

Sistema de Informação da Rede de Infra-Estrutura Sanitária de Cachoeiro de Itapemirim-ES

Eduardo Macedo Bhering¹

Mestrando em Ciência da Computação pelo Convênio DCC-UFMG/DPI-UFV, Bacharel em Informática pela Universidade Federal de Viçosa

Analista de Geoprocessamento no LabSIGEO - Laboratório de Sistemas de Informação do Departamento de Engenharia Civil da UFV

Áreas de interesse: Sistemas de Informação Geográfica e banco de dados

Jugurta Lisboa Filho²

Professor Adjunto do Departamento de Informática da Universidade Federal de Viçosa – UFV

Doutor em Ciência da Computação pela UFRGS

Áreas de interesse: Sistemas de banco de dados e Sistemas de Informação Geográfica

Maria Lúcia Calijuri³

Professora Titular do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Viçosa – UFV

Doutora em Engenharia Civil pela USP

Áreas de interesse: Sistemas de Informação Geográfica, saneamento ambiental

Ligiane Alves de Souza⁴

Bacharelado em Ciência da Computação pela UFV

Bolsista de Iniciação Científica no LabSIGEO - Laboratório de Sistemas de Informação do Departamento de Engenharia Civil da UFV

Áreas de interesse: Sistemas de Informação Geográfica

PALAVRAS-CHAVE

SIG - Rede de infra-estrutura - Projeto de banco de dados – Padrões de análise

¹ E-mail: emb@dpi.ufv.br

² E-mail: jugurta@dpi.ufv.br

³ E-mail: calijuri@ufv.br

⁴ E-mail: lads@dpi.ufv.br

RESUMO

O artigo descreve o processo de desenvolvimento do sistema de informação geográfica da rede de esgoto sanitário do Município de Cachoeiro de Itapemirim-ES. Inicialmente são descritos os métodos utilizados para localização dos poços de visita e coleta dos dados, a fim de efetuar o cadastramento da rede. O artigo apresenta a modelagem conceitual do banco de dados geográfico, o que é feito no formato de um padrão de análise para facilitar a reutilização desta solução em sistemas a serem desenvolvidos em outros municípios brasileiros. Finalmente, é apresentado um conjunto de consultas espaciais que demonstram a potencialidade do sistema como uma ferramenta de apoio à decisão.

1. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Os serviços essenciais de saneamento básico são de grande importância para o meio ambiente, e para a melhoria das condições de vida e saúde da população, especialmente em contextos de urbanização ou industrialização aceleradas em que a ausência de tratamento adequado dos resíduos constitui a principal causa de degradação ambiental.

Em 1999, segundo dados do IBGE, 20,2% das moradias brasileiras não eram atendidas por rede geral de abastecimento de água e 35,4% não dispunham de esgotamento sanitário adequado – existente quando a instalação sanitária é ligada à rede coletora de esgoto ou a fossa séptica. Do volume de esgoto coletado apenas 20% são submetidos a algum tratamento. Embora, em 1999, a grande maioria da população urbana estivesse atendida pelos serviços de abastecimento de água, ainda persistem problemas importantes a resolver tais como perdas da ordem de 30 a 50% da produção de água tratada, com reflexo direto no faturamento das empresas, concentração do déficit nas áreas de baixa renda e ineficiências na gestão.

As empresas do setor de saneamento - públicas e privadas - visam à ampliação da cobertura dos serviços e ao aprimoramento dos níveis de eficiência. A prioridade é investir e operar bem, trabalhando em estreita colaboração com os clientes para desenvolver as redes de água e esgoto, bem como seu tratamento, com o fim de beneficiar as comunidades às quais servem, protegendo a saúde pública e preservando o meio ambiente.

Como a grande maioria das cidades brasileiras, Cachoeiro de Itapemirim – ES apresenta também condição precária no que se refere ao sistema de esgotos [Cita 00]. Apesar de possuir extensa malha de redes coletoras que afastam os efluentes das residências, estes são lançados nos diversos córregos existentes,

ocasionando sua completa deterioração, criando condições sanitárias indesejáveis, possibilitando a veiculação de doenças de origem hídrica de forma descontrolada, trazendo como consequência direta efeitos danosos à saúde da população, e aumentando os gastos com saúde pública.

A concessão dos serviços de água e esgotos do município foi assumida em 1998 pela Empresa CITÁGUA – Águas de Cachoeiro S.A. e, desde essa data, a empresa vem trabalhando para resolver o abastecimento de água, hoje solucionado, contando com uma estação de tratamento moderna e dimensionada para os próximos 30 anos, fornecendo água da melhor qualidade e com controle de qualidade rigoroso. A partir das prioridades estabelecidas no contrato de concessão, o novo sistema de esgotos está sendo implantado a partir de um plano diretor que permitiu a escolha da melhor alternativa técnica e ambiental.

