

Desenvolvimento de um banco de dados geográficos para a categoria de informação hidrografia da ET-EDGV em um Sistema Gerenciador de Banco de Dados

Fernando Luiz Prochnow Ramme¹
Nathan Facundes Santos²

¹ Fundação Aplicações de Tecnologias Críticas ATECH
São Paulo - SP, Brasil
framme@hotmail.com

² Universidade de São Paulo - USP/PECE
São Paulo - SP, Brasil
nathan.facundes@uol.com.br

Abstract. This paper describes the implementation of the hidrography category information the conceptual model, about the Technical Specification for the Structuring of Data Vectorial Geospatial (ET-EDGV), in a spatial relational database management system. The physical modelling of the spatial-temporal database was developed with the Sybase PowerDesigner CASE tool. The spatial-temporal database implementation was done using Structured Query Language. The contribution of this work is the spatial-temporal database implementation, hidrography category information from ET-EDGV version 2.1.3, for the spatial relational database management system PostgreSQL version 9.1 and PostGIS 2.0. It was concluded that ET-EDGV adoption enables the geographical data standardization and normalization stores in the spatial relational database management system.

Palavras-chave: spatial database, banco de dados espacial, INDE, CONCAR.

1. Introdução

A crescente demanda por informação geoespacial trouxe a necessidade de gerar dados segundo padrões e especificações técnicas. Com o objetivo de padronizar estruturas de dados que viabilizem o compartilhamento, a interoperabilidade, a disseminação e a racionalização de recursos entre os produtores e usuários de dados e informação cartográfica (CONCAR, 2010), a Comissão Nacional de Cartografia (CONCAR), através do Comitê de Estruturação da Mapoteca Nacional Digital (CEMND), em 2007 elaborou a Especificação Técnica para a Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV). A Estrutura de Dados Geoespaciais Vetoriais (EDGV) é parte componente da Mapoteca Nacional Digital (MND). A MND é componente da estruturação de dados cartográficos do Mapeamento Sistemático Terrestre, uma das especificações essenciais para a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE). Coube à Diretoria de Serviço Geográfico (DSG, 2011), elaborar a especificação técnica que regula e padroniza a aquisição da geometria dos dados geoespaciais vetoriais e atributos correlacionados, a Especificação Técnica para a Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-ADGV).

O objetivo do trabalho é apresentar os resultados da implementação do modelo conceitual da categoria de informação hidrografia referente à ET-EDGV, em um sistema gerenciador de banco de dados relacional geográfico (SGBDR-G).

1.1 Estruturação de dados geoespaciais vetoriais

A ET-EDGV define uma estrutura padrão de armazenamento dos dados geoespaciais vetoriais. A ET-EDGV foi modelada segundo o paradigma da orientação a objetos (OO) utilizando a notação OMG UML e a extensão OMT-G (CASANOVA, 2005). Esse modelo é organizado em treze categorias (CONCAR, 2010): (1) Abastecimento de Água e Saneamento Básico; (2) Administração Pública; (3) Educação e Cultura; (4) Energia e Comunicações; (5) Estrutura Econômica; (6) Hidrografia; (7) Limites; (8) Localidades; (9) Pontos de Referência;

(10) Relevo; (11) Saúde e Serviço Social; (12) Sistema de Transportes; e (13) Vegetação. Este trabalho foi realizado no escopo da gestão técnica e integrada de bacias hidrográficas, descrito na seção 1.2 a seguir.

1.2 A categoria de informação hidrografia da ET-EDGV

A categoria de informação hidrografia da ET-EDGV representa o conjunto das águas interiores e oceânicas da superfície terrestre, bem como elementos naturais ou artificiais emersos ou submersos, contidos nesse ambiente (CONCAR, 2010). O modelo conceitual simplificado OO da ET-EDGV 2.1.3 é ilustrado na Figura 1.

