INFRA-ESTRUTURA DE DADOS ESPACIAIS: MODELAGEM DE DADOS E CONSTRUÇÃO DA GEOMETRIA DOS OBJETOS

OMAR ANTONIO LUNARDI [1]
LINDA SORAYA ISSMAEL [2]
LUIZ HENRIQUE MOREIRA DE CARVALHO [3]

3ª Divisão de Levantamento – 3ªDL - Avenida Joaquim Nabuco, nº 1687 - Guadalupe - CEP: 53.240-650 - Olinda – PE - omarl@click21.com.br [1]
Centro de Imagens e Informações Geográficas do Exército – CIGEx - BR - 20/DF - 6, Km 4,5 - Sobradinho - CEP: 70.060-100 - Brasília – DF - lsoraya@terra.com.br [2]
Diretoria de Serviço Geográfico – DSG
Quartel General Exército – QGEx - Bloco "F" - 2º Piso – Setor Militar Urbano – SMU - Brasília – Distrito Federal - DF - CEP: 70.630-901- lhmcarvalho@gmail.com[3]

RESUMO - Em âmbito global, é consenso que uma Infra-Estrutura de Dados Espaciais (IDE) engloba as tecnologias, políticas, normas e recursos humanos necessários para adquirir, processar, armazenar, distribuir e melhorar a utilização de dados georreferenciados. As normas devem regular aspectos pertinentes a IDE, sendo que um aspecto fundamental é a interoperabilidade. A interoperabilidade permite racionalizar os recursos, possibilitado o compartilhamento, reuso e intercâmbio de dados e serviços. Ao analisar os dados geo-espaciais sob este prisma, é natural supor a existência de uma norma que determine o uso de uma especificação técnica para a produção de dados geo-espaciais padronizados.
A elaboração desta especificação iniciou na criação de uma abstração do espaço geográfico brasileiro, observando o nível de detalhamento adequado a uma base cartográfica sistemática. Esta abstração foi modelada seguindo o enfoque na tecnologia orientada a objetos OMT-G. A etapa subseqüente foi a documentação seguindo o preconizado na UML 2.0, e como fonte de informação complementar a elaboração de um dicionários de dados.
Este artigo descreverá a experiência de modelagem da Estrutura de Dados Geo-Espaciais Vetoriais, da Infra-Estrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE), que está sendo estruturada pela CONCAR, desde a criação do modelo de classes até suas implicações em outra especificação técnica correlata.

ABSTRACT - In global scope, it is consensus that an Infrastructure of Spatial Data (IDE) encloses the technologies, politics, norms and human resources necessary to acquire, to process, to store, to distribute and to improve the use of geo-referenced data. The norms must regulate the aspects to the IDE, being that a basic aspect is the interoperability. The interoperability allows rationalizing the resources, making possible the sharing, reuses and interchange of data and services. When the geo-spatial data are analyzed with this aspect, it's natural to assume the existence of a norm that determines the specification use for the standardized data.
The elaboration of this specification initiated in the creation of a Brazilian geographic space abstraction, observing the adequate detailing level to a systematic cartographic base. This abstraction was shaped following the approach in the OMT-G objects-oriented technology. The subsequent stage was the documentation following the UML 2,0, and, as source of complementary information, the data dictionaries elaboration.
This article will describe the experience of modeling of the Structure of Vectorial Geo-Spatial Data, component of the National Infrastructure of Spatial Data that is being structuralized for the CONCAR, since the creation of the class model until its implications in another corresponding specification.

1 INTRODUÇÃO

Com o crescente desenvolvimento de tecnologias de informação e comunicação aplicadas às informações geográficas, pode-se perceber um aumento significativo de sistemas de informações geográficas, especialmente, em ambientes governamentais que objetivam tornar a informação geográfica acessível por um número maior de organizações e pessoas em geral.

Uma informação geográfica diz respeito à descrição de fenômenos associados direta ou indiretamente a uma localização relativa à superfície da Terra. Segundo Freitas (2005), as informações geográficas compreendem os dados - da, sobre a, sob a, e

próximo a - superfície terrestre, sendo caracterizados por no mínimo três (3) componentes: espacial ou posicional; descritivo ou semântico; e temporal.