O município apresenta sérios problemas de saneamento básico, principalmente pelo fato de o esgoto ser lançado quase integralmente de forma direta nos rios e córregos, sem qualquer tipo de tratamento. O sistema de coleta de esgotos é formado por rede específica que recebe contribuição da rede pluvial em muitos pontos, o que é mais um agravante. No início da concessão, em julho de 1998, a extensão total da rede coletora era de 295 km. Essa rede foi construída quase sem planejamento e com a finalidade de afastar o esgoto das residências, sem a preocupação com o ponto de lançamento ou com tratamento. Atualmente, a rede coletora tem aproximadamente 320 km de extensão, cobrindo cerca de 85% da sede do município, e 93% dos efluentes continuam sendo lançados *in-natura* nos corpos d'água ou redes de drenagem.

Existem aproximadamente 4.000 poços de visita (PVs), muitos deles enterrados e com tampa de concreto, propiciando infiltração de água e carreamento de materiais sólidos para o sistema de esgotos. Esses poços não são padronizados, suas localizações muitas vezes são inadequadas e as distâncias entre eles não obedecem às Normas Brasileiras [Cita 00]. São realizadas apenas manutenções corretivas quando ocorrem entupimentos, pois ainda não foi possível o estabelecimento de um programa de manutenção preventiva.

Visando cumprir as metas estabelecidas no contrato de concessão, a CITÁGUA iniciou os trabalhos de elaboração do Plano Diretor de Esgotos [Cita 00], que definiu a necessidade de realização das seguintes atividades para a concepção de um sistema de coleta, transporte, tratamento e disposição final dos esgotos sanitários: análise dos sistemas existentes; estudo dos corpos receptores; identificação das características da comunidade; estudos demográficos e de ocupação do solo; estabelecimento de critérios e parâmetros de projeto; e o pré-dimensionamento das unidades do sistema. Esses estudos indicaram a necessidade de reformulação do sistema, visando à reabilitação da rede coletora existente. Para isso tornou-se necessária a elaboração de um cadastro das redes coletoras em meio digital, com todos os dados necessários para uma intervenção técnica.

ca, reorganizando a malha de esgotos de cada bacia, eliminando os pontos de lançamento inadequados, tornando-os operacionais e implantando linhas de coletores tronco para possibilitar a transferência de efluentes coletados até dois interceptores, evitando o lançamento nos corpos d'água de cada uma das bacias de contribuição.

Outro problema identificado foi a falta de sistematização e a precariedade do cadastro do sistema de esgotos existente, o qual não permitia nenhuma ação operacional ou de manutenção por meio dele mesmo. Dentre os vários problemas levantados estavam a desatualização das informações, a falta de informações em meio digital, falta de padronização das ligações, etc. Além disso, a dificuldade de identificação em campo dos elementos pertencentes à rede de esgoto é um fator que aumentou muito o esforço de georreferenciamento desses elementos. Essa dificuldade decorre da falta de visibilidade dos elementos, principalmente dos PVs, devido ao grande tempo decorrido da implantação e ao intenso processo de pavimentação.

O artigo descreve o processo de coleta e armazenamento de dados da rede de esgoto do município de Cachoeiro de Itapemirim – ES, começando pela localização e abertura dos PVs para obtenção de dados como diâmetros, materiais utilizados, tubulações de entrada e saída, etc. Também apresenta o processo de modelagem conceitual do banco de dados, o que é feito no formato de um padrão de análise [Fowl 97], a fim de facilitar a reutilização desta solução em sistemas a serem desenvolvidos em outros municípios brasileiros. Em seguida, é apresentado um conjunto de consultas espaciais que demonstram a potencialidade do sistema como uma ferramenta de apoio à decisão.

2. LEVANTAMENTO E COLETA DE DADOS EXISTENTES

Nesta seção são descritas as técnicas utilizadas no levantamento, coleta e conversão para o meio digital dos dados da rede de esgoto existente. São apresentados, também, os procedimentos realizados para a aferição da qualidade dos dados obtidos.

O trabalho de levantamento de dados em campo teve início com o dimensionamento das equipes, realizado em função de parâmetros como a previsão do número de PVs a serem cadastrados, área do município, previsão de produtividade das equipes de localização, obras, cadastro, topografia, etc. O cadastro existente em meio analógico foi tomado como referência para o início dos trabalhos. Os dados levantados foram definidos segundo normas estabelecidas pela ABNT [Cita 00].

2.1 Localização dos Elementos da Rede de Esgoto

O processo foi iniciado pela localização em campo dos pontos notáveis da rede de esgoto, principalmente os PVs (cerca de 4.000). Assim que as atividades de campo começaram, foi constatado que cerca de 70% dos PVs não estariam visíveis (em contraste com os 30% da previsão inicial) e várias alternativas de localização dos PVs foram empregadas.

Inicialmente foi utilizado um detector de massa metálica, devido ao fato de a grande maioria dos PVs possuir tampões de ferro. Alguns fatores atrapalharam a eficiência deste método, como a existência de PVs com tampas não metálicas, e a presença de “corpos estranhos” apontados pelo detector, que causaram atrasos no processo. Também foi utilizada uma máquina de fumaça, para a identificação de pontos notáveis que poderiam ser atingidos através de um ponto conhecido. Esse processo também não apresentou bons resultados por vários motivos como, por exemplo, a tampa do PV estava coberta impedindo a saída da fumaça, ligações com a rede pluvial faziam com que a fumaça aparecesse dentro do domicílio do consumidor, entre outros.

