template* da formatação destas descrições pode ser encontrada na referência [10].

Algumas companhias já estão publicando seus dados espaciais e metadados na *World Wide Web* (WWW). Estas companhias são conhecidas como *Geospatial Data Clearinghouses*, ou seja, são repositórios de dados geo-espaciais na Web, que utilizam o padrão de metadados FGDC [15].

O Consórcio OpenGIS (OGC) [18] é uma organização internacional de associados engajados em uma cooperativa de esforços para criar especificações de computação aberta na área de geoprocessamento. O OpenGIS esta trabalhando em conjunto com o FGDC e a especificação ISO/TC 211 para juntos desenvolverem um padrão formal e global de metadados espaciais.

4 Consultas Visuais usando Padrões de Metadados Espaciais

Apresentamos aqui uma solução ao problema de consultar SIG, especialmente em termos de sua interface com o usuário. Como dito anteriormente, Sistemas de Informações Geográficas normalmente não apresentam interfaces muito amigáveis [1][2]. Geralmente a Linguagem de Consulta do SIG é específica e dependente das estruturas internas do Banco de Dados Geográfico. Muitas vezes a formulação de consultas em linguagens de consultas espaciais tradicionais se torna uma tarefa difícil porque as estruturas são muito complexas e ambíguas [16] [17]. Usuários típicos não possuem o conhecimento necessário para expressar suas necessidades reais de uma maneira consistente [1][2]. Consultas textuais com muitas entidades espaciais e vários operadores tendem a ser extremamente confusas porque informações espaciais não inerentemente visuais.

O principal objetivo do sistema proposto é ser o mais genérico quanto possível, de modo que a mesma interface possa ser usada para acessar diferentes SIG. Para alcançar este objetivo usuários deverão usar a mesma cláusula de consulta para qualquer SIG.

4.1 Porque usar metadados espaciais?

O uso de metadados espaciais é importante porque desejamos apresentar informações geográficas de diversos SIG sempre com o mesmo formato. O principal objetivo de padrões de metadados espaciais, tal como FGDC [13], é tornar os dados espaciais claros e compartilháveis. Desta forma, associado com o padrão de metadados propomos a criação de um Padrão Visual de Dados Espaciais, *GeoVisual Standard*, ou seja, para cada elemento que é descrito no padrão de metadados corresponderá um elemento do *GeoVisual Standard*. Como os arquivos de descrição de metadados são totalmente textuais, finalizamos então com uma questão em relação a que processo usar para descrever estas informações graficamente.

Primeiramente, temos que definir alguns pontos em comum entre o padrão de metadados espacial e o modelo de dados espacial. Este modelo nos permite entender como os dados geográficos que manipulamos diariamente, tais como, tipos de solo, dados de chuva ou a localização de um posto pluviométrico, por exemplo, são armazenados de forma digital em nosso banco de dados. Por outro lado, temos o padrão de metadados que nos fornece informações de descrição dos dados geográficos armazenados. Nosso objetivo é descrever as

informações do modelo de dados pelo uso de arquivos de metadados.

Não existe um modelo de dados espacial que seja considerado padrão, amplamente adotado por todos os SIG. O que temos são diversas propostas de diversos autores [16][18][20], cada um deles levando em consideração informações que são necessárias no momento. O que precisamos definir é qual deles vai nos dar o máximo de informações necessárias ao nosso objetivo. O modelo de dados espacial a ser utilizado poderia ser, por exemplo, o *Geo-Relational Algebra*[16], ou o modelo conceitual do Consórcio OpenGIS [18]. Um ponto importante a ser considerado é que o FGDC é um dos membros do consórcio OpenGIS e portanto, o modelo de dados do OpenGIS já está de acordo com o padrão de metadados. Além disto, temos o Mgeo+[20] que é um modelo de dados espacial orientado a objetos que também poderá ser utilizado nesta nossa proposta.

Uma vez que tivermos definido os pontos em comum entre o modelo de dados espacial e o padrão de metadados, teremos como definir a representação gráfica das entidades geográficas, ou seja, os Elementos Visuais. Para alcançar este objetivo, utilizamos as seções *Entity and Attribute Information* nos arquivos de metadados, para pegar as informações sobre o tipo da entidade. Além disto, de acordo com a Linguagem de Consulta Espacial, nós especificamos os operadores espaciais que serão permitidos para cada elemento visual.