Considerando a *World Wide Web (Web* ou WWW) um ambiente hipermídia informacional adequado para tornar disponíveis informações desta natureza, pode-se pensar na criação de uma Infra-Estrutura de Dados Espaciais em âmbito nacional que disponibilizaria a utilização dos princípios de representação, armazenamento e recuperação de informações de bibliotecas digitais distribuídas, com a customização e a personalização de informações que dizem respeito aos dados geográficos, e que objetivam atender as comunidades científicas, empresariais e da sociedade em geral no acesso e no uso de informações geográficas (adaptado de Silva, 2006).

A primeira preocupação se baseia em possibilitar este ambiente de interoperabilidade proposto por uma IDE. O início dos trabalhos técnicos multidisciplinares exige pesquisas e esclarecimentos sobre conceitos e tecnologias relativos a esta grande área de superposição entre o Geoprocessamento e a Ciência da Informação.

Este trabalho se propõe a descrever a experiência na participação em uma pequena parcela integrante desta estrutura, que é a definição dos modelos de dados, transformação, apresentação e a construção de geometria e topologia. Para tal é necessário refletir sobre alguns conceitos relativos a Infra-Estrutura de Dados Espaciais.

2 ELEMENTOS DA INFRA-ESTRUTURA DE DADOS ESPACIAIS E A INTEROPERABILIDADE

Uma infra-estrutura de dados espaciais é um conjunto básico de tecnologias, políticas e arranjos institucionais que facilitam a disponibilidade e o acesso a dados espaciais (Freitas, 2005 *apud* Coleman & Mclaughlin, 1997; PCGIAP, 1995; GSDI, 2000).

Uma IDE deve possibilitar a interoperabilidade, que denota a capacidade de compartilhamento e de troca de informações, que não é uma tarefa simples, devido à complexidade da informação geográfica envolvida, onde podem ocorrer incompatibilidades. O problema vem sendo estudado em diferentes níveis, como a conversão entre formatos de dados próprios de cada ambiente, a conversão entre semânticas de bancos de dados distintos e o desenvolvimento ou uso de modelos gerais de dados geográficos propostos por diferentes organizações. Essas estratégias envolvem alguns conceitos importantes como o de metadados e de geo-ontologias.

Segundo Casanova *et ai* (2005) *In:* Casanova *et al* (2005), "metadados são "dados sobre os dados", descrevem o conteúdo, condição, histórico, localização e outras características do dado. O objetivo do seu uso é ter um mecanismo para identificar qual dado existe, a sua qualidade, como acessá-lo e usá-lo. Assim, os metadados tratam a interoperabilidade em nível de gerenciamento da informação, facilitando a recuperação de uma informação contida em um banco de dados".

O conceito de ontologia vincula-se a uma especificação explícita de objetos, conceitos e outras entidades que existem em uma área do conhecimento, além das relações e funções entre esses conceitos e restrições expressos através de axiomas. Segundo Freitas (2005), ontologias definem os termos a serem utilizados para descrever e representar uma determinada área de conhecimento. As ontologias de informações geográficas são denominadas de geo-ontologias. As geo-ontologias possibilitam a convivência "*com diferentes formas de conhecimento sobre a realidade e possibilitam a criação de mecanismos para implementar e combinar diferentes visões, ou seja, representar o conhecimento geográfico no computador buscando interoperabilidade pela equivalência semântica dos conceitos entre sistemas distintos*" (Casanova *et al,* 2005 *In:* Casanova *et al,* 2005).

Marino (2001) apresenta os aspectos de interoperabilidade, onde levanta o que deve ser desenvolvido para alcançá-la. O autor afirma que existem 3 (três) aspectos nos seguintes níveis:

(a) a interoperabilidade semântica - diz respeito à compreensão do significado de cada elemento componente dos diversos padrões de metadados. É relativa às geo-ontologias;

(b) a interoperabilidade estrutural, refere-se ao modelo de dados empregado para definir a estrutura dos elementos componentes do padrão de metadados;

(c) a interoperabilidade sintática, se refere à forma como os metadados são codificados para transferência. A sintaxe provê uma linguagem comum para representação das estruturas dos metadados.

Este trabalho aborda o aspecto da interoperabilidade estrutural, que diz respeito a criação do modelo de dados a ser empregado e além disto, de alguns modelos que auxiliarão na construção das geo-ontologias, aspecto da interoperabilidade semântica.