Devido à ineficiência desses métodos, optou-se pela utilização do equipamento de diagnóstico conhecido por *Seesnake*. Trata-se de um dispositivo que possui uma sonda dotada de uma câmera de vídeo e um emissor de sinais. A sonda é introduzida na tubulação a partir de um PV conhecido e o trecho de rede é monitorado até a identificação visual de um ponto notável, através do monitor do equipamento. Nesse momento, a posição da sonda é identificada pelo receptor de sinais, não deixando dúvidas sobre a localização do ponto. O esquema de operação do aparelho é mostrado na Figura 1.



Figura 1 – Esquema de Operação do *Seesnake*

Nos casos em que se fez necessário, foram realizadas obras de nivelamento dos PVs com a pavimentação. Este processo se faz necessário para facilitar a identificação e acesso futuro para inspeção e manutenção do sistema.

2.2 Coleta de Informações

Uma vez localizados, os PVs eram abertos, georreferenciados com GPS submétrico, e adentrados para o cadastramento dos seguintes dados: elaboração de croqui das tubulações que chegam e saem do PV com suas respectivas cotas, materiais e diâmetros, materiais utilizados, dimensões dos poços, e sentido de escoamento do efluente.

Foram levantadas ainda, através de métodos de topografia convencional com utilização de estação total, informações de suporte ao cadastro da rede de esgotos, como pontos de amarração (para facilitar futura localização), pontos de meio-fio e alinhamento predial (para criação de um cadastro multifinalitário básico), além de outros pontos de referência. Um dos objetivos dessa malha de pontos levantada foi a geração do modelo digital do terreno, informação imprescindível ao projeto de redes de esgoto. Os dados em meio digital deverão permitir sua reconstituição na escala 1:1000, de forma que seja possível analisar o sistema existente e projetar alterações.

Apoiado no cadastro das divisas de lotes foi também realizado o georreferenciamento das ligações existentes. Através desse cadastro, foi possível a realização de estudos de consumo baseados na delimitação de bacias de contribuição.

2.3 Conversão de Dados para o Meio Digital

Após estudo de diversas ferramentas de SIG disponíveis no mercado, optou-se pela utilização do software ArcView®. Dentre os fatores que levaram a essa escolha destacam-se: a facilidade de importação de dados de outros sistemas; familiaridade dos técnicos da empresa com a ferramenta; possibilidade de desenvolvimento de ferramentas de consulta e verificação dos dados.

Os dados brutos levantados em campo passaram por um processamento inicial, utilizando-se softwares específicos (ex.: para correção diferencial dos pontos obtidos via GPS, ou para fechamento de poligonais dos dados levantados por estação total), sendo posteriormente inseridos no banco de dados.

As informações descritivas relativas a pontos notáveis e trechos de rede foram digitadas *a posteriori*, através de formulários específicos para consulta e alteração de dados relacionados aos objetos geográficos previamente cadastrados. A utilização desses formulários facilitou a etapa de preenchimento e auxiliou na verificação dos dados.

2.4 Verificação da Qualidade dos Dados

Um dos objetivos do processo foi assegurar a qualidade dos dados levantados, e uma das formas de assegurar a qualidade de uma base de dados espacial é impor restrições de integridade, que devem ser verificadas à medida que estes são inseridos ou modificados. Como a ferramenta adotada não possuía mecanismos de verificação das restrições de integridade levantadas no processo de modelagem, optou-se pelo desenvolvimento de rotinas de checagem das informações após a entrada de dados.

Optou-se pelo desenvolvimento de procedimentos automatizados dentro do próprio ambiente de entrada de dados, através da linguagem AVENUE, e disponibilizados como extensões do SIG ArcView®. Esses procedimentos realizam a verificação de inconsistências topológicas, semânticas, e restrições de usuário levantadas na fase de modelagem.

Uma das restrições verificadas pela ferramenta de consistência diz respeito à garantia do relacionamento existente entre um trecho de rede e os pontos notáveis correspondentes ao início e término deste trecho. Assim, eram localizados os pontos inicial e final de um trecho, para a correta amarração desses elementos no banco de dados. Se por algum motivo um trecho não tivesse seu ponto inicial ou final levantados em campo, estes eram criados automaticamente. Na ausência do ponto inicial, era criado um novo ponto identificado como sendo do tipo “ponta seca”, e na ausência do ponto final, uma “ponta de descarga”, representado o local de despejo do esgoto.

Várias outras informações do banco de dados eram conferidas na tentativa de se encontrarem valores que violassem as restrições impostas pelo modelo como, por exemplo, os valores das cotas de todos os pontos que compõem a rede, na tentativa de identificação de valores absurdos para este dado. Outro exemplo é a identificação de possíveis pontos notáveis não levantados em campo, identificados através da disparidade de informações levantadas no início e término de um trecho, como o diâmetro, material e cota.

3. BANCO DE DADOS DA REDE DE ESGOTO

Nesta seção é descrito o modelo utilizado no processo de modelagem conceitual do banco de dados da rede de esgoto. Em seguida é apresentado o padrão de análise identificado a partir dessa modelagem. A opção de apresentar o esquema de dados no formato de um padrão foi tomada com o objetivo de facilitar sua reutilização em outros projetos semelhantes. Por fim, é apresentada a integração da base de dados gerada com outras ferramentas.

