

Modelagem de banco de dados geográfico para subsídio a gestão integrada de recursos hídricos

Decio Lago

Especialista em Eng. de Produção na Área Qual. de Software - UFSCar
Professor e Coordenador dos cursos de Sistemas de Informação, Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, Tecnologia em Redes de Computadores da Faculdade Politécnica de Matão
e-mail: d.lago@unianhanguera.edu.br

■ Resumo

A política de gestão integrada dos recursos hídricos visando à melhoria das condições de vida da população e das condições ambientais tem demonstrado uma carência de informações que possibilite a maior integração entre os diversos organismos que atuam no gerenciamento do uso dos recursos hídricos. A falta de recursos tecnológicos para coleta, tratamento, cruzamento de variáveis e disponibilização das informações tem dificultado o planejamento de medidas comuns que possibilitem a melhoria do uso dos recursos hídricos. Neste sentido, a modelagem de um banco de dados geográfico, utilizando os recursos e conceitos de geoprocessamento e análise orientada a objetos, explorando os relacionamentos espaciais entre os objetos, visam criar as condições necessárias ao desenvolvimento de um sistema de informação ambiental que subsidiem as tomadas de decisões por parte dos gestores dos recursos hídricos.

Palavras-chave: sistemas de informação, geoprocessamento, banco de dados geográfico, recursos hídricos.

■ Abstract

The politics of integrated administration of the resources hydric seeking to the improvement of the conditions of life of the population and of the environmental conditions it has been demonstrating a lack of information to make possible the largest integration among the several organisms that act in the administration of the use of the resources hydric. The lack of technological resources for collection, treatment, crossing of variables and disponibilização of the information has been hindering the planning of common measures that you/they make possible the improvement of the use of the resources hydric. In this sense, the modelling of a geographical database, using the resources and geoprocess concepts and analysis guided to objects, exploring the space relationships among the objects, they seek to create the necessary conditions to the development of a system of environmental information that you/they subsidize the sockets of decisions on the part of the managers of the resources hydric.

Keywords: information systems, geoprocess, geographical database, resources hydric.

■ Introdução

A gestão dos recursos hídricos dos municípios sofre um problema crônico de falta de informação sobre a qualidade da água das diversas fontes de captação, que aliadas a fatores socioeconômicos e ambientais, tais como:

- urbanização desordenada;
- lançamento de esgotos clandestinos domésticos e industriais, bem como resíduos de todo os tipos nos rios;
- redução drástica da mata ciliar;
- processo de erosão e assoreamento;

constituem uma situação que se agrava ao longo do tempo.

Visando a melhoria das condições de vida da população e das condições ambientais, a gestão integrada de recursos hídricos tem demonstrado uma carência de informações sobre a qualidade da água. Além da falta de informações precisas, tem-se sentido a falta de condições do cruzamento dos dados existentes com os indicadores ambientais que possibilitem uma análise das condições da qualidade dos recursos hídricos dos municípios.

A informação é um elemento fundamental para todos os tipos de gestão, a gestão de território, o uso do solo, as ações de planejamento e monitoramento do espaço físico, devem considerar, em sua análise e no processo de decisão, o maior número de fatores do meio ambiente tais como os fatores físicos, biótico, a população (LISBOA FILHO, 2005).

No intuito de se obter essas informações o uso do geoprocessamento tem se mostrado uma ferramenta muito valiosa para controlar ou estudar o meio ambiente, tendo em vista a variedade de recursos disponíveis. Entre eles destacamos os mapeamentos temáticos, que possibilitam caracterizar e exibir como um tema está organizado no espaço geográfico, descrevendo de forma qualitativa a distribuição espacial de uma grandeza geográfica, bem como o diagnóstico ambiental, que permite a realização de estudos específicos sobre uma determinada região, os principais exemplos são:

- estudos de impacto ambiental (EIA);
- relatório de impacto ambiental (RIMA);
- estudos de implantação de área de proteção ambiental (APA);
- diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos - Relatório Zero, dos comitês de

bacias hidrográficas.

A informação espacial possui características descritivas que não podem ser representadas em um banco de dados convencional. A idéia de informação espacial está relacionada à existência de objetos cujas propriedades incluem sua localização no espaço e sua relação com outros objetos (FONSECA FILHO, 2005).

Neste sentido, o projeto de um banco de dados geográfico pretende criar as condições necessárias ao desenvolvimento de um futuro sistema de informações ambientais que subsidiem as tomadas de decisões da gestão integrada dos recursos hídricos dos municípios.

Um sistema de informação ambiental pode ser entendido como um conjunto de programas, equipamentos, metodologias, dados e pessoas, perfeitamente integrado, de forma a tornar possível a coleta, o armazenamento, o processamento e a análise de dados georreferenciados, bem como a produção de informação derivada de sua aplicação (TEIXEIRA, 1995).

Uma das principais características de um sistema de informações geográficas - SIG é possibilitar a realização de análises espaciais envolvendo dados referenciados geograficamente. Entre os principais componentes de um SIG está o componente de armazenamento, denominado sistema de gerenciamento de banco de dados geográficos. Devido à complexidade das aplicações que são desenvolvidas a partir de um SIG, um dos problemas mais críticos no desenvolvimento desses sistemas tem sido o de projetar o banco de dados geográficos.

O projeto de banco de dados deve ser realizado com o apoio de um modelo de dados de alto nível (modelo conceitual). Modelagem conceitual tem sido aplicada com sucesso no projeto de bancos de dados em geral. Independentes de plataformas de *hardware* e *software*, os modelos conceituais permitem representar, de maneira abstrata, formal e não ambígua, a realidade da aplicação, facilitando a comunicação entre projetistas e usuários. Aplicações geográficas, contudo, impõem alguns requisitos específicos de modelagem que não são satisfatoriamente atendidos pelos modelos conceituais de dados de âmbito geral. (LISBOA FILHO, 2001).