3 MODELAGEM DE DADOS GEOGRÁFICOS

Um modelo de dados é um conjunto de conceitos que podem ser usados para descrever a estrutura e as operações em um banco de dados. O modelo representa uma visão dos objetos e fenômenos que serão representados em um sistema informatizado. Esta visão é um recorte, em diferentes níveis de complexidade e detalhe, que deve ser definido e projeto em função dos objetivos deste sistema. Estes objetos e fenômenos reais, por serem complexos demais para permitir uma representação completa, são abstraídos de forma a se obter uma forma de representação conveniente, simplificada, e adequada às finalidades das aplicações do banco de dados. A abstração de objetos, fenômenos e suas interações do mundo real é uma parte importante da criação de sistemas de informação, e a qualidade desta abstração está vinculada ao sucesso de implementação de um banco de dados (Borges *et al,* 2005 *In:* Casanova *et al*, 2005).

3.1 Levantamento de Requisitos

Esta etapa está vinculada ao desenvolvimento de aplicações de sistemas computacionais. Realizando uma correlação ao que foi explicitado no item anterior, pode-se dizer o levantamento de requisitos dos usuários de dados geográficos consiste em criar o nível de representação conceitua, onde a realidade é abstraída segundo a percepção do usuário.

Requisitos são objetivos ou restrições estabelecidas por clientes e usuários do sistema que definem as diversas propriedades do sistema. Esses objetivos e restrições são estabelecidos em função da forma que o usuário visualiza as interações entre fenômenos do mundo real.

Existem técnicas específicas para levantamento dos requisitos. A técnica mais utilizada é o encontro. Segundo Leite (2000), os encontros são reuniões envolvendo analistas, clientes e usuários destinados exclusivamente ao levantamento de informações, descrição dos problemas atuais e de metas futuras. Nos encontros são criticados e validados os modelos de dados geográficos já existentes, de modo que haja uma reflexão no sentido de gerar um modelo conceitual que transpareça a visão dos usuários participantes.

Para uma modelagem de dados geográficos em um nível nacional, é necessário realizar recortes temáticos de interesse, que podem ser denominadas de categorias da informação geográfica. Essas categorias são camadas de informação. Com vistas a criar uma estrutura de dados geo-espaciais vetoriais do Espaço Geográfico Brasileiro (EGB), a CONCAR estruturou as categorias de informação geográficas de acordo com a Figura 1.

Para cada categoria é necessário consultar os usuários e produtores de informação geográfica que trabalham com cada um destes temas específicos, no sentido de levantar os requisitos de cada grupo.

A abstração dos elementos do mundo real deve seguir um recorte de visualização. Ou seja, no caso processo de abstração dos objetos e fenômenos geográficos da fisiografia do EGB, foi considerada a percepção nas escalas do mapeamento sistemático (de 1/25.000 a 1/1.000.000). E além disto, foi considerada a funcionalidade principal dos elementos.

Cabe ressaltar, que o processo de modelagem também pode partir de modelos existentes para gerar um único modelo. O que pode acontecer é que algumas informações contidas nestas estruturas estejam duplicadas em relação à definição de classes de objetos.

Um outro aspecto a ser considerado é que a percepção e abstração devem ser feitas com foco na ocorrência física do objeto ou fenômeno geográfico e não na sua representação cartográfica. Por exemplo, a representação de uma estrada "pavimentada" é diferente de uma estrada "não pavimentada", porém a classe de objetos é o mesmo (a estrada), que possui um atributo denominado "tipo de pavimentação" com domínio de valores.

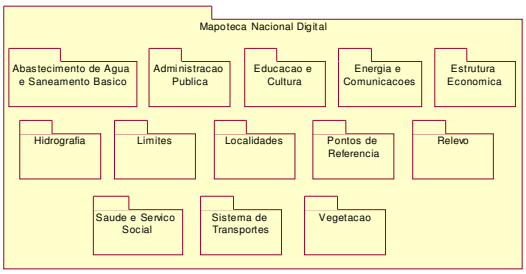

Figura 1 - Categorias de Informação Geográfica do Espaço Geográfico Brasileiro (CONCAR, 2007).

3.2 Técnicas de Modelagem Conceitual

3.2.1 Modelo Orientado a Objetos OMT-G

A modelagem OMT-G trata-se de uma extensão do modelo OMT (*Object Modeling Technique*) para dar suporte aos dados geográficos. Por ser uma extensão do OMT, o OMT-G segue os paradigmas de orientação a objetos, suportando conceitos como classe, objeto, especialização e método.

