

Modelagem Conceitual de Geodados com Técnica Orientada a Objetos para Gestão de Recursos Hídricos

Sílvio Luís Rafaeli Neto

Centro de Ciências Agroveterinárias – UDESC
silvion@cav.udesc.br

Júlio Bernardo da Silva Filho, Giovani da Rosa

Universidade do Contestado, Curitiba, SC
juliofilho@cbs.unc.br

Recebido: 28/06/04 revisado: 05/05/05 aceito: 30/06/06

RESUMO

Gestão de recursos hídricos compõe um conjunto de ações regulamentares, de direcionamento e acompanhamento de ações antrópicas com suporte de uma estrutura legal, institucional, técnica e política. Apesar de existir esta estrutura no Brasil, são poucas as experiências do Estado brasileiro na efetiva prática desta gestão, especialmente no que se refere ao uso de Sistemas de Informações no nível de bacia hidrográfica. Este trabalho tem por objetivo apresentar metodologia de modelagem conceitual de dados geográficos com vistas a implementação de sistemas de informações focalizados no gerenciamento de recursos hídricos.

Palavras-chaves: Modelo de Dados, Gestão de Recursos Hídricos, Orientação a Objetos, Geodados, Geo-OMT.

INTRODUÇÃO

Planejamento de recursos hídricos é a busca do equilíbrio entre a oferta e a demanda destes recursos (Simonovic et al., 1997). Para isso, são necessárias medidas de controle das ações antrópicas predatórias, procurando garantir sustentabilidade e sobrevida a estes recursos da bacia hidrográfica. Sistemas de informação se constituem em ferramentas importantes, partes integrantes dos mecanismos de gestão, conforme instrumentos previstos pela chamada Lei das Águas.

A modelagem de geodados representa a primeira etapa do ciclo de desenvolvimento de sistemas de informação. Trata-se da captura e relacionamentos de conceitos que serão mapeados em sistemas de bancos de dados geográficos. O presente trabalho tem por objetivo apresentar metodologia de modelagem conceitual de dados geográficos com vistas à implementação de um sistema de informação geográfica genérico aplicado à gestão de recursos hídricos.

MODELAGEM DE DADOS E RECURSOS HÍDRICOS

Modelagem de dados é o processo de construção de um modelo conceitual, a partir de uma abstração da realidade. Neste processo, somente os elementos essenciais da realidade observada são enfatizados através de um formalismo (Lisboa, 2000). O resultado é um esquema conceitual orientado a entidades e relacionamentos ou orientado a objetos (Vieira, 2000). Esquemas conceituais costumam ser aplicados como metodologia pragmática em sistemas de softwares, projetos de interfaces para usuários, bancos de dados, bancos de modelos e arquiteturas de computadores (Neto, 2000; Yang et al., 2002, Liu & Stewart, 2004). Em bancos de dados são denominados de modelos de dados, os quais devem ser abrangentes suficientes para representar aspectos relevantes do universo real. No gerenciamento de recursos hídricos, o ciclo hidrológico apresenta uma visão conceitual deste universo (Porto, 1973).

O paradigma da orientação a objetos (OO) tem sido utilizado como ferramenta para modelagem de dados de redes hidrográficas (Lisboa, 2000;

Viegas & Lanna, 2003), modelagem de interfaces de consulta e visualização de objetos pictóricos da rede hidrográfica (Soares, 2002), modelagem conceitual para desenvolvimento de protótipo de Sistema de Informação Geográfica (SIG) para gestão de recursos hídricos via internet (Almeida, 1999), modelagem conceitual para desenvolvimento de software para planejamento de sistemas hidrelétricos (Miranda, 2004). Esta técnica também é empregada no desenvolvimento de sistemas de gerenciamento de recursos naturais (Liu & Stewart, 2004), modelagem de sistemas hierárquicos (Harris & Gorley, 2003), modelagem hidrológica (Yang et al., 2002), entre outros.

De acordo com Rumbaugh et al. (1991), um objeto é um conceito, uma abstração, algo com limites nítidos e significado em relação ao problema em causa. Um objeto sempre pertence a uma classe, a qual reúne indivíduos com características semelhantes. Os esquemas da modelagem de dados expressam o conjunto de classes da aplicação e permitem conhecer o fluxo das informações no sistema.