3.1 Modelagem Conceitual

O processo de modelagem conceitual de banco de dados permite representar os elementos encontrados na realidade da aplicação, de maneira abstrata, formal e não ambígua, facilitando a comunicação entre os projetistas e usuários da base de dados. Neste processo, somente os elementos essenciais da realidade são representados, descartando-se os elementos não essenciais. O nível de detalhamento da base de dados que se pretende atingir é um dos fatores-chave na distinção entre quais elementos devem ser considerados.

Nesse trabalho, para a elaboração do esquema conceitual do banco de dados utilizou-se a abordagem UML-GeoFrame [Lisb 00]. Esta abordagem tem como base o modelo de classes da Linguagem UML-*Unified Modelling Language* [BJR 98], sendo que a especificação dos requisitos da informação geográfica é feita através de estereótipos definidos no *framework* GeoFrame [LI 99].

O GeoFrame é um *framework* conceitual que serve de base para a modelagem de aplicações de SIG, fornecendo um diagrama de classes genéricas, a partir das quais as classes do domínio da aplicação são modeladas/especializadas.

Para possibilitar a obtenção de esquemas de dados de fácil entendimento, mesmo por parte de usuários leigos, o GeoFrame fornece um conjunto de estereótipos (Figura 2), cuja semântica é a de substituição de relacionamentos entre as classes da aplicação e as classes do GeoFrame.

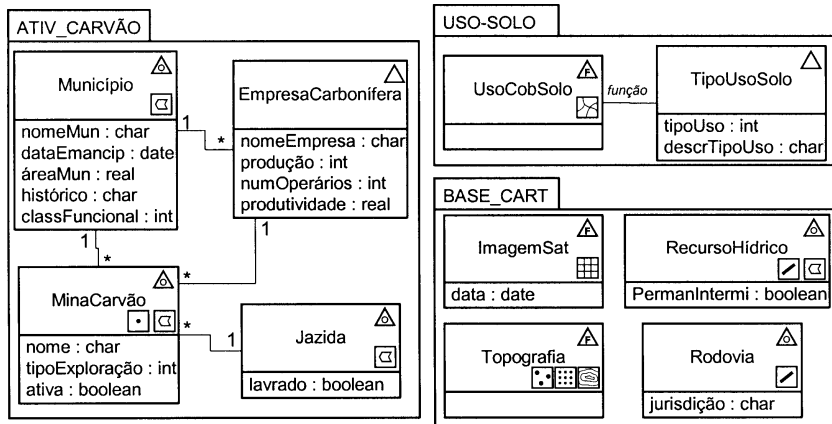


Figura 2 – Exemplo de esquema de dados UML-GeoFrame

Alguns estereótipos, no formato de um triângulo (representam especializações), são usados para diferenciar os principais tipos de objetos pertencentes a um banco de dados georreferenciados. Todo fenômeno geográfico é modelado como uma especialização de uma das classes *Objeto geográfico* [△] ou *Campo geográfico* [△], segundo as duas formas de percepção dos fenômenos geográficos descritas por Goodchild [Good 92]. Fenômenos não geográficos, ou convencionais, são identificados pelo estereótipo [△].

deve ser genérico, isto é, aplicável a diferentes sistemas, e seu entendimento e uso devem ser mais fáceis do que modelar o sistema desde o início [JW 99].

Este trabalho motivou a identificação de um padrão de análise para redes de coleta de esgoto, objetivando a representação do serviço de saneamento urbano básico dos municípios.

A especificação de um padrão normalmente é dividida em um conjunto de seções. Para o propósito aqui definido, optou-se pela seguinte estrutura de seções: *Problema* (descrição do problema a ser solucionado), *Contexto* (pre-condições sobre as quais ocorre o problema e sua solução), *Forças* (descrição das motivações e restrições relevantes no problema e como elas interagem ou entram em conflito), *Solução* e *Padrões relacionados*.

O padrão extraído é apresentado a seguir.

3.2.1 Padrão Rede de Coleta de Esgoto

Problema

Como modelar o sistema de remoção, tratamento e destino do esgoto doméstico de uma cidade?

Contexto

Uma cidade produz três tipos principais de resíduos: doméstico (compreende o retorno das águas servidas pela companhia de água, incluindo matéria fecal), industrial (resíduos orgânicos das indústrias de alimentos, resíduos agressivos e poluentes, etc.) e águas pluviais (procedentes das chuvas). Este padrão aborda somente o sistema de coleta de resíduos domésticos.

A estrutura do sistema de coleta de esgoto doméstico começa pelos *ramais prediais*, que coletam os resíduos das casas até a rede pública de coleta. Os resíduos seguem para os *coletores*, que por sua vez se comunicam com os *coletores tronco*, tubulações que recebem apenas a contribuição do esgoto dos coletores.

Opcionalmente, *interceptores* podem fazer parte do sistema. Os interceptores correm nos fundos de vales margeando cursos d'água ou canais. Eles são responsáveis pelo transporte de grandes quantidades de esgoto, evitando que este seja lançado nos corpos d'água. *Emissários* são tipos particulares de interceptores que não recebem contribuição ao longo do seu percurso.