Os modelos de dados relacionais, tais como o Modelo Entidade-Relacionamento E-R (Chen, 1976) têm sido utilizados para a modelagem de aplicações geográficas. Contudo, esses modelos apresentam limitações para a adequada modelagem dessas aplicações, pois além de não possuírem primitivas geográficas apropriadas para a representação de dados geo-espaciais, também não possibilitam uma visão mais abrangente, do todo, do recorte geográfico modelado. Os modelos de dados geográficos precisam de artifícios para expressar a espacialidade dos objetos e fenômenos geográficos. A modelagem do EGB, por exemplo, que possui uma grande complexidade, não ficaria modelado com expressividade com a técnica E-R.

O modelo OMT-G parte das primitivas definidas para o diagrama de classes da *Unified Modeling Language* (UML) (Furlan, 1998). Segundo Borges *et al* (2005) *In:* Casanova *et al* (2005), este modelo introduz primitivas geográficas com o objetivo de aumentar a capacidade de representação semântica do modelo UML, ou seja, provê primitivas para modelar a geometria e a topologia dos dados geográficos, oferecendo estruturas de agregação, especialização/generalização, de rede, de associações espaciais.

A seguir serão apresentados alguns dos modelos integrantes da técnica OMT-G e algumas observações que podem ser adaptadas para tratar dos dados geo-espaciais.

3.2.1.1 Modelo de Classes e os Elementos Complexos

O diagrama de classes é o modelo que descreve a estrutura e o conteúdo de um banco de dados geográficos e contém elementos específicos da estrutura de um banco de dados, em especial classes de objetos e seus relacionamentos.

Na técnica OMT-G, há a possibilidade de prever modelos de redes, que é de grande importância, pois permite introduzir as relações topológicas de conectividade, adjacência, interseção. São exemplos de redes: drenagem, subsistemas de transportes (rodoviária, ferroviária, dutos, hidroviária, aero-portuária), energia elétrica.

O produtor da informação geográfica deve preparar sua base de dados de forma que esta possa ser utilizada em modelos de rede. Esta garantia de utilização se torna possível quando são definidas as classes de objetos com primitivas geométricas do tipo ponto e linha, que se tornarão nós e arcos em um modelo de rede, de acordo com a abstração realizada pelo usuário. Com isto, é necessário levantar com os usuários o que é considerado nó e arco em uma rede específica. Por exemplo, um trecho de drenagem (arco) pode ser seccionado através de um ponto de drenagem (nó) do tipo sumidouro, vertedouro, barragem, eclusa etc. O usuário será quem esclarecerá a importância destes elementos como formadores de uma rede de drenagem.

Na figura 2, pode-se observar um exemplo de modelagem de uma rede de drenagem da categoria Hidrografia (CONCAR, 2007). Neste caso, o modelo OMT-G foi estendido, pois ficou indicado que as classes Trecho_Drenagem e Ponto_Drenagem podem participar de uma rede de drenagem. Essa modelagem da CONCAR, em particular, foi inserida em uma ferramenta *Case* para modelos UML 2.0, e foi notado que o recurso de rede não existia nesta ferramenta. E, com isto, notou-se que não era necessário que o produtor fornecesse a estrutura de rede, e sim, os pontos e as linhas para o usuário criá-la, tal como abordado no parágrafo anterior.

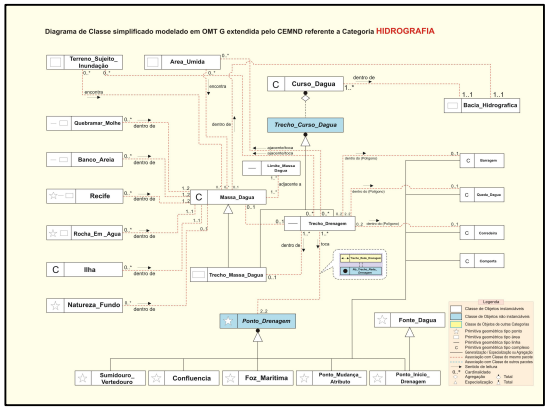

Figura 2 - Diagrama de Classes da Categoria Hidrografia (CONCAR, 2007)