■ Objetivo

O principal objetivo deste trabalho é a modelagem de um banco de dados que possibilite a coleta,

armazenagem e organização dos dados permitindo a sua manipulação e análise de forma integrada. A modelagem do banco de dados geográfico será feita utilizando o modelo OMT-G, definindo as regras de consistência dos dados e restrições de integridade geográficas. Deve capturar, armazenar, manipular, analisar dados gerando informações de forma integrada sobre as principais variáveis de qualidade de água para sub-bacia hidrográfica.

■ Métodos

A metodologia utilizada contempla atividades para definir a área de abrangência geográfica, definindo o escopo do projeto, elaborando o projeto conceitual que foi subdividido em duas fases, sendo que a primeira conta com o levantamento dos dados já existentes em órgãos municipais envolvidos com a qualidade dos recursos hídricos, o refinamento dos dados coletados para compor o banco de dados do sistema, a definição das classes georreferenciadas e convencionais, a modelagem do banco de dados no padrão OMT-G e documentação do projeto conceitual (dicionário de metadados).

A segunda fase conta com definição das regras de consistência dos dados e restrições de integridade geográficas, a documentação do projeto lógico, a implementação do projeto físico utilizando os equipamentos citados.

■ Desenvolvimento

Dada a sua utilidade, a água é considerada um recurso finito, escasso e de valor econômico. É um recurso tão importante que define o desenvolvimento que uma região, país ou sociedade pode alcançar.

Os recursos hídricos têm capacidade de diluir e assimilar esgotos e resíduos, mediante processos físicos, químicos e biológicos, que proporcionam sua autodepuração. Entretanto, essa capacidade é limitada face a quantidade e qualidade de recursos hídricos existentes.

Durante o ciclo hidrológico, a água sofre alterações em sua qualidade. Isso ocorre nas condições naturais, em razão das inter-relações dos componentes do sistema de meio ambiente. O tratamento prévio de esgotos urbanos e industriais é fundamental para a conservação dos recursos hídricos em padrões de qualidade compatíveis com a sua utilização final.

O tratamento deve ser apropriado aos tipos de poluentes detectados pelas análises. O padrão qualitativo das águas, tanto quanto o quantitativo, deve ser objeto de consideração e de adequação das disponibilidades em relação às demandas por esses recursos (Agência Nacional de Águas - ANA, 2001)

Tanto em relação à definição do tipo de tratamento como o conhecimento da demanda por recursos hídricos, dependem do grau de informação que têm dos diversos tipos de poluentes e da destinação desses recursos. Segundo Loch & Cordini (2000), todo planejamento necessita de uma grande quantidade de informações, que além de serem muito variadas precisam estar ao alcance dos planejadores.

O conhecimento detalhado dos recursos naturais das áreas em questão poderá ser de extrema utilidade no estudo, na elaboração de políticas públicas e redirecionamento das atividades para implantação de sistemas de tratamento dos esgotos domésticos e de dejetos de animais, proteção de fontes de captação de água, área de preservação permanente, instalação de agroempresas, orientar trabalhos de educação ambiental e outros. (SILVA JUNIOR, 2004)

Para tanto, são de fundamental importância a coleta, o armazenamento e o cruzamento dos dados obtidos sobre o objeto de estudo.

Banco de dados é uma coleção de dados inter-relacionados e persistentes que representa um subconjunto dos fatos presentes em um domínio de aplicação.

Uma das fases mais importantes do ciclo de vida de um banco de dados é o seu projeto, (SILBERSCHATZ, KORTH e SUDARSHAN, 2005), assim como (DATE, 2005) argumentam que, nessa fase, o projetista define o esquema do banco de dados de acordo com as necessidades dos usuários finais.

A modelagem do banco de dados deve ser feita de acordo com as necessidades de entendimento da estrutura do mesmo. Cada tipo de modelo tem um nível de abstração, e um banco de dados pode ser modelado em vários níveis de abstração (ELMASRI, NAVATHE, 2005), (HEUSER, 2004).

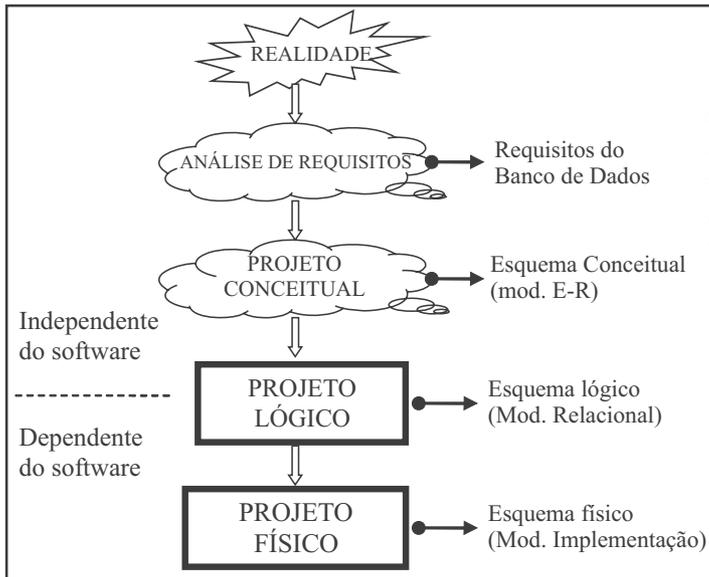
Um modelo de dados para um usuário leigo, por exemplo, deverá estar em um nível de abstração maior que um modelo de dados que será usado por um técnico que deseja otimizar as consultas de um banco.

Em banco de dados, podem ser considerados os modelos: conceitual, lógico e físico. Cada um desses

modelos está em um nível de abstração, sendo que o modelo conceitual possui um nível maior de abstração por estar mais perto da realidade que está sendo modelada, o modelo físico e o lógico possuem um nível de abstração mais baixo por trazerem detalhes de armazenamento, que implica em uma relação direta com o *software* adotado para o projeto (ELMASRI, 2000).

A figura 1 ilustra este modelo.

Figura 1 - Etapas do projeto do banco de dados.



