

## MODELAGEM DE DADOS GEOGRÁFICOS PARA SISTEMAS DE INFORMAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Luiz Cláudio de Castro Figueiredo<sup>1</sup> e Clodoveu Augusto Davis Jr.<sup>2</sup>

**Resumo** - Um modelo de dados é um conjunto de conceitos que pode ser usado para descrever a estrutura e a operação de um banco de dados de um sistema de informação e representa uma abstração do mundo real. O presente trabalho propõe um modelo de dados para sistemas de informação de recursos hídricos, utilizando uma metodologia específica para dados geográficos.

### 1 - INTRODUÇÃO

Um modelo de dados deve descrever a organização lógica de bancos de dados, assim como fornecer ferramentas para definir as operações de manipulação de dados permitidas. O modelo busca uma visão abstrata da realidade de objetos e fenômenos que farão parte de um sistema de informação. A abstração em níveis nos ajuda a compreender o sistema, ao mesmo tempo que permite diferentes níveis de detalhe, de acordo com as várias necessidades de representação das entidades e suas interações. Tendo em vista a complexidade destes objetos e fenômenos e os recursos disponíveis nos sistemas gerenciadores de bancos de dados (SGBD) atuais, fica evidente que o sucesso do sistema de informação é dependente da qualidade do modelo.

As diversas técnicas e metodologias existentes para modelagem de dados refletem, invariavelmente, as condicionantes tecnológicas dos SGBD existentes à época de sua criação. Com isso, até o aparecimento dos primeiros Sistemas de Informações Geográficas (SIG), nota-se a inexistência de modelos com representação específica de dados geográficos e espaciais. O grau de generalidade apresentado pelas técnicas de modelagem de dados permite, no entanto, representar estes tipos de entidades, mas com limitado grau de sucesso.

O presente trabalho propõe um modelo de dados geográficos para sistemas de informação de recursos hídricos, baseado no modelo Geo-OMT (Borges e Karla, 1997), uma extensão ao tradicional modelo OMT (Rumbaugh et alii, 1991).

### 2 - O MODELO GEO-OMT

O modelo Geo-OMT foi proposto dentro da concepção de que o objetivo fundamental de se entender um modelo de dados é torná-lo capaz de suportar novos conceitos de abstração. O Geo-OMT alia novas primitivas geográficas a conceitos e primitivas propostas por vários autores, visando diminuir a distância entre o modelo mental do usuário e o modelo de representação. Assim, o modelo fornece primitivas para modelar a geometria e a topologia de dados geográficos, suportando estruturas topológicas "todo-parte", estruturas de rede, múltiplas visões dos objetos e relacionamentos espaciais sem, no entanto, deixar de permitir a diferenciação entre atributos gráficos e alfanuméricos. As principais características do modelo são as seguintes:

- segue o paradigma de orientação a objetos, suportando os conceitos de classe, herança, objeto complexo e método;
- fornece uma visão integrada do espaço modelado, representando e diferenciando classes georreferenciadas e classes convencionais, assim como os diferentes tipos de relacionamentos entre elas;
- formaliza as possíveis relações espaciais, levando em consideração a forma geométrica da classe;
- traduz as relações topológicas e espaciais em restrições de integridade espacial;
- possibilita a representação de múltiplas visões de uma mesma classe geográfica.

O modelo adota o conceito de *temas* e não o de camadas ou *layers*. O diagrama de temas é uma forma de visualizar os diversos níveis de informação envolvidos em uma aplicação geográfica, além de auxiliar na subdivisão do modelo em partes.