Outros elementos importantes são os *poços de visita*, câmaras cuja finalidade é permitir a inspeção e limpeza da rede.

Quando as profundidades das tubulações tornam-se demasiadamente elevadas, devido à baixa declividade do terreno ou à necessidade de se transpor

uma elevação, torna-se necessário bombear os resíduos para um nível mais elevado. *Bombas elevatórias* são usadas com este objetivo. A partir desse ponto, os resíduos podem voltar a fluir por gravidade.

Estações de tratamento de esgoto (ETEs) também podem fazer parte do sistema, com a finalidade de remover poluentes que poderiam deteriorar a qualidade dos cursos d'água. Um sistema de esgotamento sanitário só pode ser considerado completo se incluir a etapa de tratamento.

A última etapa do processo é a *disposição final*, quando o esgoto é lançado no corpo d'água receptor ou no solo, preferencialmente após passarem pela etapa de tratamento.

Forças

- O modelo deve prever diferentes níveis de detalhamento dos elementos que compõem a rede de distribuição de água. Há elementos cujo levantamento georreferenciado é muito trabalhoso, de custo elevado e de difícil manutenção.
- O modelo deve tratar da necessidade de execução de cálculos hidráulicos. Para esses cálculos, o conhecimento da cota dos vários elementos que compõem a rede de distribuição e o sentido em que a água flui são imprescindíveis.

Solução

A Figura 3 ilustra o esquema de dados do padrão.

Participantes

Ponto Notável é uma classe abstrata que admite cinco especializações: *Estação de Tratamento*, *Bomba Elevatória*, *Conexão*, *Poço de Visita* e *Ponto de Descarga*.

Os trechos de rede (classe *Trecho de Rede*) se conectam sempre a dois pontos notáveis, uma para cada extremo do trecho. O sentido do fluxo fica indicado claramente, portanto, pelos pontos inicial e final do trecho. A classe *Trecho de Rede* também admite a especialização nos vários tipos de trecho possíveis: *Coletor*, *Coletor Tronco*, *Interceptor* e *Emissário*.

Todo ponto notável possui o atributo *Cota*, que garante que todo ponto representado terá sua posição conhecida nas três dimensões.