Os operadores espaciais representam os relacionamentos espaciais que podem ser realizados com estes elementos [19]. A seguir citamos alguns exemplo de operadores espaciais que representam alguns tipos de relacionamentos:

- Relacionamentos topológicos: adjacente, dentro de, disjunto, e outros.
- Relacionamentos de direção: acima, embaixo, norte_de, sudeste_de, etc.
- Relacionamentos métricos: “distância < 100”.

Uma vez que tivermos terminado todas as definições sobre os elementos visuais e seus operadores espaciais, nós teremos definido o Padrão Visual de Dados Espaciais *GeoVisual Standard*. Este novo padrão especifica como descrever dados geográficos visualmente. Para cada elemento definido neste padrão, estão associados operadores espaciais.

Definido o *GeoVisual Standard* podemos especificar a Linguagem de Consultas Visuais Geográfica ou, *Geographic Visual Query Language*

(GeoVisualQL). GeoVisualQL é definida utilizando-se os elementos visuais e operadores espaciais (Figura 1). Todas as entidades espaciais que são manipuladas em um SIG são também representadas por elementos visuais. Em geral estes elementos espaciais podem ser representados graficamente pelas

entidades geométricas conhecidas como: ponto, linha e polígono. Estes operadores espaciais são também representados graficamente em nosso sistema para permitir que usuários componham suas consultas numa forma completamente visual.

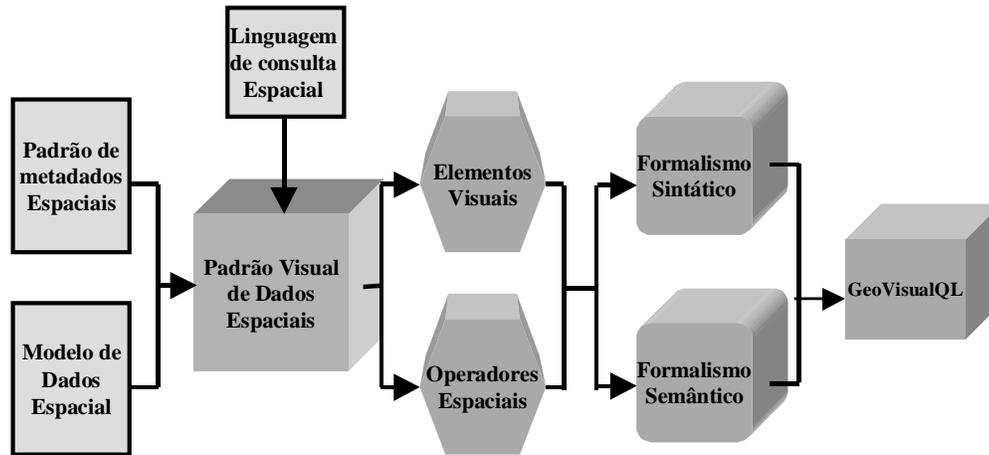


Figura 1 – Linguagem de Consulta Visual Geográfica (GeoVisualQL)

A formulação da consulta em nosso sistema segue as seguintes estratégias [6]:

- *Por Navegação de Esquema:* o sistema apresenta um esquema visual completo do banco de dados geográfico no módulo da interface (Figura 2), e os usuários podem navegar através do mesmo selecionando elementos para compor suas consultas.
- *Por Sub-Consultas:* Os usuários são permitidos de re-submeter o resultado de suas consultas de modo a obter informações mais detalhadas.
- *Por Margem de Seleção:* as consultas podem ser formuladas pela manipulação direta de elementos visuais e operadores espaciais, disponíveis no módulo da Interface (seção 5).

A sintaxe e a semântica de GeoVisualQL devem ser cuidadosamente definidas de acordo com a linguagem de Consulta Espacial, uma vez que necessitamos que todas as construções possíveis desta linguagem sejam possíveis também na linguagem visual.

5 Arquitetura do Sistema de Consultas Visuais

A arquitetura do sistema é composta basicamente de quatro módulos: *Componentes do SIG*, *Modelo de Metadados*, *Gerenciador de Consulta*, e *Interface Gráfica*, como mostrada na Figura 2. O módulo dos Componentes do SIG inclui o modelo de dados do SIG, o SGBD Geográfico (SGBDG) e a Linguagem de Consulta Espacial do SIG. O Modelo de Dados do SIG descreve como as informações geográficas são estruturadas internamente ao SGBDG.