MODELO GEO-OMT

Um modelo de geodados é uma descrição geral de conjuntos específicos de classes de objetos, e seus respectivos relacionamentos, associadas a posições espaciais. Neste trabalho foi utilizada a notação Geo-OMT (Borges, 1997), uma derivação do modelo OMT (Object Modeling Technique) de Rumbaugh, et. al. (1991) para aplicações geográficas. No Geo-OMT os conceitos são expresso por classes de objetos, sendo que uma classe é composta por um conjunto de instâncias (ou objetos) ou ocorrências daquela classe. Por exemplo, neste trabalho o conceito *Outorga* foi associado à classe *Outorga*, na qual são armazenados os dados das ocorrências de outorgas do sistema.

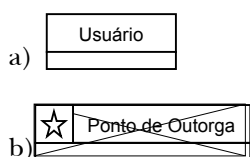


Figura 1 – a) Classe convencional.
b) Classe georreferenciada.

O modelo Geo-OMT foi selecionado porque sua linguagem permite exprimir e diferenciar os tipos de dados envolvidos em uma aplicação geo-

gráfica. Com este modelo o projetista pode prever relações espaciais entre os objetos e distinguir entre objetos georreferenciados e objetos convencionais (Figura 1). Cada classe é representada por um retângulo, subdividido em linhas. A primeira linha identifica o nome da classe, a segunda os atributos desta classe e a terceira os métodos que definem o seu comportamento, quando recebido um estímulo pelo sistema.

Nas classes georreferenciadas, a primeira linha é subdividida em duas colunas, sendo que o tipo de representação espacial é expresso na primeira coluna por um símbolo apropriado. O modelo Geo-OMT prevê simbologia para representar a natureza contínua dos objetos através de geo-campos do tipo isolinha, grade, rede triangular irregular e amostra pontual. Para captura da natureza discreta dos objetos, o modelo Geo-OMT disponibiliza geo-objetos do tipo ponto, linha e polígono. O modelo ainda permite utilização de topologia associada aos geo-objetos. A topologia expressa o tipo de relacionamento espacial entre duas classes de objetos. Por exemplo, relacionamento de conectividade para linhas, de adjacência para polígonos e de proximidade para pontos.

Uma associação estabelece o relacionamento entre classes, sendo isto necessário para o projeto lógico do sistema de informações. No Geo-OMT, associações envolvendo classes georreferenciadas são expressas por linhas tracejadas, enquanto que para classes convencionais as linhas são de traço contínuo. A estrutura conceitual resultante ilustra a coerência das informações do sistema.

Cardinalidades entre as classes definem o número de instâncias de uma classe que se relaciona com uma instância da outra classe (1:1 um-para-um, 1:N um-para-vários, N:N vários-para-vários). Como exemplo, tome-se a classe *Usuário* e a classe *Outorga*, sendo que um determinado usuário deverá obter, necessariamente, pelo menos uma outorga, pois se o pedido de outorga for negado, o indivíduo não pertencerá à classe *Usuário*. Entretanto, este indivíduo continuará pertencendo à classe *Requerente*.

Algumas classes estão apresentadas com expressão espacial, como a classe *Ponto de Outorga*. O modelo prevê que esta classe deverá armazenar os atributos dos diversos pontos outorgados, incluindo sua posição no espaço e sua conformação, de tal maneira que estes pontos possam ser visualizados em mapa. Outras, como *Finalidade* e *Mecedor*, estão propostas como tendo expressão espacial, porém a real necessidade disso será uma opção de projeto, no momento efetivo de sua implantação. Um crité-

rio importante neste caso seria ponderar o custo de manutenção destas informações.

MODELO DE GOEDADOS PARA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

O modelo foi construído a partir de um exame seletivo de conceituações obtidas de documentações legais (CNRH, 2001; CNRH, 2002; ANA, 2002; ANA, 2003 [a], ANA, 2003 [b]; CNRH, 2003; CONAMA, 2003), documentações informais, modelos e sistemas existentes (Almeida, 1999; Da Silva *et al.*, 2000; Magalhães & Telles, 2001; ENGECORPS & FCTH, 2003); entrevista com especialistas, participações em seminários e conversas informais.