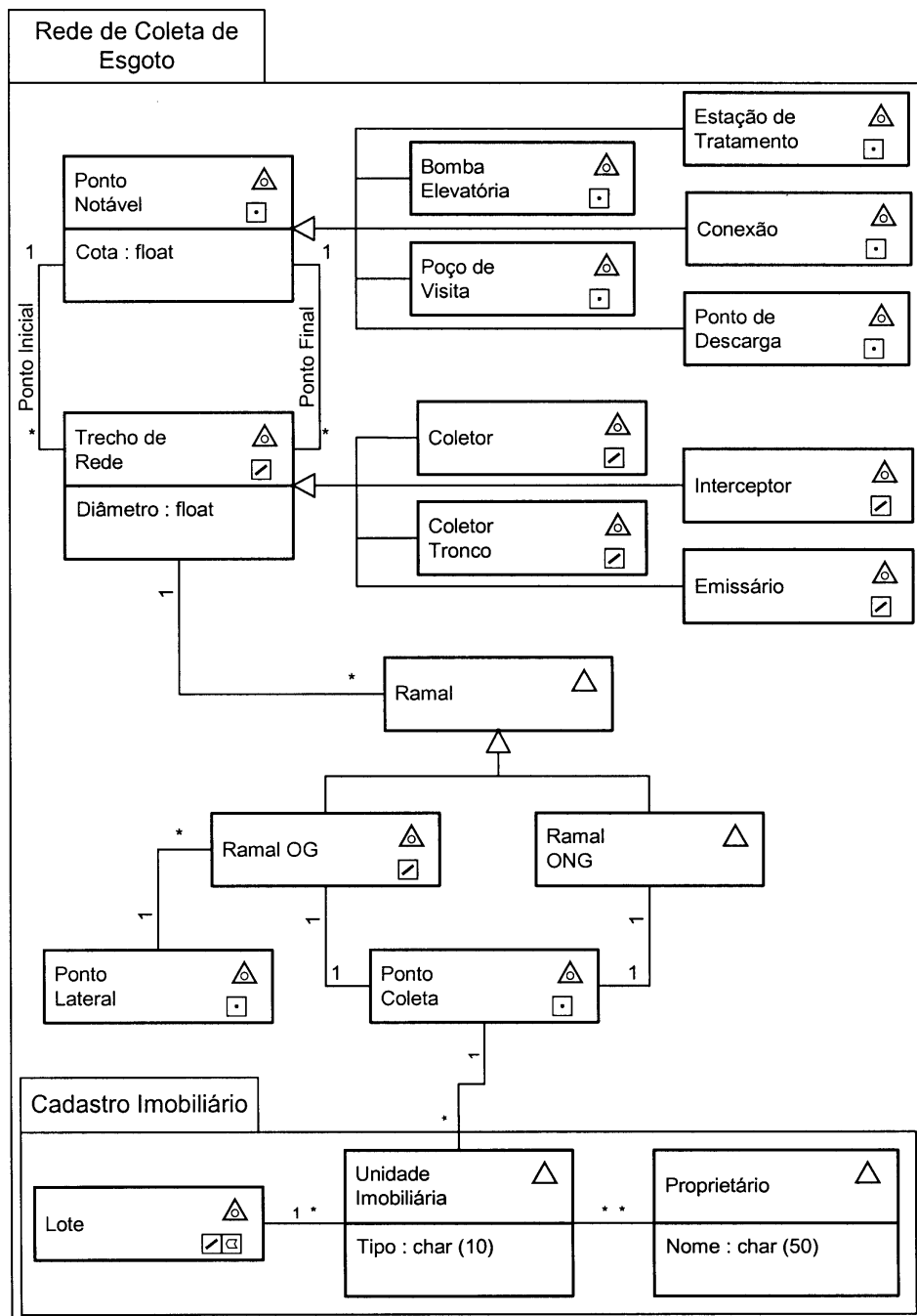


Figura 3 – Padrão de Análise Rede de Coleta de Esgoto

Um ramal (classe *Ramal*) sempre está associado a um trecho de rede. Dependendo do grau de detalhamento utilizado, um ramal pode ser representado como objeto geográfico ou não. O padrão permite a implementação das duas soluções, pois *Ramal* é uma generalização de duas classes: *Ramal OG* (objeto geográfico) e *Ramal ONG* (objeto não geográfico).

Se a opção de representação for de objeto geográfico, os dois pontos extremos do ramal serão conhecidos. *Ponto Coleta* é a classe que representa os pontos de início dos ramais prediais, que é onde o processo de coleta do esgoto começa. E *Ponto Lateral* denota a posição dos pontos localizados ao longo de um trecho de rede e que indicam que naquela posição há uma conexão do trecho com o ramal.

Se a opção for representar o ramal como objeto convencional não georreferenciado, não é necessário identificar o ponto lateral que faz a conexão do ramal com o trecho de rede, mas apenas associar o ramal ao seu trecho e também ao seu ponto de coleta.

Um ponto de coleta recolhe o esgoto de uma ou mais unidades imobiliárias, representadas pela classe *Unidade Imobiliária*.

Padrões relacionados

O padrão *Rede de Coleta de Esgoto* se relaciona com o padrão Loteamento Urbano [LIB 02], através da associação entre o ponto de coleta e as unidades imobiliárias que têm o esgoto recolhido.

3.3 Integração da Base de Dados com outros Sistemas

Um dos fatores considerados na escolha do SIG utilizado foi a facilidade de integração e conversão dos dados gerados, com outras ferramentas de cálculo e modelagem de redes. No caso específico do trabalho desenvolvido, diante da necessidade da execução de cálculos hidráulicos através do sistema SANCAD®, foi desenvolvida uma ferramenta específica de conversão dos dados para este sistema. A implementação se deu através da adaptação de uma solução existente, na forma de uma extensão para utilização no SIG ArcView®, convertendo os dados do sistema para o formato AutoCAD® DXF, incluindo informações de diâmetro, material e cotas dos pontos inicial e final de cada trecho da rede.

4. INFORMAÇÕES PRODUZIDAS PELO SISTEMA

4.1 Ferramenta de Consulta aos Dados

A maior parte dos usuários da CITÁGUA necessita apenas visualizar os dados referentes aos elementos da rede de esgoto, seus consumidores e outras in-

formações relacionadas. Por este motivo foi importante o desenvolvimento de um módulo simplificado de consultas *online* que facilitasse o acesso às informações. O principal objetivo da implementação desse módulo foi a redução do custo do software a ser disponibilizado para essas consultas.

Esse módulo foi desenvolvido em linguagem Delphi, utilizando-se o pacote MapObjects para visualização e consulta ao banco de dados. Através desse sistema é possível visualizar e consultar os temas disponíveis, através de comandos de visualização, navegação, consulta aos atributos dos objetos, controle de exibição, etc. Além dos comandos básicos, foram desenvolvidas consultas específicas aos dados das redes, que permitem a visualização de PVs em duas e três dimensões e perfis de trechos de rede. As Figuras 4 e 5 mostram a visualização de um PV em duas e três dimensões, respectivamente.