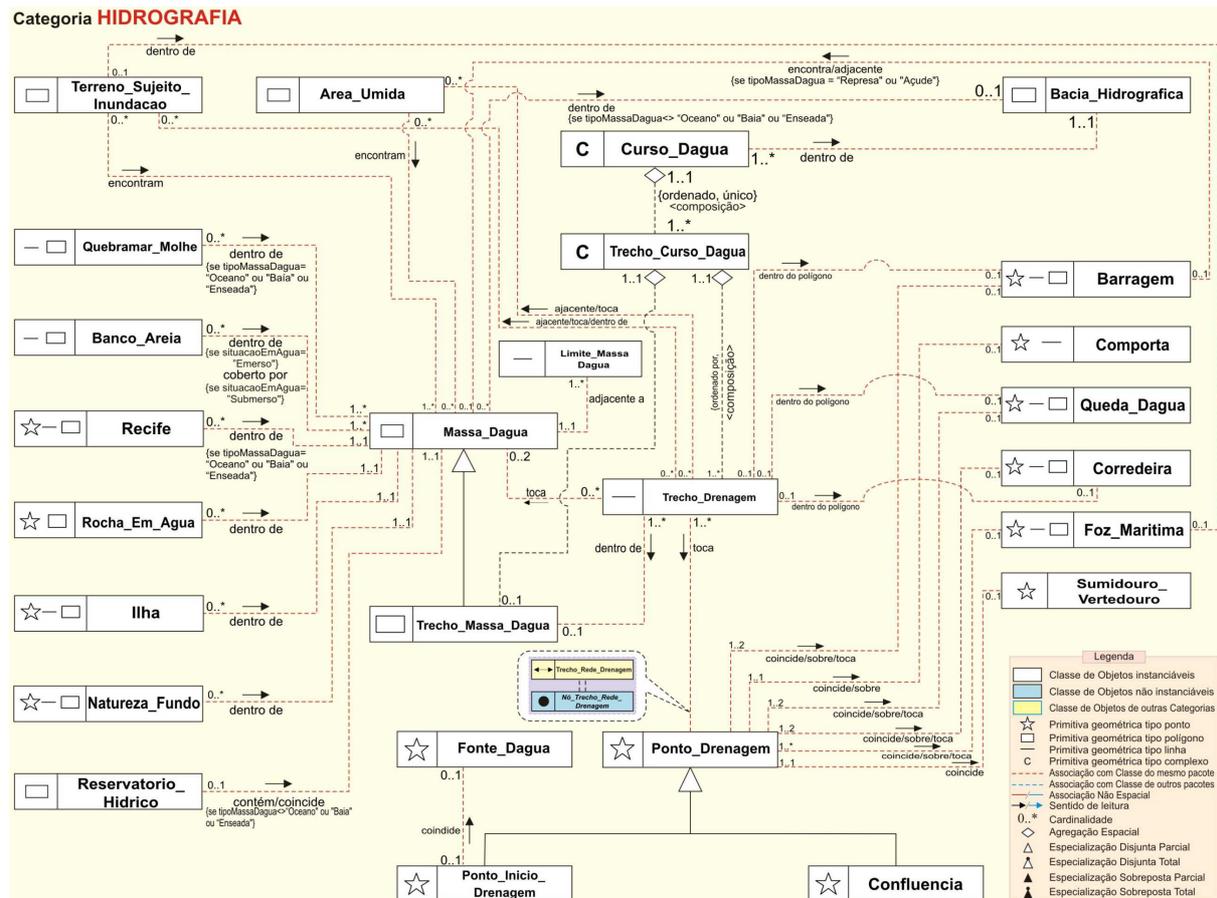


Figura 1. Diagrama de Classe simplificado modelado em OMT-G estendido pelo CEMND (CONCAR, 2010)

Uma bacia hidrográfica corresponde a um conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus tributários, limitada pelo divisor de águas. Um rio é uma corrente contínua de água, mais ou menos caudalosa, que deságua noutra, no mar ou num lago, e que excedam a 0,8 mm na escala da Carta. Um meandro abandonado é uma curva descrita por um rio e que perdeu sua conexão com o mesmo. Lago ou Lagoa corresponde a uma depressão absoluta do solo, que não possui fluxo d'água em seu interior. Reservatório hídrico é um polígono correspondente ao nível de altura máximo que a lâmina d'água de um lago, destinado a um fim específico, pode alcançar. Cachoeira possui uma queda d'água em uma massa de rochas de inclinação irregular, no sentido vertical, com a qual a água desliza sobre uma série de declives acidentados. Salto possui uma queda d'água em forma de esguicho e em queda ininterrupta de grande altura. Catarata possui uma queda d'água de grande caudal e em forma de cortina, e na parte baixa da catarata forma-se uma "piscina". Uma corredeira é um trecho inclinado de um rio onde a corrente avança com rapidez. Uma enseada é uma reentrância da