Um outro aspecto é relativo à geometria de classes de objetos. As classes podem apresentar múltiplas representações (ponto, linha ou polígono) em função da alteração de escala de visualização. Mas, as ocorrências destas geometrias podem ocorrer simultaneamente para uma mesma classe de objetos. Em função disto, denomina-se esta classe de objeto de complexo (símbolo **C**). Na modelagem do EGB, da CONCAR, podem ser citadas as seguintes situações para o uso do complexo:

- quando a classe assume simultaneamente mais de uma geometria simultaneamente para participar como nó em modelos de rede. É o caso da Barragem, que assume as geometrias de polígono e ponto, quando participa como nó na rede de drenagem (Figura 2);

- quando a classe necessita ter previsto o ponto de localização do lançamento de sua toponímia. É o caso da Ilha, que é representada por polígono e por ponto para a localização de sua toponímia (Figura 2);

- quando a classe é identificada e formada pela geometria de várias classes de objetos de primitivas geométricas diferentes, ou seja, a sua existência só ocorre com as agregações simultâneas destas classes. É o caso de um Complexo Aero-Portuário, que é formado por pontes, pistas ou pontos de pouso, edificações, passagens elevadas, viadutos etc.

Uma observação sobre o modelo de classes, no caso da experiência da modelagem EGB, é que nas funcionalidades de ferramenta *Case* de modelo OO (UML 2.0) não estão previstas os pictogramas das primitivas geométricas. Isto pode ser resolvido através de estereótipos. Pode-se concluir que fenômenos do mundo real comportam-se como um conjunto de objetos, que possuem atributos e comportamento, e que sua geometria é mais uma de suas características.

3.2.1.2. Diagrama de Transformação e a Generalização Cartográfica

Segundo Borges *et al* (2005) *In:* Casanova *et al* (2005), o Diagrama de Transformação é o modelo que especifica a transformação entre classes, restringindo-se à manipulação de representações. É semelhante aos diagramas de estados e de atividades da UML (Furlan, 1998). Este diagrama permite o planejamento das operações de generalização cartográfica que devem ser aplicadas na geometria das classes no decorrer da mudança de escala.

Este diagrama está intimamente ligado ao recorte da abstração que foi realizada no diagrama de classes. As classes de objetos assumem determinadas representações geométricas em função da escala de visualização aplicada na abstração geográfica.

Para planejar a confecção do diagrama de transformação de uma classe, deve-se partir da representação geométrica na maior escala e, através da aplicação dos operadores de generalização cartográfica, ao longo das escalas, em ordem decrescente, se prevê as outras geometrias que a classe pode assumir. Na etapa final, a classe estará prevista com a representação geométrica na menor escala.

Deve-se considerar que a classe não sofre o processo de generalização isoladamente e que deve ser considerada a interação com as outras classes de objetos.

Um exemplo do diagrama de transformação pode ser observado na figura 3.

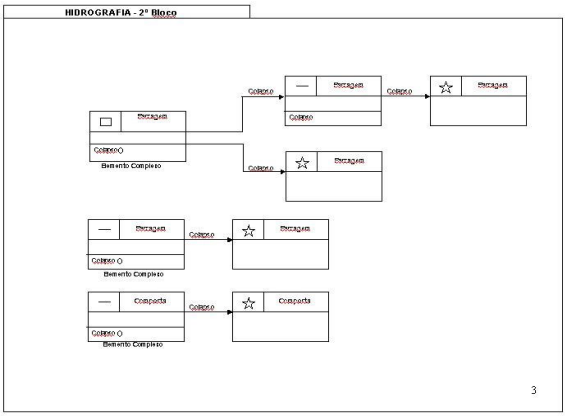

Figura 3 - Exemplo de diagrama de transformação. (CONCAR, 2007)

3.2.1.3 Diagrama de Apresentação e as Representações Cartográficas

O Diagrama de Apresentação é o modelo que descreve as alternativas de apresentação definidas pelos requisitos do usuário e saída para cada classe de objetos (Borges *et al,* 2005 *In:* Casanova *et al* 2005).

Normalmente, a apresentação gráfica de uma classe está vinculada a um padrão de representação cartográfica, seja básica ou temática.

No caso do mapeamento básico de referência, as representações cartográficas estão previstas e normatizadas no Manual Técnico de Convenções Cartográficas T-34 700 (DSG, 2002), para as escalas do mapeamento sistemático.

Este modelo introduz algumas operações lógicas, que podem ser disparadas por conta das interações entre as classes e de acordo com sua escala de visualização.