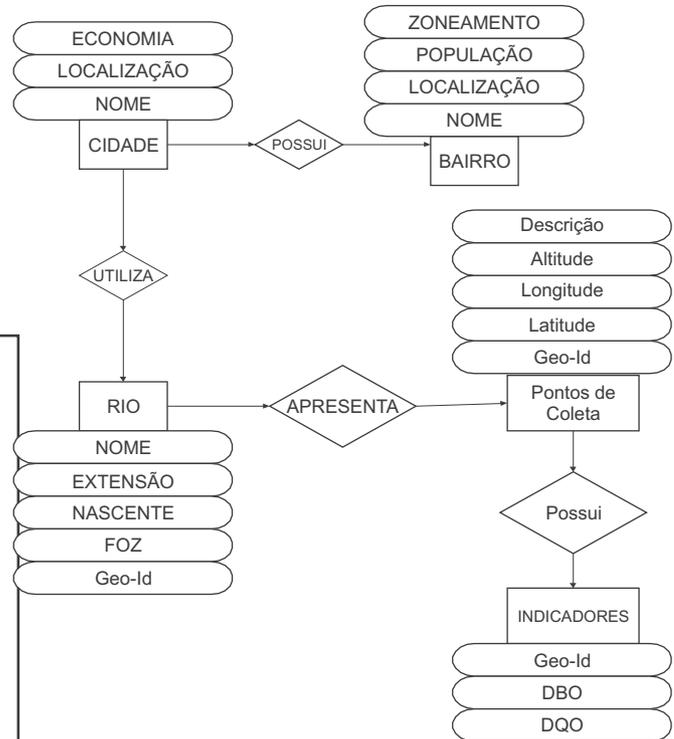
Fonte: Elmasri 2000, adaptado pelo autor

Análise de Requisitos - Por intermédio da fase de análise é que o projetista do sistema terá contato com os detalhes que o sistema deverá abranger para atender as necessidades dos usuários, o sistema será considerado encerrado quando atender todos os requisitos especificados.

Projeto Conceitual - Nesta fase é elaborado o esquema conceitual do banco de dados, sendo utilizados modelos semânticos que empregam construtores de abstração de alto nível para descrever os requisitos de dados das aplicações. Para isto vamos adotar o ME-R, modelo de entidade-relacionamento proposto em (CHEN,1976), conforme figura 2.

Normalmente, utilizamos modelos bastante simples, que facilitam a comunicação e o entendimento entre usuários e projetistas. São identificadas e definidas quais as entidades serão representadas no banco de dados, suas estruturas (atributos) e os relacionamentos existentes entre elas. No projeto conceitual não são considerados aspectos sobre o sistema de computação (*software/hardware*) que será utilizado.

Figura 2 - Modelo entidade-relacionamento



Projeto Lógico - Nesta fase é elaborado o esquema lógico do banco de dados com base no tipo de modelo de SGBD - sistema de gerenciamento de banco de dados, que será utilizado. O esquema lógico independe do software a ser usado, mas é dependente de um modelo de dados que é gerado à partir da aplicação de regras de transformação do esquema conceitual em elementos de representação de banco de dados orientado a objetos. Para isso será utilizada a ferramenta CASE, *Rational Rose*, conforme Figura 3, para elaborar a modelagem do banco de dados e a criação automática do script do banco de dados físico.

Com base neste diagrama, a ferramenta CASE - *Rational Rose*, irá gerar automaticamente um *script* para gerar o banco de dados físico segundo as características determinadas pelos atributos e métodos especificados no diagrama e o *software* do banco escolhido entre as várias opções que a ferramenta proporciona, conforme verifica-se na figura 4.