costa, em forma de meia-lua, bem aberta em direção ao mar, que se desenvolve frequentemente entre dois promontórios e penetra muito pouco na costa. A baía é uma reentrância fechada do mar na costa marinha com a forma de um golfo fechado, geralmente de dimensões menores do que este, e alargando-se à medida que adentra o continente. Uma ilha é uma porção de terra emersa circundada de água doce ou salgada em toda a sua periferia, podendo ser: Ilha Fluvial, Ilha Marítima, Ilha Lacustre, Ilha Mista. Ilha Fluvial é uma porção de terra emersa circundada de água doce em toda a sua periferia, situada nos rios. Ilha Marítima é uma porção de terra emersa circundada de água em toda a sua periferia, situada nos oceanos. Ilha Lacustre é uma porção de terra emersa circundada pelas águas de um lago ou lagoa. Os oceanos compreendem a vasta extensão de águas salgadas que cobre a maior parte do planeta Terra.

Uma represa ou açude é um depósito d'água formada pelo acúmulo das águas represadas para irrigação, piscicultura, abastecimento ou outras finalidades. Uma barragem é uma estrutura construída transversalmente a um curso d'água ou a um talvegue, com o objetivo de deter o fluxo da água parcialmente para acumular água ou elevar o seu nível. Uma barragem possui os domínios: Alvenaria, Concreto, Rocha, Terra. A comporta é uma porta que sustêm as águas em barragens de represas e açudes, diques, eclusas, reservatórios, cursos d'água e canais, podendo ser aberta para deixá-las fluir. Terreno sujeito a inundações são as áreas passíveis de inundação sazonal ou esporádica.

A fonte d'água é o local onde brota ou nasce água, natural ou artificialmente. Olho d'água é o local onde ocorre o brotamento de águas por pressão natural em área submersa. A foz marítima é o ponto mais baixo no limite de um sistema de drenagem (desembocadura) onde o curso d'água descarrega suas águas no oceano, em uma baía ou enseada. A forma da foz pode ser: estuário ou delta.

A massa d'água é o corpo d'água representado por polígono, tais como oceano, baías, enseadas, meandros abandonados, lagos, lagoas, e os açudes que não possuam fluxo d'água. A massa d'água pode ser permanente ou temporária. Uma Massa d'água Permanente nunca seca, mesmo no período de estiagem, podendo, porém, ser de nível variável. Uma Massa d'água Temporária possui volume de água inconstante em função do regime de chuvas, podendo ser intermitente ou periódico. A área úmida é aquela que contém água permanentemente, porém em uma quantidade não comparável a uma massa d'água, propriamente dita. A área úmida possui os domínios: Área Úmida Arenosa, Área Úmida Lamacenta. Área Úmida Arenosa é o terreno onde ocorre areia, podendo ser úmido ou não. Área Úmida Lamacenta é a mistura de terra e água.

Curso d'água é uma corrente de água que flui e desemboca no oceano, num lago ou noutro curso d'água. Trecho de curso d'água é a classe que agrega a geometria de uma ou mais instâncias da classe Trecho Drenagem e, se existir, de uma instância da classe Trecho de massa d'água. Trecho de massa d'água são segmentos de cursos d'água representados por polígonos, que possuem fluxo d'água. A natureza do fundo é a característica do fundo de trechos de massa d'água e massas d'água, podendo ser: Areia, Areia Fina, Lama, Argila, Lodo, Pedra, Cascalho, Seixo, Rocha, Coral, Concha, Ervas Marinhas. O limite de massa d'água é a linha limite definidora de massas d'água e de trechos de massa d'água. O limite de massa d'água possui os domínios: Areia, Areia Fina, Lama, Argila, Lodo, Pedra, Cascalho, Seixo, Rocha, Coral, Concha. Queda d'água é o degrau, em um curso d'água, onde a corrente forma um desnível acentuado. Uma confluência é a junção de dois ou mais cursos d'água ou ainda a convergência para uma massa d'água, exceto baía, oceano ou enseada. O canal é um curso d'água artificial que serve de interligação entre corpos de água maiores podendo ser navegável ou não, que excedam a 0,8 mm na escala da Carta. Canalização é uma tubulação e/ou conduto forçado de um curso d'água. Sumidouro é o local onde um curso d'água passa a fluir de forma subterrânea. Vertedouro é o local onde um curso d'água volta a fluir novamente

sobre a superfície do terreno. Sumidouro vertedouro é o local de infiltração ou afloramento (ressurgimento) de um curso d'água.