MODELAGEM DOS PONTOS OUTORGADOS

A Resolução nº. 16, de 8/12/2001 (CNRH, 2001), juntamente com a Lei das Águas, foi uma das principais fontes de informações para a construção do modelo conceitual. Ela foi emitida com objetivo de integrar os órgãos componentes do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SNGRH) para a execução da Política Nacional de Recursos Hídricos. Esta resolução padroniza uma série de detalhes administrativos quanto ao rito de outorga. Diversos conceitos puderam ser assinalados e empregados na construção do modelo conceitual do projeto CADCAN. São destacados e comentados adiante alguns destes tópicos.

A resolução prevê no seu artigo 1º que

“A outorga do direito de uso de recursos hídricos é o ato administrativo mediante o qual a autoridade outorgante faculta ao outorgado previamente ou mediante o direito de uso de recurso hídrico, por prazo determinado, nos termos e nas condições expressas no respectivo ato, consideradas as legislações específicas vigentes.”.

Desta forma, o modelo de dados deve prever diferentes atos administrativos sobre a outorga de direito de uso de recurso hídrico, o período de uso outorgado e ainda as especificações legais para a outorga.

A disponibilidade hídrica, de acordo com a resolução, é fator limitante à concessão da outorga, sendo que a análise dos pleitos de outorga deverá

considerar a interdependência das águas superficiais e subterrâneas, bem como as interações existentes no ciclo hidrológico. O sistema de informações deverá controlar os processos de requerimentos de outorgas deferidos e os que estão em tramitação (Figura 4). Enquanto as outorgas concedidas representam demandas existentes, os requerimentos de outorgas representam demandas potenciais. O deferimento de um ou mais requerimentos somente poderá se realizar após um estudo cuidadoso destas demandas. Além de critérios quantitativos, a análise do pleito deve considerar o comprometimento da navegabilidade, da vida aquática, da vida terrestre e da qualidade para o consumo.

As finalidades dos usos dos recursos hídricos estão previstas no artigo 4º. desta resolução.

I. *A derivação ou captação de parcela de água existente em um corpo de água, para consumo final, inclusive abastecimento público ou insumo de processo produtivo.*

O conceito de captação (Figura 2) compreende a retirada de água por meio de dispositivos pressurizados, capazes de conduzir a água de altitudes menores para altitudes maiores, até o local de consumo.

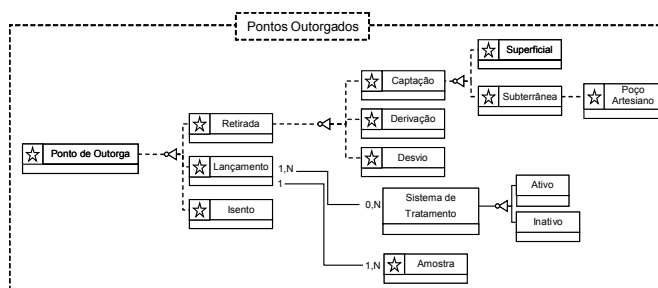


Figura 2 – Extrato do modelo de geodados indicando as categorias de utilização da água

Na derivação, a água é transferida por gravidade até o local de consumo, sem retornar ao corpo hídrico. O conceito de desvio não está previsto nesta resolução, mas vem sendo adotado pelos técnicos brasileiros. Corresponde a uma derivação com retorno da água após sua utilização, p.e., na rizicultura.

O mesmo inciso utiliza o termo “corpo de água”. No modelo de dados este conceito não foi utilizado explicitamente. Considera-se tratar de um conceito muito amplo que incluiria canal, reservatório e aquífero. Em termos de gerenciamento das informações, haveria muita dificuldade em se separar os atributos de cada um. Com o intuito de afe-

rir mais semântica ao modelo, foram adotados os conceitos *Rio*, *Nascente*, *Foz*, *Reservação (Barragem, Açude, Dique, Tanque, Lago Natural, Lagoa, Outro)* e *Aqüífero* (Figura 3). *Reservação* foi introduzida no modelo para informar os tipos de estruturas de acumulação de água existentes na bacia, como subsídio a atuação do comitê da bacia. Ainda foram previstas formas naturais de acumulação hídrica, como lagoas e lagos, representados pelas classes *Lago Natural* e *Lagoa*.