Figura 3 - Diagrama de banco de dados lógico

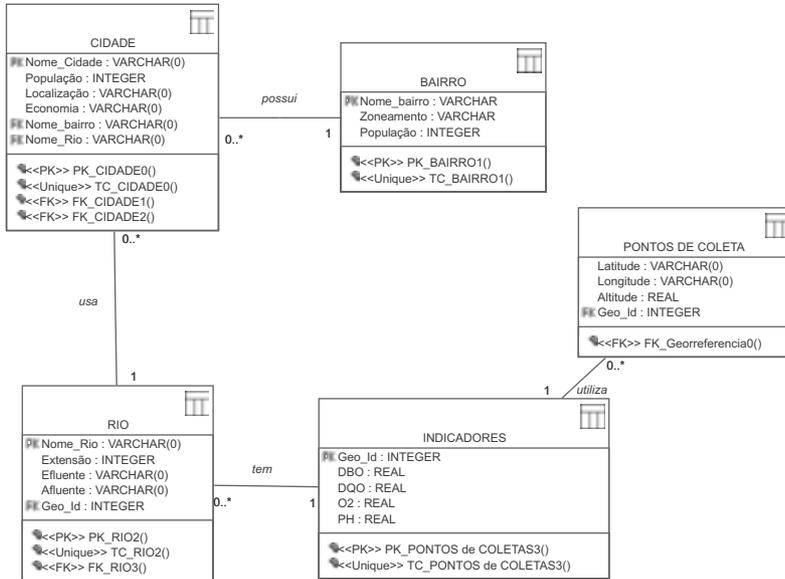


Figura 4 - Script do banco de dados padrão MS ACCESS

```
CREATE TABLE PONTOS_de_COLETAS (Geo_Id INTEGER NOTNULL, DBO REAL, DQO REAL, O2 REAL, PH REAL, CONSTRAINT PK_PONTOS_de_COLETAS3 PRIMARY KEY (Geo_Id), CONSTRAINT TC_PONTOS_de_COLETAS3 UNIQUE(Geo_Id));

CREATE TABLE Georreferencia (Latitude VARCHAR, Longitude VARCHAR, Altitude REAL, Geo_Id INTEGER NOTNULL);

CREATE TABLE BAIRRO (Nome_bairro VARCHAR NOT NULL, Zoneamento VARCHAR, População INTEGER, CONSTRAINT PK_BAIRRO1 PRIMARY KEY (Nome_bairro), CONSTRAINT TC_BAIRRO1 UNIQUE (Nome_bairro));

CREATE TABLE CIDADE (Nome_Cidade VARCHAR NOT NULL, População INTEGER, Localização VARCHAR, Economia VARCHAR, Nome_bairro VARCHAR NOT NULL, Nome_Rio VARCHAR NOT NULL, CONSTRAINT PK_CIDADE0 PRIMARY KEY (Nome_Cidade), CONSTRAINT TC_CIDADE0 UNIQUE (Nome_Cidade));

CREATE TABLE RIO ( Nome_Rio VARCHAR NOT NULL, Extensão INTEGER, Efluente VARCHAR, Afluente VARCHAR, Geo_Id INTEGER NOT NULL, CONSTRAINT PK_RIO2 PRIMARY KEY (Nome_Rio), CONSTRAINT TC_RIO2 UNIQUE (Nome_Rio));

ALTER TABLE Georreferencia ADD CONSTRAINT FK_Georreferencia0 FOREIGN KEY (Geo_Id) REFERENCES PONTOS_de_COLETAS (Geo_Id);

ALTER TABLE CIDADE ADD CONSTRAINT FK_CIDADE2 FOREIGN KEY (Nome_Rio) REFERENCES RIO (Nome_Rio);

ALTER TABLE CIDADE ADD CONSTRAINT FK_CIDADE1 FOREIGN KEY (Nome_bairro) REFERENCES BAIRRO (Nome_bairro);

ALTER TABLE RIO ADD CONSTRAINT FK_RIO3 FOREIGN KEY (Geo_Id) REFERENCES PONTOS_de_COLETAS (Geo_Id);
```

Projeto físico - Define os aspectos de implementação física do banco de dados, como por exemplo, estruturas de armazenamento, caminhos de acesso, particionamento e agrupamento. Estão diretamente relacionados a um sistema de gerenciamento de banco de dados específico e permitem, ao projetista, planejar aspectos ligados à eficiência do sistema de banco de dados, como exemplificado na figura 5.

Este trabalho abordará uma proposta de modelagem de um banco de dados geográfico com aplicação ambiental, utilizando diversas técnicas de modelagem, que representem de forma integrada a realidade do objeto de estudo.

A técnica utilizada alia os conceitos de orientação a objetos apresentada por (RUMBAUGH,1991), *Object Modelling Technique* (OMT) que foca o processo de análise do problema e sua representação por meio de uma simbologia, com a proposta apresentada em (BORGES, 1997) OMT-G, para modelar adequadamente as varias aplicações geográficas, originalmente o OMT-G foi chamado de GeoOMT (BORGES, 1997).

O OMT-G classifica as entidades em convencionais e georreferenciadas, as entidades convencionais ou não espaciais são atributos que descrevem as propriedades, comportamentos, relacionamentos e semântica semelhante e que de alguma forma se relacionam com as entidades espaciais. As entidades georreferenciadas podem ser geo-campo, de variação contínua e geo-objeto, de variação discreta (LISBOA FILHO, 1996).

A seguir, serão apresentados os principais conceitos do modelo OMT-G, segundo (BORGES, 2002), para a melhor compreensão.

Os geo-campos se subdividem conforme Tabela 1.

Figura 5 - Projeto físico do banco de dados

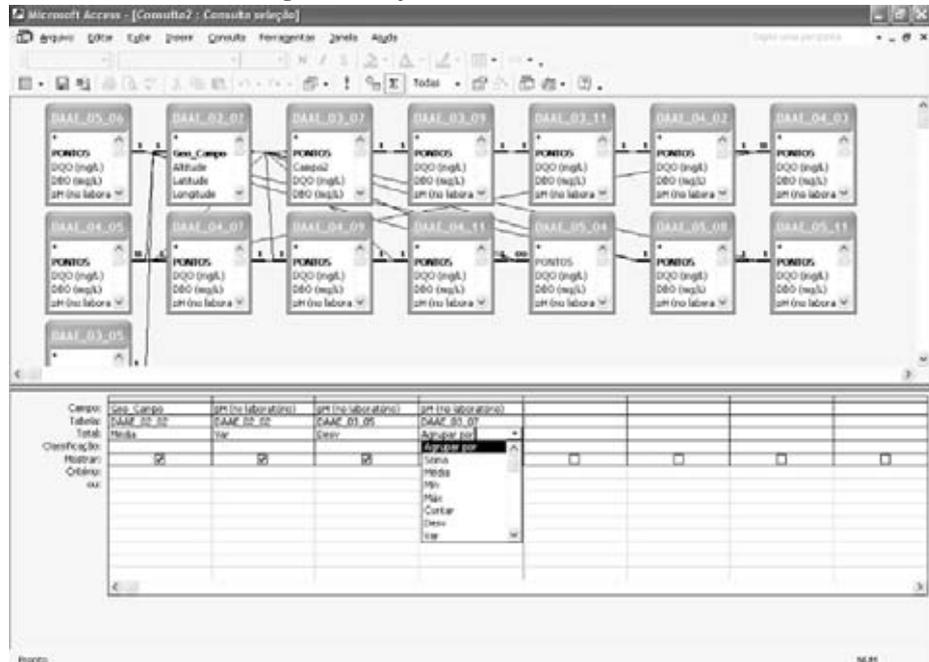


Tabela 1 - Representação das classes de geo-Campos Geo-OMT

	Nome da Classe	Isolinhas: Representa uma coleção de linhas fechadas que não se cruzam nem se tocam. Cada instância da classe contém o valor associado. Exemplo: curvas de nível, curvas de temperatura e curvas de ruído.
Atributos		
Operações		
	Nome da Classe	Amostragem: Representa uma coleção de pontos regular ou irregularmente distribuídos por todo espaço geográfico. Exemplo: estações de medição de temperatura, modelos numéricos de terreno ou pontos cotados em levantamentos altimétricos de áreas urbanas.
Atributos		
Operações		
	Nome da Classe	Tesselação: Representa o conjunto das subdivisões de todo o domínio espacial em células regulares que não se sobrepõem e que cobrem completamente este domínio. Cada célula possui um único valor para todas as posições dentro dela. Exemplo: imagem de satélite.
Atributos		
Operações		
	Nome da Classe	Polígonos adjacentes: Representa o conjunto de subdivisões de todo o domínio espacial em regiões sim ples que não se sobrepõem e que cobrem completamente este domínio. Exemplo: tipos de solo, divisão de bairros, divisões administrativas e divisões temáticas.
Atributos		
Operações		
	Nome da Classe	Rede triangular irregular. Representa o conjunto de grades triangulares de pontos que cobrem todo o domínio espacial. Um exemplo é o TIN, para utilização em modelos numéricos de terreno.
Atributos		
Operações		