#### 2.1 - Classes básicas

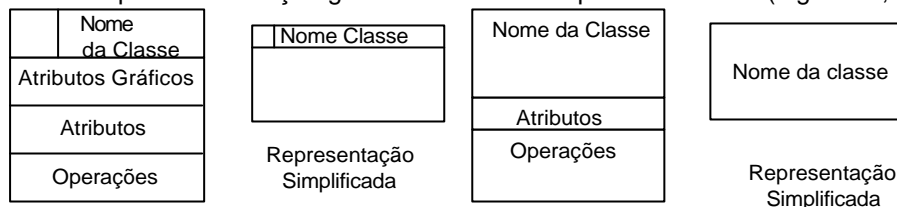
As classes básicas do modelo estão apresentadas na Figura 1. As *Classes Georreferenciadas* descrevem fenômenos que possuem representação espacial e que estão associados a regiões da su-

---

<sup>1</sup> IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas; Rua Santa Catarina, 1354 - 30.170-081 - Belo Horizonte - MG - Brasil; e-mail: lccf@igam.gov.br

<sup>2</sup> Prodabel - Empresa de Informática e Informação do Município de Belo Horizonte; Rua Alagoas, 314/1501 - 30.130-160 - Belo Horizonte - MG - Brasil; e-mail: cdavis@uol.com.br

perfície da terra, representando a visão de campos e objetos. As *Classes Convencionais* descrevem objetos com propriedades, comportamento, relacionamentos e semânticas semelhantes, que possuem alguma relação com objetos espaciais mas que não possuem propriedades geométricas. A distinção entre essas duas classes básicas permite que diferentes aplicações compartilhem dos dados convencionais, auxiliando na reutilização dos dados e na agilização dessas aplicações. Na notação apresentada na Figura 1a é reservado um espaço no canto superior esquerdo, que receberá um pictograma indicando o tipo de codificação gráfica a ser adotado para a entidade (Figuras 2, 3 e 4).



(a)

(b)

Figura 1 - Classes básicas

Utilizando o conceito de herança do modelo OMT, as classes georreferenciadas podem ser especializadas em *geo-campos* e *geo-objetos*. Os *geo-campos* representam a distribuição espacial de fenômenos contínuos sobre o espaço ou seja, qualquer posição no espaço corresponderá a algum valor da variável representada. O modelo Geo-OMT possui cinco subclasses do tipo *geo-campo* (Figura 2), que são especializações correspondentes ao nível de representação.

	<i>Subclasse Amostragem</i> : representa uma coleção de pontos distribuídos irregularmente no espaço geográfico.
	<i>Subclasse Isolinhas</i> : representa uma coleção de isolinhas que poderão estar fechadas ou não, dependendo do espaço geográfico considerado.
	<i>Subclasse Polígonos Adjacentes</i> : representa o conjunto de subdivisões do espaço que não se sobrepõem e que cobrem completamente o domínio.
	<i>Subclasse Tesselação</i> : representa o conjunto de subdivisões do espaço que não se sobrepõem, cobrem completamente o domínio e possuem um único valor para todas as posições dentro dela.
	<i>Subclasse Rede Triangular Irregular</i> : representa um conjunto de grades triangulares de pontos que cobrem todo o domínio espacial.

Figura 2 - Geo-campos

As instâncias da classe *geo-objeto* podem estar disjuntas no espaço ou ocupando o mesmo lugar, e têm a localização como atributo espacial obrigatório. A classe *geo-objeto* se divide em duas subclasses: *geo-objeto com geometria*, que representa objetos que possuem apenas propriedades geométricas (Figura 3) e *geo-objeto com geometria e topologia*, que representa objetos que possuem, além das propriedades geométricas, propriedades topológicas de conectividade (Figura 4).

	<i>Subclasse Símbolo</i> : representa objetos pontuais, que possuem um único par de coordenadas.
	<i>Subclasse Linha</i> : representa objetos lineares, sem exigência de conectividade.


	<i>Subclasse Polígono</i> : representa objetos de área.
---	---

Figura 3 - Geo-objetos com geometria




	<i>Subclasse Nó</i> : representa objetos pontuais no fim de uma linha ou nos quais as linhas se cruzam e possuem propriedade de conectividade, garantindo a conexão com a linha.
	<i>Subclasse Linha Uni-direcionada</i> : representa objetos lineares que começam e terminam em um nó e possuem direção.
	<i>Subclasse Linha Bi-direcionada</i> : representa objetos lineares que começam e terminam em um nó e que são bi-direcionados.