Ainda neste inciso da resolução há o termo “consumo final”, classificado como consumo final para abastecimento público e consumo final em processo produtivo. De forma análoga, considerou-se que este conceito é bastante amplo, assim como “abastecimento público” e “insumo de processo produtivo”. No modelo foi proposto o conceito *Finalidade de Uso*, que compreende uso *Comunitário*, *Irrigação*, *Indústria*, *Aqüicultura*, *Rebanho* e *Outra Finalidade*. A proposta é de que o sistema informe não apenas o tipo de uso, mas também onde a água está ou estará sendo utilizada. Isto é previsto no modelo com símbolo pontual, sem diferenciação na escala, como estratégia para simplificar a manutenção do banco de dados.

A necessidade do conhecimento da localização espacial do consumo deverá ser avaliada pelo poder outorgante ou pelo comitê da bacia, pois é esperada uma certa dificuldade operacional em se manter tal informação atualizada no banco de dados. Para a classe *Comunitário*, o modelo propõe representação espacial via polígonos de aglomerados urbanos ou rurais que utilizam recurso hídrico. Esta representação também deverá ser ponderada quando da implementação prática do sistema.

II. *Extração de água de aquífero subterrâneo para o consumo final ou insumo de processo produtivo.*

O modelo contempla este inciso com os conceitos *Aquífero* e *Captação Subterrânea* representados, respectivamente, como geo-campo do tipo isolinha e geo-objeto do tipo ponto.

III. *Lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final.*

A introdução de conceitos deste inciso no modelo tem a finalidade de obter um cadastro que facilite estudos não apenas sobre o objeto água, mas também sobre o objeto efluente, em termos de quantidade, distribuição e características. Contempla-se isto através da classe *Lançamento*, a qual se

refere à emissão pontual nos cursos de água de resíduos produzidos por indústrias ou outros tipos de empreendimentos. Isto possibilitará ao projeto lógico incluir parâmetros qualitativos do efluente como DBO e DQO, empregados em operações de fiscalização (ANA, 2002). Para determinar se o lançamento é ou não tratado, foi proposto o conceito *Sistema de Tratamento*, que pode ou não existir associado a um ou mais pontos de lançamentos. O modelo prevê que um sistema de tratamento pode existir, porém pode se encontrar inativo. Isto pode ser um indício do lançamento estar ou não adequado à lei. Visando simplificar a manutenção e atualização do banco de dados, *Sistema de Tratamento* não possui representação espacial. Quanto à “diluição”, “transporte” e “disposição final” são conceitos capturados no projeto lógico do sistema. A vazão de diluição, calculada para fins de gestão de recursos hídricos, é atributo devendo estar prevista no projeto lógico.

MODELAGEM DA REDE HIDROGRÁFICA

A rede hidrográfica está contemplada no conceito *Rede de Recursos Hídricos (RRH)* (Figura 3). Este termo foi escolhido por ser considerado genérico o suficiente para abranger os diversos conceitos associados à água. A rede hidrográfica é apresentada no modelo como um conjunto de geo-objetos do tipo linha, com topologia de conectividade orientada (segmentos orientados, conectados por nós), cuja implementação dependerá das funcionalidades do software. Um rio é um canal de ordem u , definido pela união dos ligamentos de mesma ordem. Um ligamento é a parte de um canal que não recebe afluentes (Canali, 1990).

Quanto aos nós, o modelo de dados apresenta duas categorias relevantes: *Nascente* e *Foz*. Estes foram destacados para que o sistema possa gerenciar informações específicas a estas classes de entidades. A proposta permitirá o controle das informações sobre uma ou mais nascentes de interesse do comitê da bacia, ou informações sobre uma foz, por exemplo, para estudo da qualidade da água ou problemas de enchentes.