Fonte: www.dpi.inpe.br/cursos

As classes do tipo geo-objeto são divididas em dois grupos: geo-objeto com geometria e geo-objeto com geometria e topologia. Cada uma dessas classes possui um padrão simbólico de representação, como descrito abaixo.

Geo-Objeto é um elemento único que possui atributos não-espaciais e está associado a múltiplas localizações geográficas. Exemplos: lotes, setores censitários, municípios, bairros, rios, trecho de logradouro.

Representações geométricas: pontos, linhas e polígonos. Podem ter representações diferentes em mapas de escalas distintas.

Como pode ser observado na tabela 2.

Tabela 2 - Representação das Classes de geo-objetos

—	Nome da Classe	Linha: Representa objetos lineares sem exigência de conectividade. Exemplo: representação de muros, cercas e meio-fios.
Atributos		
Operações		
☆	Nome da Classe	Ponto: Representa objetos pontuais, que possuem um a única coordenada (x, y). Exemplo: postes, orelhão e hidrantes.
Atributos		
Operações		
□	Nome da Classe	Polígono: Representa objetos de área, podendo aparecer conectada, como dentro de lotes de uma quadra, ou isolado, como a representação de uma ilha.
Atributos		
Operações		
→	Nome da Classe	Linha uni-direcionada: Representa objetos lineares que começam e terminam em um nó e que possuem uma direção (arco do grafo orientado). Cada linha deve estar conectada a dois nós ou a uma outra linha uni-direcionada. Exemplo: trechos de uma rede de esgoto, que indicam a direção do fluxo da rede.
Atributos		
Operações		
↔	Nome da Classe	Linha bi-direcionada: Representa objetos lineares que começam e terminam em um nó e que são bi-direcionados. Cada linha bi-direcionada deve estar conectada a dois nós ou a outra linha bi-direcionada. Exemplo: trechos de uma rede de água, onde a direção do fluxo pode ser nos dois sentidos estabelecido.
Atributos		
Operações		
●	Nome da Classe	Nó: Representa os objetos pontuais no fim de uma linha, ou os objetos pontuais nos quais as linhas se cruzam (nó do grafo). Possui a propriedade de conectividade, garantindo a conexão com a linha. Por exemplo, o posto de visita na rede de esgoto ou o cruzamento na malha viária.
Atributos		
Operações		

Fonte: www.dpi.inpe.br/cursos

Os relacionamentos entre geo-campo, geo-objetos e objetos não espaciais podem ser de vários tipos. Existem associações simples, típicas de banco de dados relacionais, além de relações topológicas de rede e relações espaciais.

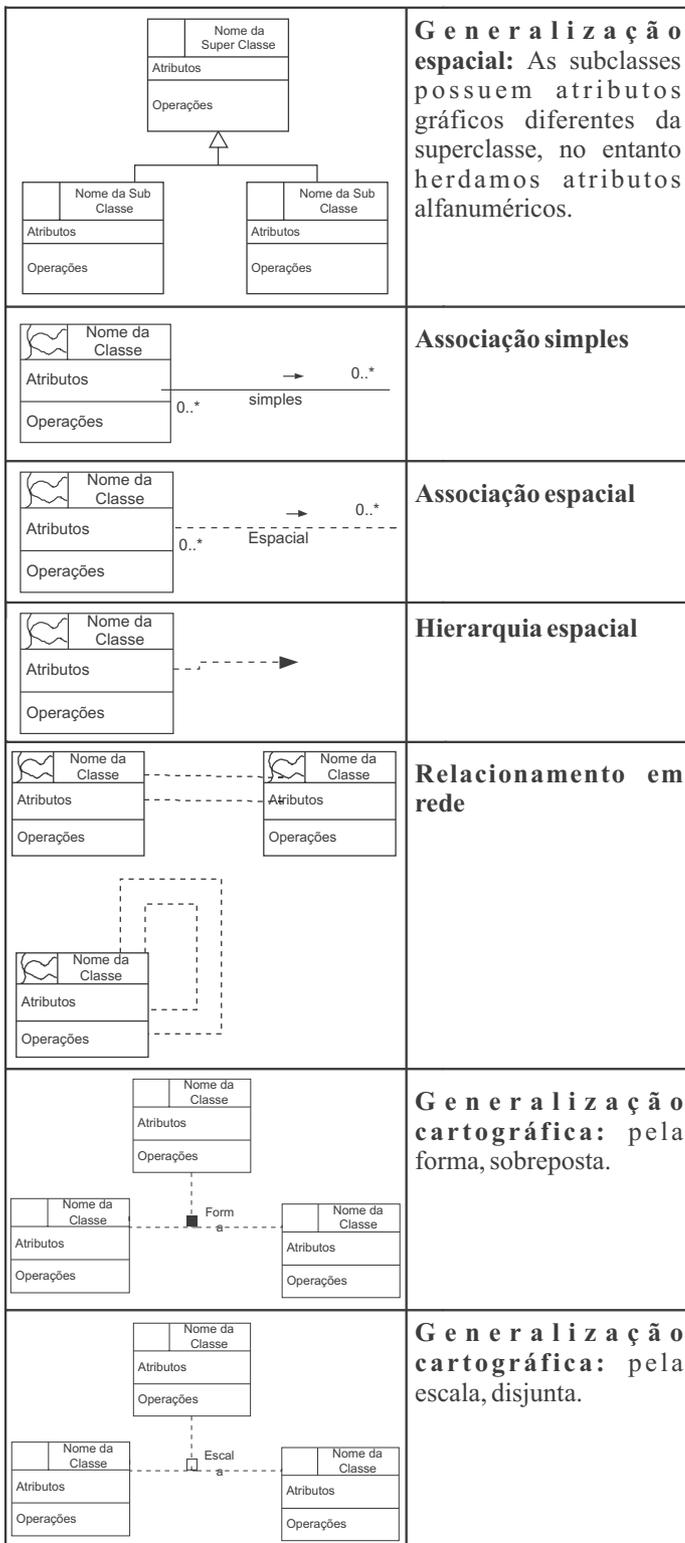
Associações simples são representadas por linhas contínuas ligando dois objetos quaisquer. Relações topológicas e de rede são representadas por linhas pontilhadas, indicando que sempre que aparecer uma linha pontilhada em um modelo OMT-G está sendo representada uma característica espacial.