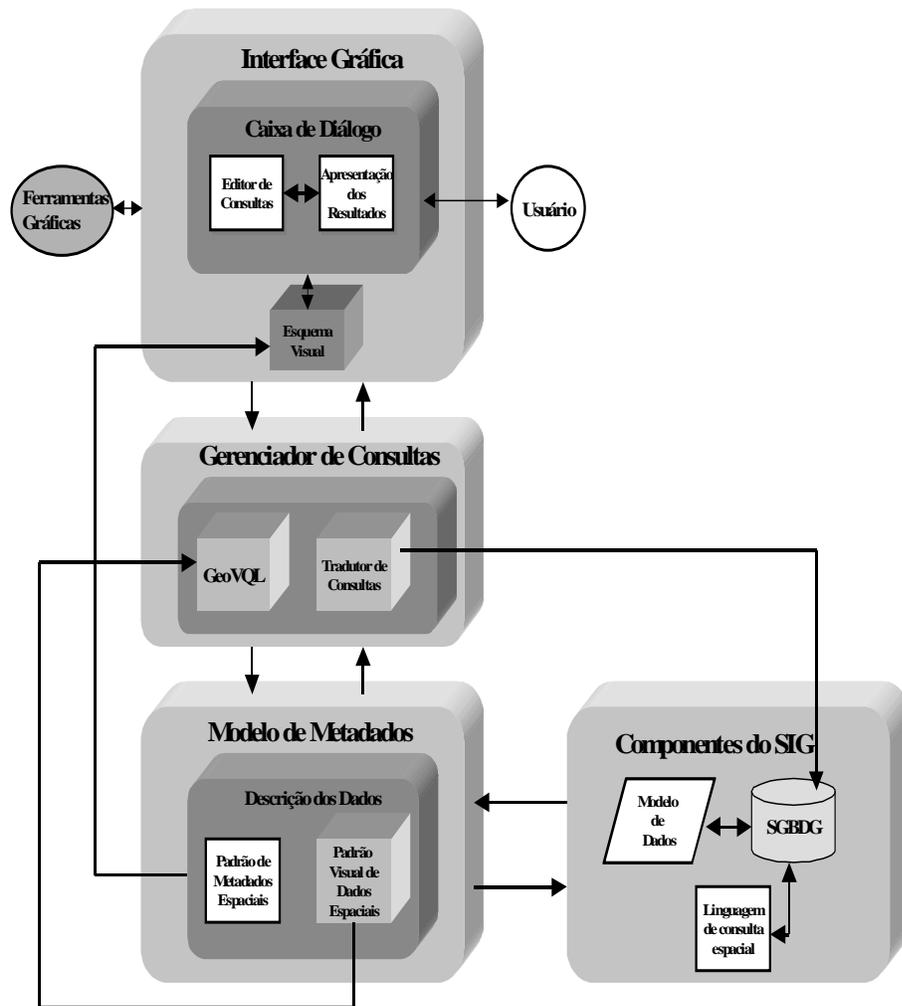


Figura 2 – Arquitetura do Sistema de Consultas Visuais

No Módulo *Modelo de Metadados* existe uma descrição do modelo de dados do SIG e da sua linguagem de consulta espacial nos arquivos de metadados, definidos baseado na especificação do padrão FGDC [13]. Como mostrado na Figura 2, este módulo gera o Esquema Visual do SIG em uso, baseado no esquema do SGBDG (mais detalhes desta geração podem ser vistos na Figura 3). As

informações do Esquema Visual são importantes porque apresentam detalhes sobre o banco de dados geográfico, principalmente no que diz respeito às referências espaciais de cada instância do objeto. As informações necessárias para a formulação das consultas serão visualmente apresentadas neste esquema.