A necessidade de topologia para a rede hidrográfica foi estabelecida como algo útil quando do gerenciamento da água de canais. A topologia orientada por conectividade permitirá cálculos a montante e a jusante de um ponto de outorga. Esta funcionalidade deve facilitar as tarefas técnicas associadas ao processo de outorga do direito de uso.

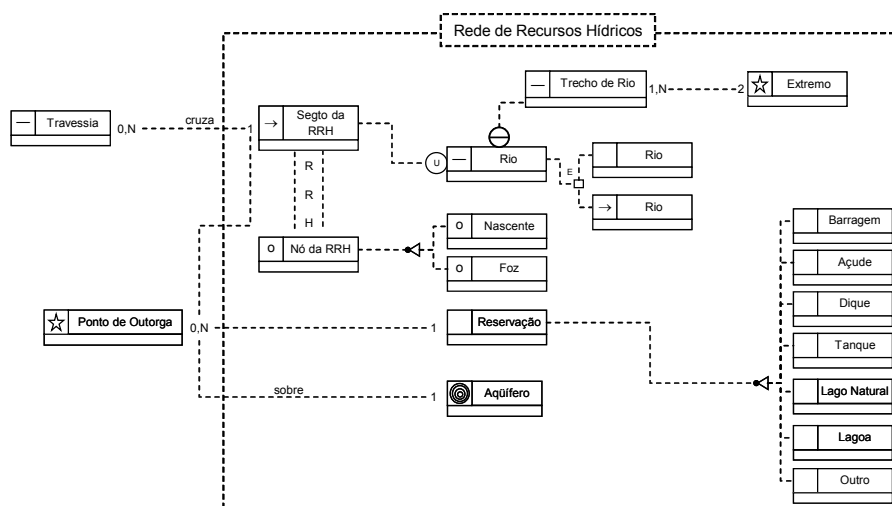


Figura 3 – Extrato do modelo de geodados indicando classes e relacionamentos da rede de recursos hídricos (RRH).

Ações estratégicas podem ser decididas pelo comitê de bacia com base em estudos concentrados em uma ou mais sub-bacias, conforme a hierarquia dos canais associados.

O conceito *Rio* é apresentado no modelo de dados como um conjunto de segmentos da RRH. Um problema comum que ocorre na modelagem deste tipo de entidade está na forma mais adequada de representação espacial. Um rio pode estar representado como um segmento ou como um par de segmentos, neste caso indicando suas margens, conforme a escala do projeto. Por isso, está introduzida no modelo de dados a possibilidade do rio ser representado como um conjunto de segmentos ou como um polígono fechado.

Um conceito importante que foi incluído no modelo é o de *Trecho de Rio* (CONAMA, 1986). É definido como um segmento de rio delimitado por dois pontos extremos, que podem ou não coincidir com confluências. Sua representação espacial é geobjeto do tipo linha, sem topologia (Figura 3).

Este conceito está introduzido para abranger a possibilidade de enquadramento dos rios em classes de usos, uma necessidade prevista pela Lei das Águas. Leeuwestein & Monteiro (2000) usam o conceito de “trecho de corpo de água”, definido como segmento de corpo de água em que as características são consideradas uniformes.

Sua utilidade no processo de gestão está no diagnóstico do uso e da ocupação do solo e do aproveitamento dos recursos hídricos na bacia hidro-

gráfica; nos estudos sobre usos, disponibilidade e demanda atual de águas superficiais e subterrâneas; na identificação das fontes atuais de poluição pontual e difusa; na definição do estado atual dos corpos hídricos; no monitoramento da evolução da disponibilidade e da demanda de água; no monitoramento da evolução das condições de quantidade e qualidade dos corpos hídricos e na definição dos usos desejados dos recursos hídricos, em relação às características específicas de cada bacia e sub-bacia hidrográfica.