Um exemplo do diagrama de apresentação pode ser observado na figura 4.

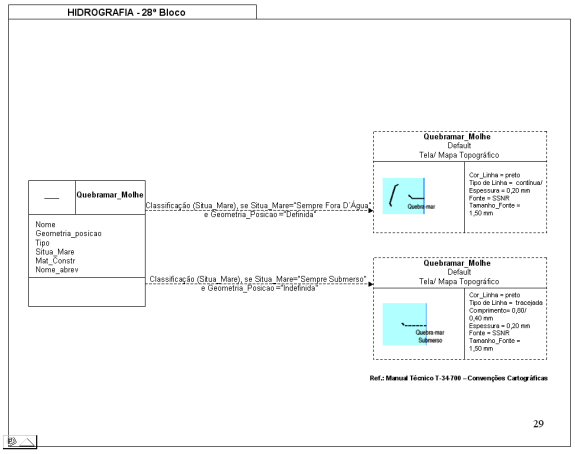

Figura 4 – Exemplo de Diagrama de Apresentação (CONCAR, 2007)

3.2.2 Construtores de Geometria dos Objetos

A Diretoria de Serviço Geográfico do Exército (DSG), como órgão produtor da informação geográfica para as escalas do mapeamento de referência, estabelece regras para a aquisição de dados geo-espaciais. Com objetivo de orientar os operadores desta fase de produção para que os dados sejam adquiridos como estabelecido nos modelos conceituais definidos pela CONCAR, a DSG criou uma especificação técnica denominada Especificação Técnica para Aquisição da Geometria dos Dados Vetoriais Geo-espaciais da Infra-Estrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE).

Esta especificação, comumente denominada de Construtores da Geometria dos Objetos (CGO), compõe um documento que define as regras para a construção dos atributos da geometria de cada classe de objeto constante da modelagem do EGB, realizada pela CONCAR, nas suas diversas categorias da informação geográfica. Reflete a forma como foram modelados as classes dos objetos e seus relacionamentos espaciais. Esta orientação será incorporada ao Manual de Convenções Cartográficas T-34 700, após a conclusão dos trabalhos de modelagem.

Na figura 5, há um extrato da CGO, onde é especificada a regra de construção de geometria da classe de objetos curso d´água

Classe		Código	Primitiva_geométrica
CURSO_DAGUA		**1.02**	**C**
Situação	**Método de Confecção**	**Ilustração**	
Geral	A Regra Geral de construção da geometria das instâncias da classe de objetos **CURSO_DAGUA** será: 1) Agregação total das geometrias das instâncias da classe **TRECHO_ CURSO_DAGUA** (**TRECHO_DE_DRENAGEM – linha** e/ou **TRECHO_MASSA_DAGUA – polígono**); e 2) Primitiva geométrica do tipo ponto (um ou mais) lançado ao longo do **CURSO_D AGUA** como "âncora" da toponímia do referido curso d´água. Sua localização atenderá aos critérios da edição cartográfica. **Atributos:** **Geometria_posicao** = *Definida ou Aproximada* **Relacionamentos:** -vide **BACIA_HIDROGRAFICA**.		

Figura 5 – Exemplo de uma regra de construção de geometria (DSG, 2007)

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta da criação de uma Infra-estrutura de Dados Espaciais tem como base o princípio de cooperação entre sistemas, o acesso livre às informações geográficas, a interoperabilidade possibilitada pela padronização dos metadados e o uso de geo-ontologia.

Visto que atualmente, o potencial de compartilhamento dessas informações não tem sido explorado na sua completude, pois há a necessidade de se criar padronizações para o intercâmbio de dados.

Para se obter a interoperabilidade estrutural, se faz necessária a criação de modelos de dados que servirão de padrão de compartilhamento.

Este trabalho enfocou determinadas fases para alcançar a interoperabilidade estrutural, mais especificadamente as fases atinentes à modelagem de dados geográficos. Foram feitas algumas observações sobre a forma de modelar, fruto da experiência desta equipe no projeto de modelagem da estrutura de dados geo-espaciais vetoriais do EGB (Mapoteca Nacional Digital – MND) (CONCAR, 2007).

Além disto, foi abordado um modelo específico que está sendo desenvolvido pela DSG, que diz respeito à construção de geometria de objetos (CGO). Este modelo servirá de base, além dos outros modelos conceituais, para a estruturação das geo-ontologias do projeto da MND.