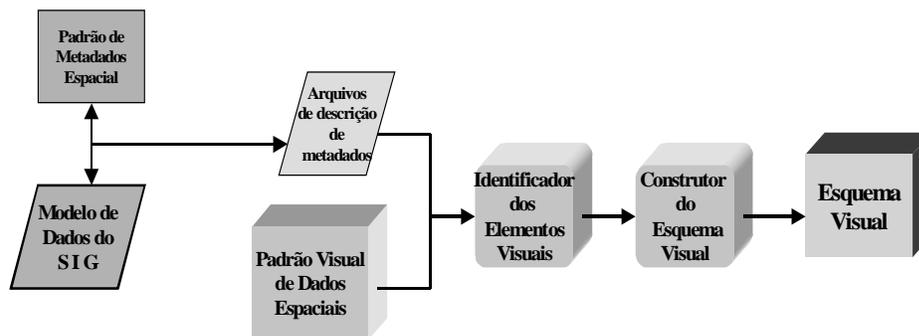


Figura 3 – Geração do Esquema Visual

A partir da definição do padrão de dados visuais *GeoVisual Standard*, apresentada na Figura 1, e dos arquivos de metadados, o sistema identifica os elementos visuais. Para cada instância do objeto, todas as informações sobre sua localização espacial devem ser cuidadosamente identificadas. Estas informações serão usadas para definir o esquema visual. Esta localização espacial será encontrada na seção *Spatial Reference Information* dos arquivos de metadados. O esquema visual, portanto, mantém informações visuais sobre as entidades espaciais do SGBDG topologicamente referenciadas. A geração deste esquema pode ser visualmente observada através da Figura 3. Este esquema é usado pelo módulo da Interface Gráfica para prover informações para a formulação das consultas.

GeoVisualQL é dependente do Padrão Visual de Dados Espaciais *GeoVisual Standard*, como mostrado na Figura 1, e necessita de analisadores sintático e semântico na tradução das consultas. O Módulo Gerenciador de Consultas, detalhado na Figura 4, traduz as duas sentenças de consultas: a sentença de consulta visual vindo do módulo de interface para a sentença de consulta textual para realizar o acesso ao SGBDG.

A análise da sentença de consulta visual é baseada na definição da *GeoVisualQL*, e após esta análise, algumas regras de tradução serão usadas para gerar a sentença de consulta textual. As regras de tradução são necessárias para dar certeza de que a nova sentença representa exatamente o que o usuário inicialmente pretendeu. Isto poderá ser feito seguindo as seguintes regras:

- Identificar quais entidades estão envolvidas na sentença de consulta visual;
- Validar os operadores espaciais usados para construí-la;

- Analisar se a construção está semanticamente correta e então gerar a sentença textual.

Esta sentença textual é usada para recuperar as informações do banco de dados geográfico. Este resultado desta consulta é então graficamente apresentado no módulo da Interface Gráfica

O Módulo da Interface Gráfica[21] tem uma Caixa de Diálogo composta pelo Editor de Consultas e a janela de Apresentação dos Resultados das Consultas que interage com os usuários, como mostrado na Figura 2. Também é apresentado neste módulo, o *Esquema Visual* que ajuda os usuários na tarefa de formulação de consultas. Como dito anteriormente, este *Esquema Visual* representa todas as instâncias dos objetos que estão definidos no banco de dados geográfico. Desta forma, usuários podem definir consultas tanto pelo composição por desenho com os elementos visuais e operadores espaciais disponíveis no módulo da Interface, quanto pela manipulação direta através da navegação pelo *Esquema Visual*.

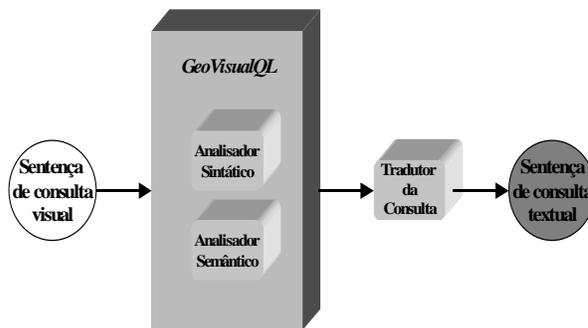


Figura 4 – Gerenciador de Consultas

6 Considerações Finais

Apresentamos neste artigo um mecanismo de consultas visuais para SIG, que utiliza um padrão de metadados espaciais. Propõe-se uma solução para a busca de dados espaciais em diversos SIG. Baseado na descrição de metadados do FGDC [12][13] propomos a criação de um Padrão Visual de Dados Espaciais *GeoVisual Standard*, e uma nova Linguagem de Consultas Visuais Geográfica, *GeoVisualQL*, a ser utilizada por usuários de SIG.

Usuários poderão construir suas consultas em um SIG com informações sobre a estrutura do banco de dados através do *Esquema Visual*. Este esquema permitirá, aos usuários, a navegação no conteúdo do banco de dados geográfico antes de compor suas consultas, sem se preocupar com a linguagem de consulta específica do SIG. Uma outra estratégia usada para a formulação das consultas será por sub-consultas, além da manipulação direta de elementos visuais e seus correspondentes operadores espaciais para compor uma sentença de consulta visual. Traduzimos a sentença de consulta visual para a sentença de consulta textual de uma maneira transparente. Também suportamos refinamento de consultas interativas.