A OUTORGA NO MODELO DE GEODADOS

Outorga é ato administrativo do poder outorgante, oficializado por meio de Resolução, publicado em Diário Oficial e cujos termos estão em conformidade com a solicitação. A resolução poderá decidir por outorgar total ou parcialmente o uso solicitado, dependendo das características de vazão e qualidade da água do corpo hídrico. Alguns critérios são considerados nesta decisão, entre os quais as outorgas já emitidas a montante e a jusante do local objeto da solicitação. Devem ser considerados ainda os pedidos que se encontram em tramitação, já que são passíveis de serem deferidos e gerarem novas demandas. Esta sistemática processual exigirá que o sistema de informações cadastrais armazene de forma adequada os dados necessários, além de dispo-

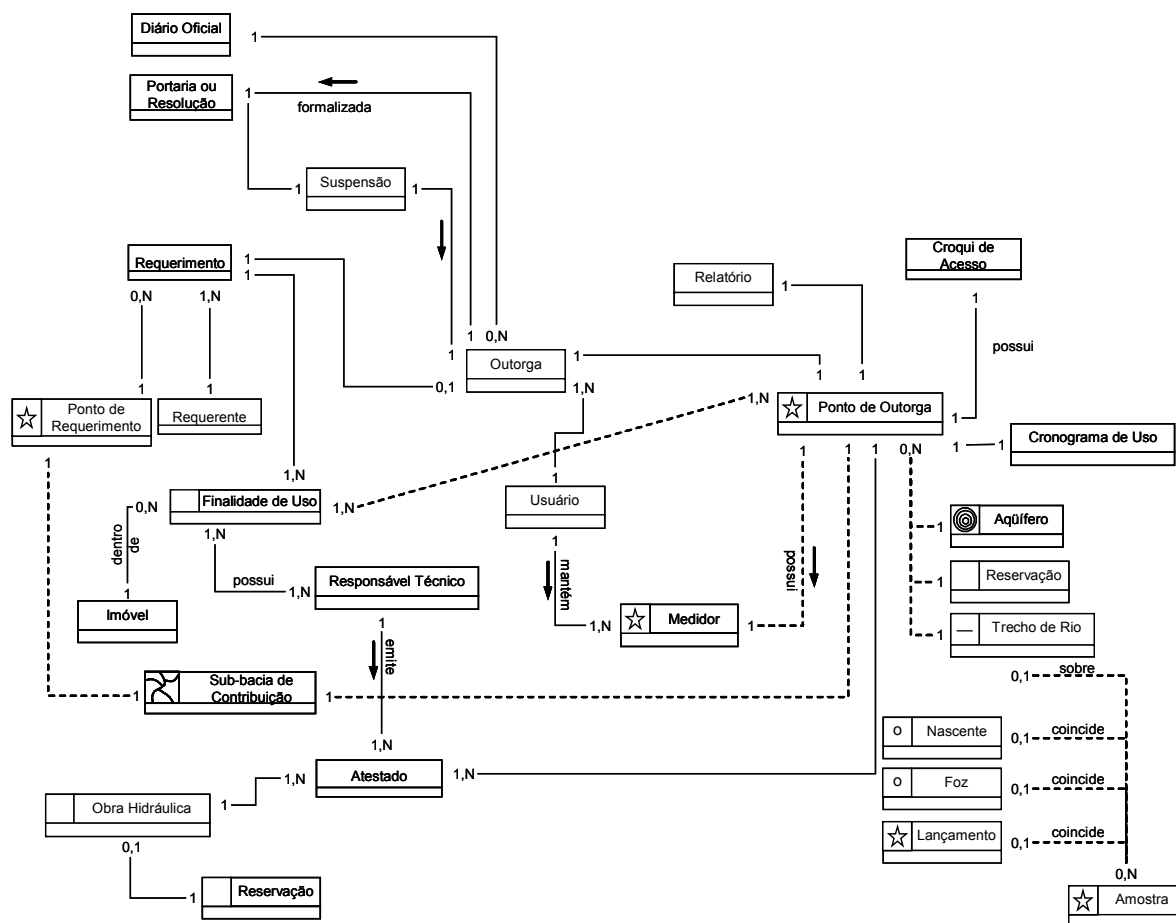


Figura 4 – Principais classes e relacionamentos para gerenciamento de recursos hídricos.

nibilizar as ferramentas de software que viabilizem as consultas e análises pertinentes. Buscas espaciais realizadas em Sistemas de Informações Geográficas podem facilitar este tipo de tarefa (Solda, 2001).