O ponto de drenagem é o ponto de conectividade entre dois trechos de drenagem ou mais. O ponto de início de drenagem é o ponto onde se inicia um trecho de rede de drenagem, podendo ser uma nascente ou não. Trecho drenagem corresponde a um corpo d'água, cuja geometria do tipo linha representa o fluxo d'água, permanente ou temporário, contido ou coincidente com um trecho de massa d'água capturado como linha, em função da escala de aquisição. O poço é uma cavidade mais ou menos profunda aberta, até mesmo superficial, no solo, para dela se tirar água. Um poço artesiano refere-se ao poço onde a água emerge, sobre pressão natural, acima do aquífero que a contém.

Quebramar é uma estrutura localizada em água, destinada a proteger praias, portos, fundeadouros, ancoradouros, e bacias das vagas oceânicas. Molhe é uma estrutura de alvenaria ou pedras ciclópicas, servindo como píer, quebra-mar ou ambos, e quando é destinado a servir como píer então permite a atracação em seu lado abrigado. Quando o quebramar está enraizado em terra, pode ser denominado quebramar molhe e servir de acostagem de embarcações no lado abrigado.

Um banco de areia é um depósito alongado situado a pouca profundidade ou que aflora no mar, no leito de cursos d'água ou ainda em um lago. O banco de areia possui os domínios: Banco de Areia Fluvial, Banco de Areia Marítimo, Banco de Areia Lacustre, Banco de Areia Cordão Arenoso, Banco de Areia Submerso, Banco de Areia Cobre e Descobre, Banco de Areia Emerso. Banco de Areia Fluvial é uma elevação, constituída de areia, situada a pouca profundidade ou que aflora no leito de um rio. Banco de Areia Marítimo é uma elevação, constituída de areia, situada a pouca profundidade ou que aflora no mar. Banco de Areia Lacustre é uma elevação, constituída de areia, situada a pouca profundidade ou que aflora em um lago. Banco de Areia Cordão Arenoso é a faixa ou língua de areia depositada paralelamente ao litoral, fechando ou tendendo a fechar uma reentrância mais ou menos extensa da costa, e normalmente é coberta por vegetação de restinga. Banco de Areia Submerso está totalmente sob a lâmina d'água. Banco de Areia Cobre e Descobre está em parte sob e em parte acima da lâmina d'água, em função do regime de águas. Banco de Areia Emerso está sempre acima da lâmina d'água.

Rocha em água são blocos de rochas, pedras, lajes ou outras formações rochosas em área costeira, em lagos ou em cursos d'água sobressalente ao leito, podendo apresentar-se aflorante ou submersa. Rocha em água possui os domínios: Rocha em água Submerso, Rocha em água Cobre e Descobre, Rocha em água Emerso. Rocha em água Submerso está totalmente sob a lâmina d'água. Rocha em água Cobre e Descobre está em parte sob e em parte acima da lâmina d'água, em função do regime de águas. Rocha em água Emerso está sempre acima da lâmina d'água.

Recife é uma estrutura rochosa calcária litorânea construída por corais, algas, que em geral estão incorporados no meio de outras rochas, podendo apresentar-se aflorante ou submerso. Recife possui os domínios: Recife Arenito, Recife Coral, Recife Rochoso, Recife Sempre fora d'água, Recife Sempre submerso, Recife Cobre e descobre. Recife Coral é o agrupamento de exosqueleto de carbonato de cálcio de celenterados marinhos sésseis (indivíduos unidos). Recife Rochoso é a formação de corais que se apoiam sobre formação rochosa. Recife Sempre fora d'água, apesar da subida da maré até seu ponto máximo, permanece fora d'água. Recife Sempre submerso, apesar da descida normal da maré até seu ponto mínimo, permanece abaixo da lâmina d'água. Recife Cobre e descobre, em função da subida ou da descida normal da maré até seu ponto máximo e mínimo, aflora e submerge em relação à lâmina d'água.

1.3 Os dados em um sistema de gestão de bacias hidrográficas

Os estudos que abordam o tema recursos hídricos são crescentes no Brasil. Isso se deve a política ambiental adotada pelos estados, que incorporam cada vez mais a legislação estadual e federal em vigor. Esse arcabouço legislativo orienta a gestão de recursos hídricos nos estados e favorece a gestão integrada das bacias hidrográficas (ANA, 2012). A gestão integrada utiliza dados de hidrografia associados a dados socioeconômicos que são sintetizados em indicadores e empregados na produção de conhecimento.