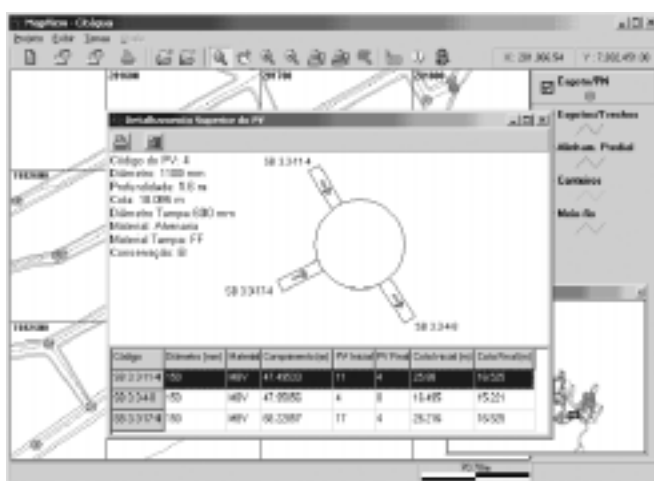


Figura 4 – Consulta de PV em duas dimensões

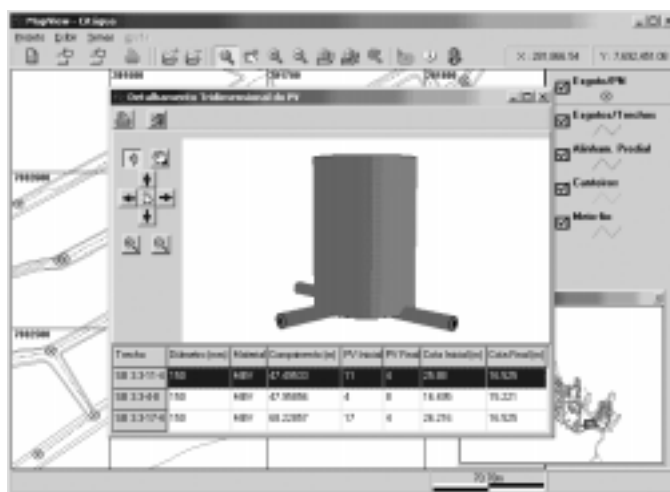


Figura 5 – Consulta de PV em três dimensões

4.2 Elaboração de Consultas Diretamente no SIG

O SIG é uma ferramenta que disponibiliza uma série de consultas *ad hoc*. Desta forma a ferramenta pode ser utilizada para a produção de consultas que dêem suporte à tomada de decisão.

Um exemplo deste tipo de consulta é a obtenção da estimativa de vazão de esgoto, que é uma informação imprescindível para o dimensionamento de tubulações. Quanto melhor a estimativa, maior a chance de acerto do dimensionamento, o que poderá evitar prejuízos futuros. Uma situação que ocorre com freqüência é a necessidade de realizar a estimativa de produção de esgoto em uma região delimitada segundo algum critério específico como, por exemplo, uma bacia de contribuição.

Neste caso, a produção de esgoto pode ser estimada em função do consumo de água dos consumidores dentro da região estabelecida, considerados os coeficientes de retorno água/esgoto e de variação de vazão, além da vazão de infiltração calculada em função da área de consulta. Para isto, são selecionados os imóveis que estejam inseridos dentro da região e, através do relacionamento estabelecido entre consumidores e imóveis, é possível acessar as informações de consumo dos consumidores relacionados aos imóveis selecionados. A Figura 6 ilustra esta consulta, realizada através do ArcView®.

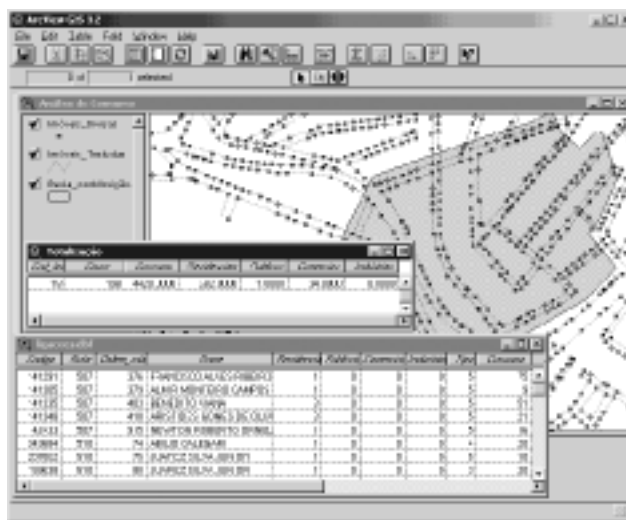


Figura 6 – Totalização de Consumo por Bacia de Contribuição

5. CONCLUSÕES

Tão importante quanto a elaboração do cadastro da rede de esgoto é definir o processo de manutenção desse cadastro, evitando a desatualização das informações e conseqüente perda de investimento. O processo de manutenção do cadastro deve envolver, dentre outras, a modificação das rotinas exis-

tentes, especificadas na Empresa através de instruções de trabalho (ITs). Para isso, as ITs existentes relativas aos procedimentos que de alguma forma utilizam ou modificam os dados foram reestruturadas, de forma a incorporar as atividades de recuperação, cadastro, coleta e repasse de informações junto ao setor responsável pela manutenção da base de dados da empresa. Assim, todos os setores responsáveis pelo uso direto das informações, ou que sejam responsáveis pelas modificações do sistema, tiveram suas atividades modificadas visando à manutenção do cadastro.

Os sistemas urbanos de infra-estrutura sanitária apresentam uma grande semelhança entre si. Basicamente, todos são compostos por uma extensa malha de dutos ou canais que atravessam as vias da cidade, recolhendo resíduos de origem doméstica, industrial ou pluvial. A diferença significativa entre os vários tipos de rede fica por conta do conjunto de aparatos e equipamentos que compõem os elementos de conexão entre os trechos da rede. Sendo assim, torna-se viável a utilização do padrão de análise gerado, através da especialização dos elementos do esquema, de forma a se adaptar às características particulares do projeto. Espera-se com isto reduzir o tempo e custo de novos projetos e ao mesmo tempo aumentar o grau de confiabilidade da solução.