Os conceitos introduzidos no modelo objetivaram permitir o controle das outorgas emitidas, canceladas, recusadas e isenções de outorgas (Figura 4). Os principais conceitos introduzidos para este processo foram os de *Requerimento*, *Requerente* e *Ponto de Requerimento*. *Requerimento* trata-se do documento legal que inicia o processo de outorga perante o poder outorgante. No modelo há uma distinção importante e necessária entre os conceitos *Usuário* e *Requerente* (Figura 4). Um usuário é um requerente no sistema de informações, porém, um requerente pode vir a não se tornar um usuário, na medida em que seu pedido de outorga possa ser negado. Isto implica num registro obrigatório de requerente na classe *Requerente* e um possível registro de usuário na

classe *Usuário*, dependendo da decisão sobre o requerimento.

Outra razão possível é que o requerente pode requisitar a outorga, mas o usuário da outorga concedida pode ser outra pessoa. Esta estrutura conceitual fornece um controle mais consistente das informações de requerimento, permitindo que seja emitido, por exemplo, um histórico dos requerimentos solicitados por um determinado pleiteante.

O conceito de *Ponto de Requerimento* também possui a função de flexibilizar o controle das solicitações. Ele representa os locais onde os requerentes desejam captar, derivar, desviar, lançar ou isentar de outorga. O sistema de informações poderá gerenciar de forma consistente a situação, por exemplo, de um requerente solicitar outorga para um ou mais pontos de requerimentos e o poder outorgante conferir outorga apenas para alguns destes, especificando os motivos do indeferimento dos demais.

ATRIBUTOS DE UMA OUTORGA

Ao longo do processo de modelagem houve necessidade de realizar algumas classificações de atributos de outorgas. A conclusão final do estudo foi produzir quatro sub-classes de atributos, com os seguintes valores (Figura 5):

- Abrangência: total/parcial. Atende dispositivo legal em que o poder outorgante decide por limitar ou não a outorga requerida.
- Modalidade: preventiva/direito de uso. Atende dispositivo legal em que o poder outorgante pode outorgar o uso do recurso hídrico para garantir seu uso futuro.
- Categoria: transferência/ alteração/ concessão/suspensão/outorga de disponibilidade/isenção de outorga. Contempla as diversas possibilidades quanto aos atos administrativos exercidos sobre uma outorga. Outorga de disponibilidade ocorre quando um usuário cede parte de seus direitos de uso ao poder público.
- Enquadramento legal: consumo final/ abastecimento público/ insumo de processo produtivo/ diluição/ transporte/ disposição final. Contempla dispositivo legal que prevê as principais finalidades de uso dos recursos hídricos.

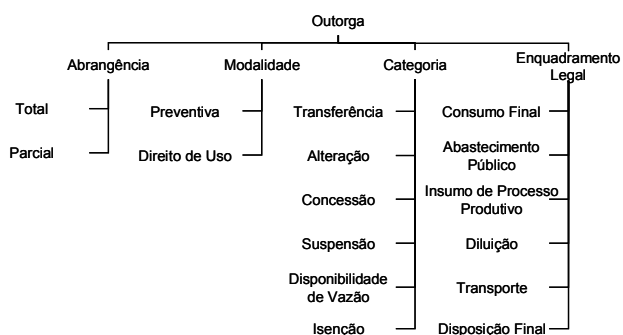


Figura 5 - Categorias de outorga.

Desse modo, o poder outorgante poderá dispor de uma série de informações sobre as outorgas, como os tipos de documentos de outorgas que foram emitidos, o número de outorgas que foram emitidas, quais as que foram indeferidas, quais as finalidades dos direitos de usos conferidos pelas

outorgas, os locais para os quais foram deferidas, entre outras.