Figura 4 - Geo-objetos com geometria e topologia

## 2.2 - Relacionamentos

Considerando a importância das relações espaciais e não espaciais na compreensão do espaço modelado, o modelo Geo-OMT apresenta os seguintes tipos de relacionamentos entre suas classes:

- *Associações Simples*: representam relacionamentos estruturais entre objetos de diferentes classes (convencionais ou georreferenciadas);
- *Relações Topológicas de Rede*: são relações que podem ser mantidas através da estrutura de dados dos SIG, sendo representadas por arcos e nós conectados. No Geo-OMT, são representadas por duas linhas pontilhadas paralelas;
- *Relações Espaciais*: representam as relações topológicas, métricas, ordinais e *fuzzy* sendo representadas por linhas pontilhadas; têm por objetivo tornar explícita a interação espacial entre as classes.

A cardinalidade é uma característica dos relacionamentos e representa o número de instâncias de uma classe que podem estar associadas a uma instância da outra classe. No Geo-OMT são adotadas as regras de codificação de cardinalidade utilizadas pela linguagem UMT.

## 2.3 - Generalização e especialização

A generalização é o processo de, a partir de classes específicas com características semelhantes (subclasses), ser definida uma classe mais genérica (superclasse). A especialização é o processo inverso, podendo ser adicionadas novas propriedades na forma de atributos.

As abstrações de generalização e especialização se aplicam tanto às classes georreferenciadas quanto às classes convencionais, e utilizam a notação de um triângulo interligando uma superclasse às suas subclasses (Figura 5). Quando o triângulo é vazado, a generalização é disjunta, ou seja, o mesmo objeto da superclasse não pode pertencer simultaneamente a mais de uma subclasse. Isto é permitido quando o triângulo é escuro. Indica-se, com a colocação de um pequeno ponto no ápice do triângulo, se a generalização é total (ou seja, todos os elementos da superclasse pertencem a alguma subclasse). Quando o ponto não for colocado, significa que podem existir membros da superclasse que podem não pertencer a nenhuma das subclasses.

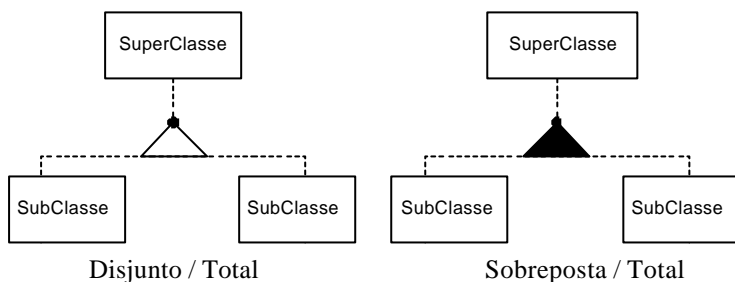


Figura 5 - Generalização espacial

## 2.4 - Agregação

A agregação é uma forma especial de associação entre objetos, onde um deles é considerado composto por outros. Sua notação gráfica está representada na Figura 6.

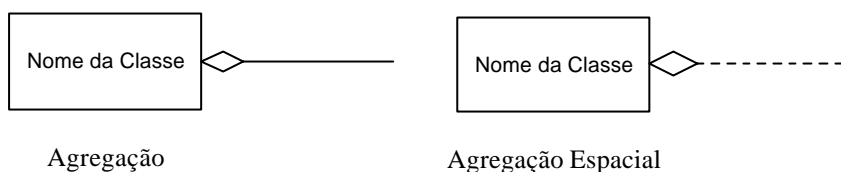


Figura 6 - Agregação

A agregação espacial "todo-parte" é um caso especial de agregação onde são explicitados relacionamentos topológicos "todo-parte", ou seja, entre elementos de área e seus elementos constituintes. Pode ser definida como *subdivisão espacial*, *união espacial* ou *contém* (Figura 7).