O próximo passo para melhoria do sistema de informação da rede de infra-estrutura sanitária da CITÁGUA é a implementação do cadastro da rede de distribuição de água. Isto deverá ser feito através do mapeamento dos trechos e pontos notáveis da rede, bem como do levantamento das informações descritivas de cada um destes elementos e seu relacionamento com os outros objetos, georreferenciados ou não. Com o desenvolvimento do cadastramento da rede de água, amplia-se a possibilidade de realização de estudos, tais como: análise e otimização do traçado de rotas de leitura e entrega de contas; regionalização e controle de perdas; apoio para combate a fraudes; operações de simulação de manobras, identificando consumidores atingidos por falta d'água; identificação de ocorrências, etc.

KEYWORDS

GIS – Sewer network – Database design – Analysis patterns

ABSTRACT

This paper describes the geographic information system development for the sanitary sewer network of the Cachoeiro de Itapemirim City, Espírito Santo State - Brazil. Initially, the methods used for location of the sewer manhole and data collection are described, in order to cadastre of the network. The paper also presents the conceptual modelling of the geographic database,

which is made in the format of an analysis pattern to facilitate the reuse of this solution in systems to be developed in other Brazilian cities. Finally, a set of spatial queries is presented to demonstrate the potential of the system as a tool for decision support.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [BJR 98] BOOCH, G.; JACOBSON, I.; RUMBAUGH, J. *The unified modelling language user guide*. Reading: Addison-Wesley, 1998.
- [Cita 00] CITÁGUA – ÁGUAS DE CACHOEIRO S. A. *Apresentação do Plano Diretor de Esgotos de Cachoeiro de Itapemirim – Espírito Santo*. Cachoeiro de Itapemirim, 2000.
- [Good 92] GOODCHILD, M. F., Geographical data modelling. *Computers & Geosciences*, London, v.18, n.4, p.401-408, 1992.
- [Fowl 97] FOWLER, M. *Analysis patterns: reusable object models*. Menlo Park, CA: Addison Wesley Longman, 1997.
- [Hay 95] HAY, D. C. *Data model patterns: conventions of thought*. New York: Dorset House Publishing, 1995.
- [LIB 98] LISBOA FILHO, J.; IOCHPE, C.; BEARD, K. Applying Analysis Patterns in the GIS Domain. In: ANNUAL COLLOQUIUM OF THE SPATIAL INFORMATION RESEARCH CENTRE - SIRC, 10., 1998, Dunedin, NZ. *Proceedings...* Dunedin: SIRC, University of Otago, 1998.
- [LI 99] LISBOA FILHO, J.; IOCHPE, C. Specifying analysis patterns for geographic databases on the basis of a conceptual framework. In: ACM SYMPOSIUM ON ADVANCES IN GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS, 7., 1999, Kansas City, USA. *Proceedings...* Kansas City: ACM Press, 1999.
- [Lisb 00] LISBOA FILHO, J. Projeto de Banco de Dados para Sistemas de Informação Geográfica. In: NUNES, R. C. VIII *Escola de Informática da SBC Sul*. Santa Maria-RS: Editora da UFSM, 2000. pp.115-146. ISBN: 85-7025-556-X.
- [LIB 02] LISBOA FILHO, J.; IOCHPE, C.; BORGES, K. A. V. Reutilização de Esquema de Banco de Dados em Aplicações de Gestão Urbana. *IP-Informática Pública*, v.4, n.1, 2002 (neste volume).
- [RS 93] ROBERTSON, S.; STRUNCH, K. Reusing the products of analysis. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON SOFTWARE REUSABILITY, 2., 1993, Lucca, Italy. *Proceedings...* Lucca: [s.n], 1993. Disponível em <http://www.atlsysguild.com/GuildSite/SQR/reusingAnalysis.html>.
- [JW 99] JOHANNESSEN, P.; WOHED, P. The deontic pattern – a framework for domain analysis in information systems design. *Data & Knowledge Engineering*, [S.l.], v.31, 1999.
- [PLC 02] PEREIRA, M. A.; LISBOA F., J.; CASEGEO – Uma ferramenta CASE para Modelagem Conceitual e Geração Automática de Esquemas de Banco de Dados em SIG Comerciais. In: GIS Brasil, 8., 2002, Curitiba. *Anais...* Curitiba: Fator GIS, 2002.
- [RS 93] ROBERTSON, S.; STRUNCH, K. *Reusing the products of analysis*. Procs. of Int.

Workshop on Software Reusability, Lucca, Italy, 1993. Disponível em <http://www.atlsysguild.com/guildsite/sqr/reusinganalysis.html>.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Diretoria e à equipe técnica da CITÁGUA, pela oportunidade de participação no trabalho de reabilitação da rede de esgoto. Também agradecem aos engenheiros Andersom Meira e Luciano Lorentz que coordenaram os trabalhos de cadastramento. Trabalho financiado parcialmente pela FAPEMIG e pelo CNPq.