Atualmente estamos especificando o Padrão Visual de Dados Espaciais, *GeoVisual Standard*, e após isto iremos definir a Linguagem de Consultas Visuais Geográfica, *GeoVisualQL*. Iremos desenvolver além destas especificações um protótipo da Interface Gráfica de Consulta[21], baseada nesta proposta.

7 Referências Bibliográficas

- [1] J. L. Oliveira. *Projeto e Implementação de Interfaces para Sistemas de Informações Geográficas*. Tese de Doutorado. Unicamp, Dezembro, 1997.
- [2] J. L. Oliveira, C. B. Medeiros. *Tutorial: User Interface Architecture, Languages, and Models in geographic Databases*. In Anais do Décimo-Primeiro Simpósio Brasileiro de Banco de Dados, pp 20-42, Outubro, 1996.
- [3] B. Meyer. *Beyond Icons. Towards New Metaphors for Visual Query Languages for Spatial Information Systems*. <http://home.sprynet.com/sprynet/berndmeyer/>
- [4] G. Câmara, M. Casanova, A. Hemerly, G. Magalhães, e C. Medeiros. *Anatomia de Sistemas de Informações Geográfica*. Décima Escola de Computação, Julho, 1996.
- [5] M. Wessel, V. Haarslev. *VISCO: Bringing Visual Spatial Querying to Reality*. <http://kogs-www.informatik.uni-hamburg.de/~mwessel/visco-engl.html>
- [6] T. Catarci, et.al. *Visual Query Systems for Databases: A Survey*. <ftp://ftp.dis.uniroma1.it/pub/catarci/VQSJVLC.ps.gz>
- [7] D. Calcinelli, M. Mainguenaud. *Cigales: A Visual Query Language for Geographical Information System: The User Interface*. http://www-inf.int-evry.fr/BasesDeDonnes/Cigales/Publications/Cig_publi.eng.html
- [8] M. Mainguenaud, M. Portier. *Definition of Cigales: A Geographical Information System Query Language*. http://www-inf.int-evry.fr/BasesDeDonnes/Cigales/Publications/Cig_publi.eng.html
- [9] D. Calcinelli, M. Mainguenaud. *The Management of the Ambiguities in a Graphical Query Language for Geographical Information System*. http://www-inf.int-evry.fr/BasesDeDonnes/Cigales/Publications/Cig_publi.engl.html
- [10] D. Hart, H. Phillips. *Metadata Primer – A “How To” Guide on Metadata Implementation*. National States Geographic Information Council. <http://www.fgdc.gov.br/>
- [11] *The Value of Metadata (A NSDI Report)*. <http://www.r1.fws.gov/metadata/meta.html>
- [12] *FGDC Standards Reference Model*. Federal Geographic Data Committee. <http://www.fgdc.gov/>
- [13] *Metadata Standards Development*. Federal Geographic Data Committee. <http://www.fgdc.gov/Metadata/Metadata.html>
- [14] N. Tosta. *Continuing Evolution of the National Spatial Data Infrastructure*. <http://www.fgdc.gov/>
- [15] *Maps of Montana*. <http://nris.mt.gov/gis/mtmap.html>
- [16] Guting, R. H. *Geo-Relational Algebra: A Model and Query Language for Geometric Database Systems*. Proc. of the Intl. Conf. on Extending Database Technology, Venice, March, 1988.
- [17] M. J. Egenhofer. *Why not SQL!* Int. Journal Geographical Information Systems, Vol. 6, No. 2, pp 71-85, 1992.
- [18] *OpenGIS Consortium*. <http://www.opengis.org/>
- [19] Guting, R. H. *An Introduction to Spatial Database Systems*. Special Issue on Spatial

Database Systems of the VLDB Journal ,Vol. 3,
No. 4, October 1994.

- [20] Pimentel, F.L. *Uma Proposta de Modelagem Conceitual para Dados Geográficos: O Modelo MGeo+*. Dissertação de Mestrado. Departamento de Informática – UFPE. Outubro. 1995.
- [21] Fernandes, D. Y. S e Salgado, A. C. *Proposta de Interface para Linguagem de Consulta Visual em Sistemas de Informações Geográficas*. Submetido ao I Brazilian Workshop on GeoInformatics. Campinas – SP. Outubro. 1999.