	<p><i>Subdivisão espacial:</i> o todo é subdividido em partes de mesma natureza geométrica e a geometria do todo é coberta pela geometria das partes.</p>
	<p><i>União espacial:</i> é o inverso da subdivisão espacial já que o todo é formado a partir da união das partes.</p>
	<p><i>Contém:</i> nesta estrutura, a geometria do todo contém a geometria das partes e objetos de natureza geométrica diferentes podem estar contidos no todo.</p>

Figura 7 - Agregação espacial "todo-parte"

## 3 - MODELAGEM DE DADOS GEOGRÁFICOS DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Será apresentado a seguir um modelo de dados geográfico para sistemas de informação de recursos hídricos. O modelo será dividido em partes, contemplando os temas usuais em modelagem ambiental (apresentados no Diagrama de Temas da Figura 8) que têm ligação explícita com recursos hídricos. Estes temas estão em negrito no Diagrama de Temas.

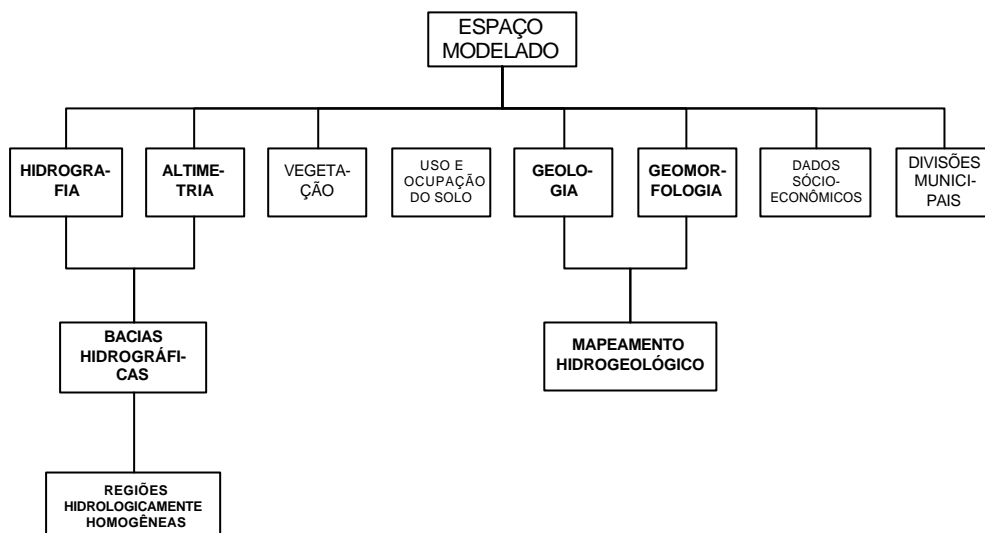


Figura 8 - Diagrama de temas

A Figura 9 apresenta o modelo correspondente ao tema *Regiões Hidrologicamente Homogêneas*. Estas regiões são determinadas a partir das bacias hidrográficas, considerando dados hidrométricos e meteorológicos.