A necessidade de união multidisciplinar de técnicas e procedimentos da Ciência da Informação com as do Geoprocessamento torna-se cada vez mais emergente, principalmente no que diz respeito a disponibilização da informação geográfica de forma aberta, dentro de uma padronização de estruturas.

REFERÊNCIAS

BORGES, K. A. V., Junior, C. A. D., Laender, A. H. F., 2005. **Modelagem Conceitual de Dados Geográficos**. In: Casanova, M. A., Câmara, G., Junior, C. A. D., Queiroz, G. R. Banco de Dados Geográficos. Curitiba: Editora MundoGEO.

BURROUGH, D. A., 1999. **Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment**. Clarendom Press: Oxford.

CASANOVA, M. A, Brauner, D. F., Camara, G., Junior, P. O. L., 2005. **Integração e Interoperabilidade entre Fontes de Dados Geográficos.** In: Casanova, M.A., Câmara, G., Junior, C.A.D., Queiroz, G.R. Banco de Dados Geográficos. Curitiba: Editora MundoGEO,

CHEN, P., 1976. **The Entity-Relationship Model - Toward a Unified View of Data**. ACM Transactions on Database Systems, v.1,n., p.9-36.

DSG – Diretoria de Serviço Geográfico, 2007. **Especificação Técnica para Aquisição da Geometria dos Dados Vetoriais Geo-espaciais da Infra-Estrutura Brasileira de Dados Geo-espaciais**. Brasília.

DSG – Diretoria de Serviço Geográfico, 2002. **Manual Técnico de Convenções Cartográficas T-34-700, 1ª e 2ª Partes**. Brasília.

CONCAR – Comissão Nacional de Cartografia, 2007. Comitê para a Estruturação da Mapoteca Nacional Digital. **Mapoteca Nacional Digital**. Disponível em < www.concar.ibge.gov.br.> Acesso em: jul 2007.

FONSECA, F.; Egenhofer, M.; Borges, K., 2000. **Ontologias e Interoperabilidade Semântica entre SIGs**. In: Anais do Workshop Brasileiro em Geoinformática (GEOINFO). São Paulo. São José dos Campos: INPE. p.45 -52.

FREITAS, A. L. B., 2005. **Catálogo de Metadados de Dados Cartográficos como Suporte para a Implementação de *Clearinghouse* Nacional**. Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia Cartográfica do Instituto Militar de Engenharia - Rio de Janeiro : IME, 282 p.

FURLAN, J. D., 1998. **Modelagem de Objetos através da UML**. São Paulo: Makron Books.

LEITE, J. C., 2000. **Análise e Especificação de Requisitos.** In: Notas de Aula de Engenharia de Software. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. Disponível em: < http://www2.dem.inpe.br/ijar/EngSofAnalEspc.html>. Acesso em: jul de 2007.

MARINO, M. T. **Integração de Informações em Ambientes Científicos na WEB: uma Abordagem Baseada na Arquitetura RDF**. Tese. UFRJ, Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: http://dataware.nce.ufrj.br:8080/dataware/publicacoes/dataware/fisico/teses/metadados/MARINO-2001.pdf. Acesso em: 27 set. 2005.

SILVA, M. S., 2006. **Sistemas De Informações Geográficas: Elementos Para O Desenvolvimento De Bibliotecas Digitais Geográficas Distribuídas.** Dissertação apresentada ao Programa De Pós-Graduação em Ciência da Informação da Universidade do Estado de São Paulo – Unesp. Marilia, São Paulo – SP.

GEMAEL, C. **Introdução ao ajustamento de observações: aplicações geodésicas**. Curitiba: Editora da UFPR, 1994. 319p.

GOODCHILD, M.; BRADLEY, P.; STEYAERT, I. **Environmental modeling with GIS**. New York: Oxford University Press, 1993. 488p.

IBGE. **A nova realização SIRGAS – SIRGAS 2000 – Grupo de trabalho I e III**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/geografia/seminário/sirgas/realizacao2000.html>. Acesso: 6 março 2002.

LAURINI, R.; THOMPSON, D. **Fundamental of spatial information systems**. Toronto: Academic Press, 1992. 680p.

NEUSCH, T**. Multi-frequency and multi-polarization synthetic aperture radar for modeling hydrological parameters**. 1999. 128p. PhD Thesis - University of Karlsruhe, Karlsruhe.