Relações espaciais abrangem relações topológicas, métricas, ordinais e *fuzzy*. No entanto, existem outras aplicações em que as mesmas relações espaciais têm significado relevante devendo ser representadas no modelo. Outras relações, denominadas explícitas, necessitam ser sempre especificadas pelo usuário para que o sistema consiga manter estas informações. Um caso particular de relação espacial é a hierarquia espacial, em que a relação de dependência entre as classes é definida com critérios espaciais.

Como pode ser observado na tabela 3.

Tabela 3 - Representação dos relacionamentos Geo-OMT

	Generalização: As subclasses recebem os atributos e operações da super classe
	Generalização espacial: Pode ser total onde a união de instâncias das subclasses equivalem ao conjunto das instâncias da superclasse, existindo instâncias que pertençam a mais de uma subclasse, ou parcial, nem todas as instâncias da superclasse estão representadas nas subclasses e as instâncias existentes nas subclasses podem pertencer simultaneamente a mais de uma subclasse.



Fonte: www.dpi.inpe.br/cursos

torna-se difícil a especificação dos relacionamentos espaciais e topológicos entre os objetos. Reunindo elementos conceituais e de representação, aplicações geográficas podem ser modeladas estaticamente usando o modelo OMT-G.

Abaixo, alguns elementos do OMT-G, exemplificado na Figura 6.

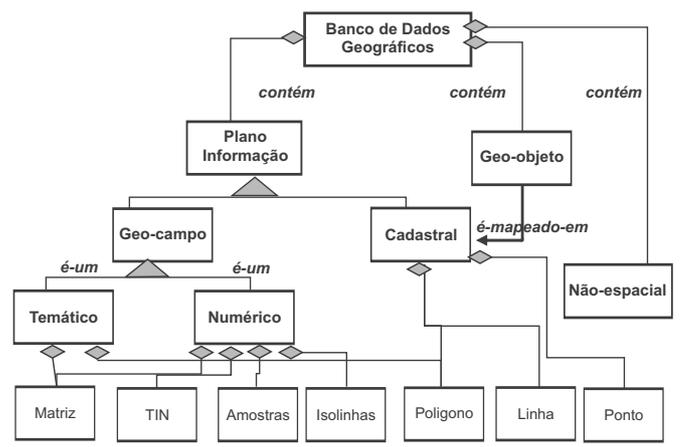
classe: reúne objetos que compartilham propriedades comuns;

objeto: entidade de uma classe que possui uma descrição e uma identidade;

herança: classes derivadas herdam atributos e métodos da classe superior, essas classes devem ter atributos semelhantes;

agregação: objeto superior é formado a partir da combinação de um conjunto de outros objetos;

Figura 6 - Modelo de banco de dados geográfico padrão OMT-G



Fonte: BORGES, 1997

Com base neste modelo será elaborada a modelagem do banco de dados, usando o *software MS-Visio* com a extensão OMT-G, que irá armazenar os dados coletados, sobre a qualidade da água para elaboração de indicadores ambientais, conforme Figura 7. Essas informações servirão como subsídio aos tomadores de decisão em comparação com os parâmetros de qualidade estabelecidos pela Agência Nacional das Águas (ANA, 2001).

À partir da modelagem do banco de dados utilizando o OMT-G será elaborado um dicionário de metadados que irá documentar as classes projetadas possibilitando sua fácil caracterização (nome, tipo, forma de representação, descrição, atributos), como veremos a seguir.

A construção de um esquema conceitual é parte fundamental do processo de desenvolvimento de aplicações. No caso das aplicações geográficas, no entanto, é necessário levar em consideração outros fatores, especialmente relativos à representação dos objetos espaciais. Sem a definição da representação,