A disponibilidade de dados de hidrografia contendo redundância, inconsistência, dados incompletos e ausência de padronização, somada à dificuldade de obtenção de dados socioeconômicos na escala de informação adequada às análises, dificulta a geração de informações e a utilização de indicadores. A análise de bacias hidrográficas na escala de informação regional não é suficiente devido à diferença dos seus limites geográficos com a área de abrangência dos órgãos gestores.

A adoção de uma estrutura de indicadores, tal como o FPEIR (Força-Motriz, Pressão, Estado, Impacto e Resposta), herdado da Agência Ambiental Europeia, foi realizada em completude pelo Estado de São Paulo (SMA, 2009) e parcialmente no Rio de Janeiro (INEA, 2011). Os indicadores da estrutura FPEIR que utilizam dados socioeconômicos, de demanda e de disponibilidade hídrica, podem ser inviabilizados no caso da não existência de uma base de dados geográficos hierárquica e padronizada. Exemplos de indicadores FPEIR são: área inundada por reservatórios hidroelétricos; quantidade de captações superficiais em relação à área total da bacia; quantidade de barramentos para abastecimento público, lazer e recreação; quantidade de situações de conflito de extração ou uso das águas superficiais; e quantidade de sistemas de transposição de bacia (SMA, 2009).

A estruturação de dados geoespaciais vetoriais a partir da ET-EDGV possibilita padronizar os dados, gerar indicadores com qualidade e produzir conhecimento sobre as áreas de interesse através da utilização das classes de feições vetoriais. O conhecimento produzido pode fornecer ao órgão gestor um novo paradigma para a gestão integrada das bacias hidrográficas.

2. Metodologia de Trabalho

A região de utilização dos dados no trabalho compreende o Estado de São Paulo. O Estado de São Paulo possui 645 municípios conforme a malha digital municipal, situação em 2010 (IBGE, 2010).

Os materiais utilizados para a elaboração das atividades nas fases do trabalho foram a ET-EDGV 2.1.3 (CONCAR, 2010), a ferramenta CASE SAP Sybase PowerDesigner 16.1, o SGBDR-G PostgreSQL 9.1 e a sua respectiva extensão espacial PostGIS 2.0, e o aplicativo pgAdmin III 1.14.

O método adotado neste trabalho para o desenvolvimento do banco de dados geográficos temporal (BDGT) consiste de 3 fases: (1) Análise do modelo conceitual e do dicionário de dados para a categoria de informação hidrografia; (2) Projeto da modelagem física do banco de dados geográficos; e (3) Implementação do banco de dados geográficos temporal.

Para a análise do modelo conceitual de dados, descrito pelo Diagrama de Classe simplificado na notação OMG UML e OMT-G extendida pelo CEMND, apresentado previamente na Figura 1, e do dicionário de dados para a categoria de informação hidrografia utilizou-se a ET-EDGV 2.1.3. A modelagem física do banco de dados geográficos foi desenvolvida com o aplicativo Sybase PowerDesigner.

A implementação do BDGT em linguagem Structured Query Language (SQL) e a extensão SQL/MM Spatial foi feita com o aplicativo pgAdmin III. No desenvolvimento dos scripts SQL foram implementadas: (1) as tabelas referentes as classes de feições vetoriais; (2) as tabelas derivadas das classes agregadoras e de domínio; e (3) as restrições de integridade

referencial e espacial nas tabelas, de acordo com os relacionamentos do tipo especialização disjunta parcial, agregação espacial e associação, descritos no modelo conceitual orientado a objeto da EDGV. Os experimentos foram realizados em ambiente de software livre, utilizando o SGBDR-G PostgreSQL com a extensão espacial PostGIS.

3. Resultados e Discussão

A implementação do banco de dados geográficos para a categoria de informação hidrografia aderente a ET-EDGV 2.1.3, referente as classes de feição e as classes agregadoras, se encontra ilustrada na Figura 2. Os sufixos *_p*, *_l*, *_a* correspondem respectivamente as feições com a geometria associada a ponto, linha e área. Adotou-se como convenção para as bases cartográficas o sistema geográfico caracterizado pelo sistema de coordenadas Lat / Long não projetado e o sistema geodésico caracterizado pelo datum SIRGAS2000, na unidade graus decimais.