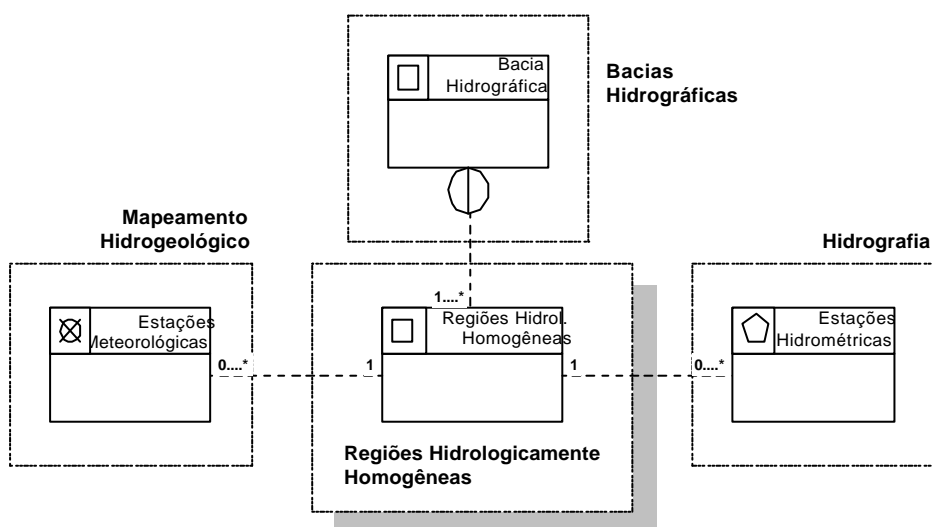


Figura 9 - Modelo de regiões hidrologicamente homogêneas

A Figura 10 contém o modelo correspondente aos temas *Altimetria*, *Bacias Hidrográficas* e *Hidrografia*. Nele todas as correlações interessantes para a caracterização topológica da bacia hidrográfica estão indicadas. Observe-se, em especial, a configuração da rede hidrográfica, com arcos direcionados correspondendo aos trechos de rios. Os nós que interconectam estes trechos podem ser posteriormente especializados, de modo a representar não apenas pontos notáveis da rede hidrográfica, tais como foz, nascente e confluências, mas também para incluir na rede elementos construídos pelo Homem, como estações de medição, barragens, e pontos de demanda por água (Davis e Davis Jr., 1997).

A Figura 11 apresenta um modelo para o mapeamento hidrogeológico, considerando aspectos de geologia, geomorfologia e, naturalmente, bacias hidrográficas. Observe-se que a representação de bacias no modelo da Figura 11 está em nível de detalhe inferior à representação indicada na Figura 10.

#### 4 - CONCLUSÕES

O presente trabalho, a partir da técnica de modelagem de dados geográficos Geo-OMT, tem o objetivo principal de facilitar a implementação de um banco de dados geográfico, que será a base de um sistema de informações de recursos hídricos.



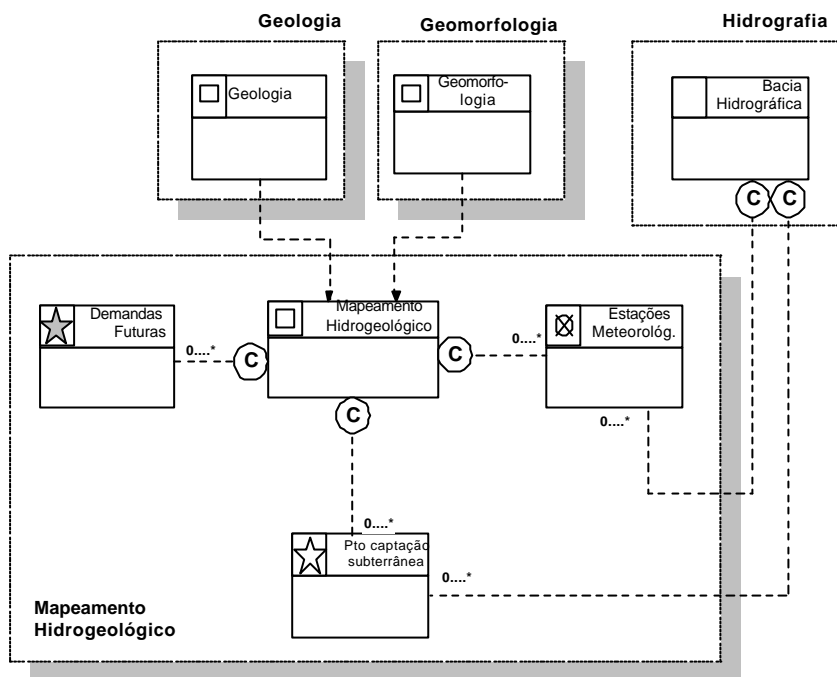


Figura 11 - Mapeamento hidrogeológico, geologia, geomorfologia e hidrografia

## 5 - REFERÊNCIAS

- Borges, Karla A. V. (1997). Modelagem de Dados Geográficos: Uma Extensão do Modelo OMT para Aplicações Geográficas, Dissertação de Mestrado (Fundação João Pinheiro), Belo Horizonte.
- Rumbaugh, J., Blaha, M., Premerlani, W., Eddy, F., Lorenzen, W. (1991). Object-Oriented Modeling and Design. New Jersey: Prentice-Hall.
- Davis, E. G. e Davis Jr., C. (1997). A Uma Proposta de Modelagem de Dados Geográficos para Hidrologia, Simpósio Nacional de Recursos Hídricos, Vitória (ES).