Figura 7 - Modelagem do banco de dados geográfico usando OMT-G

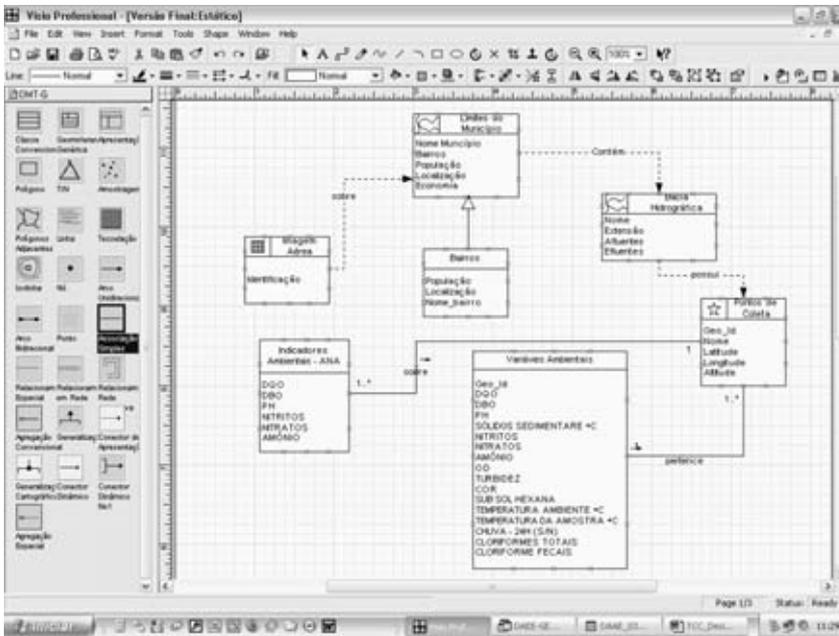


Tabela 4 - Limites do Município

Nome da Tabela: Limites do Município			
Categoria: Geo-Campo		Tipo: Polígonos Adjacentes	
ATRIBUTOS			
Nome	Formato	Tamanho	Descrição
Nome	Texto	50	Nome do município
Bairros	Texto	50	Nome dos bairros do município envolvidos na micro bacia hidrográfica do Ribeirão das Cruzes
População	Numérico	Inteiro	Dados sobre a quantidade de habitantes do município.
Localização	Texto	50	Descrição da região em relação ao estado onde se encontra o município
Economia	Texto	50	Descrição das principais atividades econômicas do município

Tabela 5 - Bacias Hidrográficas

Nome da Tabela: Bacias Hidrográficas			
Categoria: Geo-Campo		Tipo: Polígonos Adjacentes	
ATRIBUTOS			
Nome	Formato	Tamanho	Descrição
Nome	Texto	50	Nome da bacia hidrográfica a qual pertence o Ribeirão das Cruzes.
Extensão	Numérico	Inteiro	Comprimento em quilômetros do Ribeirão das Cruzes
Afluentes	Texto	50	Nomes dos afluentes do Ribeirão das Cruzes
Efluentes	Texto	50	Nomes dos efluentes do Ribeirão das Cruzes

Tabela 6 - Pontos de Coleta

Nome da Tabela: Pontos de Coletas			
Categoria: Geo-Campo		Tipo: Ponto	
ATRIBUTOS			
Nome	Formato	Tamanho	Descrição
Geo_Id	Numérico	Inteiro	Identificador numérico sequencial do ponto de coleta. Será usado como chave primária do banco de dados.
Nome	Texto	50	Descrição do ponto de coleta usado pelo DAAE para identificar os pontos de coleta antes do sistema
Latitude	Numérico	Inteiro	Valor numérico da latitude do ponto obtido com GPS.
Longitude	Numérico	Inteiro	Valor numérico da longitude do ponto obtido com GPS.
Altitude	Numérico	Inteiro	Valor numérico da altitude do ponto obtido com GPS.

Tabela 7 - Imagem Aérea

Nome da Tabela: Imagem Aérea			
Categoria: Geo-Campo		Tipo: Tecelação	
ATRIBUTOS			
Nome	Formato	Tamanho	Descrição
Identificação	Texto	50	Descrição da imagem aérea caracterizando o objeto de estudo

Tabela 8 - Indicadores Ambientais

Nome da Tabela: Indicadores Ambientais - Agência Nacional da Águas - ANA			
Categoria: Cadastral		Tipo: Classe Convencional	
ATRIBUTOS			
Nome	Formato	Tamanho	Descrição
DBO	Numérico	Duplo	Valor da demanda biológica de oxigênio - encontrado na amostra
DQO	Numérico	Duplo	Valor da demanda química de oxigênio - encontrado na amostra
PH	Numérico	Duplo	Valor do PH - encontrado na amostra
Nitrito	Numérico	Duplo	Valor de nitrito - encontrado na amostra
Nitrato	Numérico	Duplo	Valor de nitrato - encontrado na amostra
Amônio	Numérico	Duplo	Valor de amônio - encontrado na amostra
Sólidos Sedimentáveis 60°	Numérico	Duplo	Quantidade de resíduos encontrados na amostra

OD	Numérico	Duplo	Valor OD encontrado na amostra
Turbidez	Numérico	Duplo	Valor da turbidez encontrado na amostra
Cor	Numérico	Duplo	Valor indicativo da coloração encontrado na amostra
Sub Sol em Hexana	Numérico	Duplo	Valor de sub sol hexana encontrado na amostra
Temperatura Ambiente (°C)	Numérico	Duplo	Temperatura ambiente no dia e hora da coleta.
Temperatura da Amostra	Numérico	Duplo	Temperatura da amostra no dia e hora da coleta.
Chuva – 24h	Sim/Não		Valor Sim ou Não, se choveu 24h antes da coleta.
Cloriformes Totais	Numérico	Duplo	Valor de cloriformes totais encontrado na amostra.
Cloriformes Fecais	Numérico	Duplo	Valor de cloriformes fecais encontrado na amostra.

Fonte: (Agência Nacional de Águas - ANA, 2001)

Resultados

O principal resultado obtido como produto deste trabalho de coleta e refinamentos dos dados, a modelagem destes dados em classes georreferenciadas e convencionais, foi a criação do banco de dados que dará subsidio para a gestão integrada de recursos hídricos.

Por intermédio deste banco de dados será possível consultar a exata localização dos pontos de coleta de água, conforme demonstramos na Figura 8, para análise da