Durante as análises foi identificada a necessidade de inclusão da dimensão tempo (MEINERZ, 2005) nas classes de feições vetoriais do banco de dados geográficos, com o objetivo de manter os dados compatíveis com a realidade geoespacial, atendendo aos diversos indicadores ambientais necessários para o planejamento e a gestão integrada dos recursos hídricos.

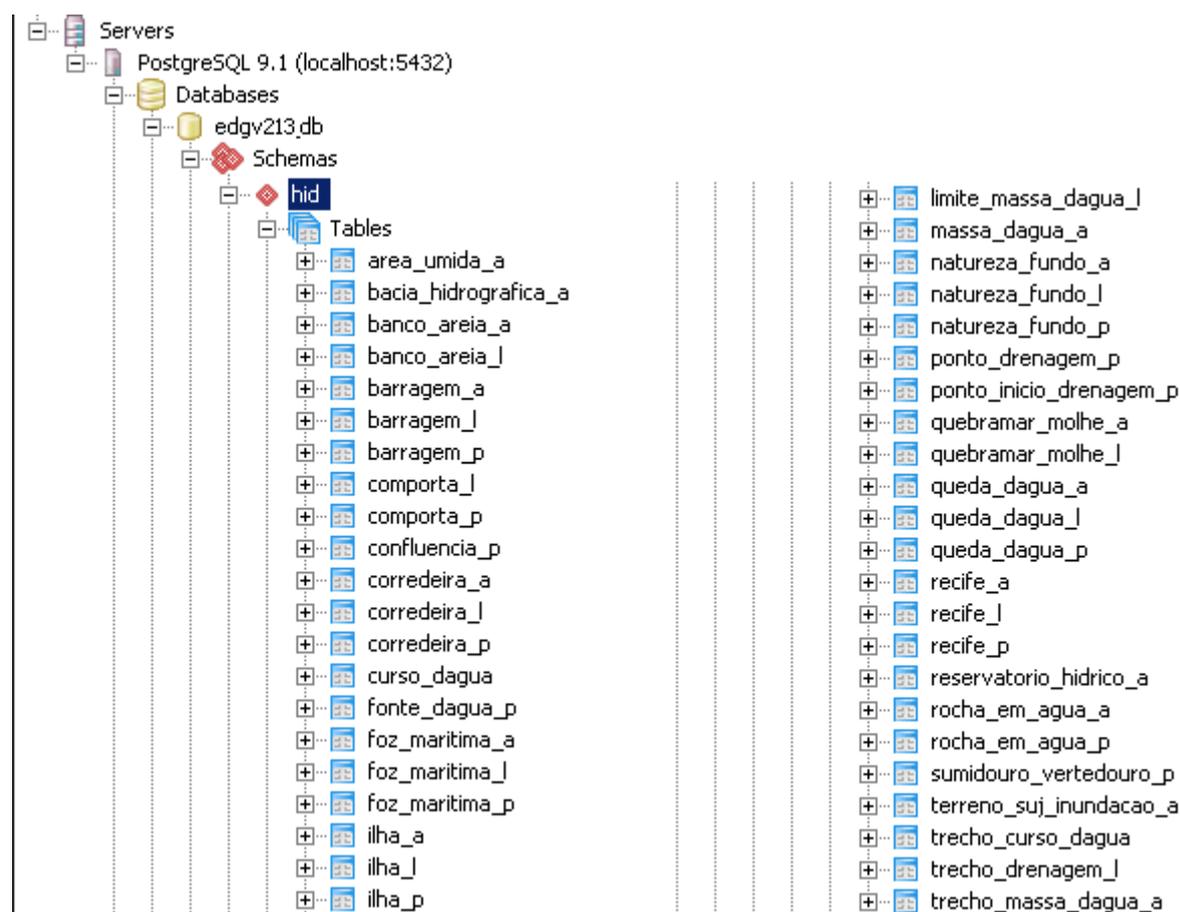


Figura 2. Implementação do BDGT para a categoria de informação hidrografia da ET-EDGV

Durante a fase de projeto da modelagem física do banco de dados geográficos, foram avaliadas tecnicamente as seguintes ferramentas CASE: (1) Sparx Enterprise Architect v9.3; (2) Embarcadero ER/Studio Data Architect 8.0; (3) Computer Associates ERwin Data Modeler Standard Edition 8.0; (4) Oracle SQL Developer Data Modeler 3.1; (5) IBM Rational