Figura 8 - Pontos de Coleta

Geo-Campo	Descrição	Altitude	Latitude	Longitude
1	Ribeirão das Cruzes - jusante do parque-pague 3 (secada d'água)	630	21° 47'58.11"	48° 01'21.65"
2	Ribeirão das Cruzes - ponte a jusante da barra com a canga que vem do Salto Day	630	21° 47'50.21"	48° 01'26.40"
3	Travessia Adalberto Roxo	629	21° 47'52.45"	48° 01'26.02"
4	Ribeirão das Cruzes - ponte do Maladouro	621	21° 47'43.15"	48° 01'24.65"
5	Ribeirão das Cruzes - ponte SP 310 (Km 275)	617	21° 47'48.43"	48° 01'24.12"
6	Córrego Águas do Parel - captação ETA Parel	617	21° 47'55.01"	48° 01'23.95"
7	Córrego Águas do Parel - ponte rodovia SP 310	612	21° 47'53.55"	48° 01'22.15"
8	Ribeirão das Cruzes - montante do canal do efluente ETE Araraquara	610	21° 47'48.42"	48° 01'21.33"
9	Ribeirão das Cruzes - jusante do canal do efluente ETE Araraquara	604	21° 47'42.29"	48° 01'20.95"
10	Córrego do Lagrado - Estremidade Araraquara-Garças Paraisópolis, 500 m do Mutal Parel	604	21° 47'36.45"	48° 01'26.43"
11	Ribeirão das Cruzes - Fazenda Pinheiro (jusante do lançamento da ETE Araraquara)	601	21° 47'33.22"	48° 01'27.82"
12	Ribeirão das Cruzes - 8302,2 m a jusante do lançamento da ETE Araraquara	599	21° 47'28.52"	48° 01'25.61"
13	Rio Jacaré antes de receber o Ribeirão das Cruzes	587	21° 47'25.45"	48° 01'22.49"
14	Rio Jacaré após receber o Ribeirão das Cruzes	596	21° 47'23.19"	48° 01'21.69"
0				

Fonte: DAAE - Araraquara

qualidade da água e as respectivas tomadas de decisões em função dos resultados destas análises.

Além da conversão dos dados já existentes em planilhas eletrônicas para o formato do banco de dados Microsoft Access, este foi preparado para que as futuras coletas sejam incluídas diretamente no banco, conforme Figura 9, o que implicará em ganho de tempo, redução de retrabalhos e da margem de erro inerente à fase de digitação dos dados.

Um dos indicadores ambientais de qualidade da água é a demanda química de oxigênio, encontrada nas amostras coletadas, como pode ser visto na Figura 9, os índices obtidos ao longo do ano variam de forma irregular entre eles.

Figura 9 - Demanda Química de Oxigênio

Geo_Campo	DAAE_02_02_DQO	DAAE_03_05_DQO	DAAE_04_02_DQO	DAAE_04_03_DQO	DAAE_04_05_DQO
1	4	6,5	12,4	9,1	5,2
2	4	2	0,9	28,7	9,4
3	4	2	2,1	13	54,5
4	4	2	10,5	15,4	16,7
5	4	13,3	44,7	15,1	24,6
6	4	2	4,3	12,1	16,3
7	4	2	35,4	39,7	14
8	4	18,6	9	23,6	19
9	22,9	136	34,2	35,7	54,4
10	4	59,1	7,8	7	20,2
11	23	44,2	21,9	16,1	43,2
12	20	41,4	26,6	19,7	40,6
13	16	16	17,6	60,1	34,3

Fonte: DAAE - Araraquara

Considerações finais

As análises feitas à partir dos dados mostrou que, os esquemas permitem uma ampla visualização das relações espaciais de todos os elementos possibilitando a distinção dos dados geográficos e convencionais.

A aplicação do modelo OMT-G permitiu a definição dos relacionamentos espaciais ou convencionais entre as diversas classes. Estes relacionamentos possibilitaram a definição das regras de consistências dos dados e das restrições de integridade geográficas dos objetos.

Vale destacar a utilização do *software MS VISIO* com a extensão do OMT-G que

possibilitou a maior interatividade, rapidez e precisão no desenvolvimento.

O dicionário de metadados, elaborado a partir do esquema do banco de dados permitiu identificar com mais detalhes as classes de objetos. Foi possível também definir a forma de representação gráfica dos objetos e o significado particular dos indicadores.

As regras de consistência dos dados convencionais possibilitarão a extração de consultas e relatórios do banco de dados através da linguagem SQL garantindo a qualidade das informações.

■ Referências Bibliográficas

AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS, *Glossário de Termos Hidrológicos*, Programa versão 1.1, disponível em <http://www.ana.gov.br>, Brasília DF, 2001.

BATISTA, G.T, TARGA, M. FIDALGO, E.C.C., *Banco de Dados Ambientais da Bacia do Rio Una, Bacia do Rio Paraíba do Sul. Projeto Una*, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2002.

BORGES, K. A. V. *Modelagem de Dados Geográficos: uma Extensão do Modelo OMT para Aplicações Geográficas*. Belo Horizonte, 1997. 128p. Dissertação (Mestrado em Administração Pública) - Escola de Governo - Fundação João Pinheiro.

BORGES, Karla Albuquerque de Vasconcelos. *Modelagem de Dados Geográficos*. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais/Instituto de GeoCiências, 2002.

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

DAVIS, Clodoveu; FONSECA, Frederico. *Introdução aos Sistemas de Informação Geográficos*. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais/Instituto de GeoCiências, 2001.

ELMASRI, R. NAVATHE, S. B. *Fundamentals of Database Systems*. 3ed Menlo Park: Addison-Wesley, 2000.

KARLA, A.V.B, FONSECA, F.T. *Modelagem de Dados Geográficos em Discussão*. PRODABEL. MG.

LISBOA FILHO, J. *Estruturação e Modelagem de Banco de Dados*, Curitiba, 2001.

LISBOA FILHO, J. *Modelagem de Banco de Dados Geográficos*. In: LADEIRA, M.; NASCIMENTO, M.E.M. III Escola Regional de Informática do Centro-Oeste. Brasília-DF: SBC - Sociedade Brasileira de Computação, 2000.

LISBOA FILHO, J. *Modelos Conceituais de Dados para Sistemas de Informações Geográficas*. Porto

Alegre: CPGCC da UFRGS, 1997.

LOCH,C., CORDINI, J. *Topografia contemporânea*. Ed. UFSC, 2ed, Florianópolis. 2000.

RUMBAUGH, J.; BLAHA, M.; PREMERLANI, W.; EDDY, F.; LORENSEN, W. *Object-oriented Modeling and Design*. Prentice-Hall, 1991.

SILVA JUNIOR, V, P., *Modelagem de Banco de Dados geográfico e visualização do Inventário de Terras da Sub-bacia do Rio Ariranha*. COBRAC 2004. UFSC. Florianópolis. 2004.