Rose Enterprise Edition 7.7 e (6) SAP Sybase PowerDesigner 16.1. Os aspectos técnicos considerados como pré-requisitos para o pleno atendimento as necessidades deste trabalho foram: (1) suporte ao SGBDR-G PostgreSQL 8 / PostGIS 1.5 e superior; (2) suporte ao SGBDR-G Oracle Database Enterprise Edition 10g e superior; (3) suporte ao SGBDR-G Microsoft SQL Server 2008 e superior; (4) suporte a engenharia reversa SGBDR-G contendo as tabelas e os respectivos relacionamentos; e (5) suporte ao Diagrama Entidade-Relacionamento Físico (Entity Relationship Diagram - ERD), cardinalidade seguindo a notação de James Martin (Pé de Galinha). Constatou-se que dentre as ferramentas CASE avaliadas, apenas SAP Sybase PowerDesigner atendeu plenamente aos pré-requisitos técnicos definidos para este trabalho. Infelizmente, SAP Sybase PowerDesigner na versão avaliada não possui suporte nativo a notação OMG UML 2.1 e a OMT-G.

Para a realização da modelagem física da estruturação de dados geoespaciais vetoriais sob um SGBDR-G faz-se imprescindível a adoção de uma ferramenta CASE que suporte nativamente os tipos de dados geográficos e a possibilidade de realizar engenharia reversa do banco de dados devido a necessidade constante de se manter sincronizado com o modelo de dados.

Através de análise feita a partir da documentação da especificação ET-EDGV e estudo comparativo com iniciativas internacionais, tais como o modelo JC3IEDM (Joint Consultation, Command and Control Information Exchange Data Model) que possui o objetivo de habilitar a interoperabilidade entre sistemas por meio do compartilhamento de informações de operações militares de Comando e Controle utilizadas por países membros da Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN), a consideramos suficiente para compreensão conceitual do modelo. Porém, em função da complexidade observada, a implementação de sistemas compatíveis com tal padrão incorre em grandes esforços, dificultando sobremaneira a adoção do padrão. Acreditamos que a disponibilização de uma implementação de referência, pública e livre, e/ou a divulgação de arquivos que podem ser utilizados (importados) por ferramentas CASE, pode facilitar a plena adoção da referida especificação.

4. Conclusões

O objetivo proposto para o trabalho, a respeito do desenvolvimento de um banco de dados geográficos para a categoria de informação hidrografia da ET-EDGV 2.1.3, foi alcançado plenamente e com sucesso. O método adotado neste trabalho pode ser utilizado por qualquer instituição que pretenda realizar seu processo de mapeamento cartográfico em conformidade com a EDGV definida pela Comissão Nacional de Cartografia.

A adoção da ET-EDGV em um banco de dados geográficos sob um SGBDR-G favorece a padronização dos dados, a não-redundância através da normalização, a inclusão de restrições de domínio, a inserção de restrições de integridade referencial e a adição de restrições de integridade espaciais topológicas e semânticas.

Agradecimentos

Ao Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) do Estado de São Paulo por propiciar o suporte ao projeto e à Fundação Aplicações de Tecnologias Críticas ATECH por oferecer a possibilidade de realização do projeto em conjunto com o DAEE.

Referências

ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**: informe 2012. Ed. Especial. Brasília : ANA, 2012.

CASANOVA, Marco; CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; VINHAS, Lúbia; QUEIROZ, Gilberto Ribeiro de. **Bancos de Dados Geográficos**. Curitiba: MundoGEO, 2005.

CONCAR. **ET-EDGV versão 2.1.3**: especificação técnica para a estruturação de dados geoespaciais vetoriais. 3 ed. Brasília: Diretoria de Serviço Geográfico do Exército Brasileiro, 2010.

DSG. **ET-ADGV versão 2.1.3**: especificação técnica para a aquisição de dados geoespaciais vetoriais. 2 ed. Brasília: Diretoria de Serviço Geográfico do Exército Brasileiro, 2011.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malha digital municipal do Brasil**: situação 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

INEA. **O estado do ambiente**: indicadores ambientais do Rio de Janeiro, situação 2010. Rio de Janeiro: Instituto Estadual do Ambiente, 2011.

MEINERZ, Giovani Volnei. **OMT-G Temporal**: uma técnica de extensão do modelo omt-g para representar os aspectos temporais de dados geográficos. São José dos Campos: ITA, 2005. 129f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrônica e Computação).

SMA. **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente / Coordenadoria de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo, 2009.