PONTO DE OUTORGA

Uma diferenciação importante foi introduzida entre os conceitos *Ponto de Outorga* e *Ponto de Requerimento*, para registrar a situação de haver mais de um requerimento, simultâneos ou não, sobre um mesmo ponto e que, em uma determinada época, haja o deferimento do pedido e em outra época haja indeferimento do pedido de prorrogação (Figura 4). Nesta situação, o requerente faria várias solicitações, sendo que, uma delas poderia ser deferida em um determinado momento, quando os critérios de concessão fossem atendidos. Em termos de implementação, quando é feita a primeira solicitação o sistema cria uma instância da classe *Ponto de Requerimento*. Quando a solicitação for deferida então o sistema de informações cria uma instância da classe *Ponto de Outorga*. Sempre que houver novas solicitações para o mesmo ponto o sistema realizará este controle na instância já existente.

Para efeito de organização das informações no sistema, é proposta uma classificação das finalidades de uso prevista no Art. 4º. da Resolução n.º.16 do CNRH (CNRH, 2001). Partiu-se do princípio de que qualquer utilização que se faça do recurso hídrico será realizada mediante uma retirada de água ou de um lançamento sobre o corpo hídrico. As classes de retirada seriam as mesmas previstas naquela Resolução: captação, derivação, desvio. Para que se pudesse dar um tratamento gerencial aos dados de outorgas para poços artesianos, foi proposta a subdivisão da classe captação nas sub-classes *Superficial* e *Subterrânea*. Assim, um objeto do tipo poço artesianos passa a ser considerado um objeto da classe *Ponto de Outorga* que visa *retirar* água na forma de *captação subterrânea*. A classe *Lançamento* não apresenta outras sub-classes, mas mantém relacionamentos importantes com a classe *Sistema de Tratamento* e *Amostra*. A classe *Amostra* tem papel fundamental no sistema de informações no sentido de armazenar os dados sobre parâmetros de qualidade da água, inclusive séries históricas. Com isto o modelo de geodados poderá servir à futura necessidade de fiscalização. Ainda com relação à classe *Ponto de Outorga*, foi introduzido o conceito de *Ponto de Outorga Isento*, como forma de armazenar as isenções. Caso o requerimento de outorga seja indeferido, então não existe ponto outorgado, nem ponto isen-

to. Em termos de gerenciamento do banco de dados, simplesmente nenhum lançamento acontece nestas classes, apenas nas classes *Ponto de Requerimento* e *Requerente*.

De acordo com o modelo, uma instância da classe *Ponto de Outorga* é representada como geobjeto do tipo ponto. Esta representação poderá ser associada a um símbolo, podendo este variar conforme algum atributo da outorga escolhido para visualização espacial. A apresentação dos pontos outorgados na forma de mapa é uma maneira eficiente do usuário do sistema de informações conhecer a distribuição espacial das outorgas, bem como dos atributos destas expressos pelos símbolos escolhidos. É importante que a posição do ponto de outorga seja determinada com precisão, no sentido de poder separar visualmente outorgas muito próximas, emitidas para lugares da bacia hidrográfica onde há intensa ação antrópica.

A classe *Ponto de Outorga* é um dos principais conceitos do modelo, haja visto o número de relacionamentos que suas instâncias guardam com outras classes do modelo. Vale destacar que a maioria destes relacionamentos são espaciais, o que exige que o sistema de informações tenha capacidade de suporte a análise geográfica. A importância maior do relacionamento espacial é que o sistema possibilite fazer análises sobre vizinhança, adjacência, proximidade, previsão, entre outras, obtidas após um processamento envolvendo busca, acesso, recuperação e operação sobre o conjunto de dados requisitados. A operação gera novos dados a partir dos dados armazenados no banco de dados. Em termos conceituais, um relacionamento espacial não necessita de armazenamento. O poder de análise dependerá das ferramentas de software colocadas à disposição. Alguns destes relacionamentos são apresentados abaixo:

- a. ***Ponto de Outorga – Aquífero***: com este relacionamento é possível determinar sobre qual aquífero está um ponto de outorga. É o caso de poços artesianos que retiram água do subsolo.
- b. ***Ponto de Outorga – Reservação***: em *Reservação* incluem-se as acumulações de água na forma de barragens, açudes, diques, tanques, lagos e lagoas. Através de operações espaciais é possível que o sistema informe próximo a que reservação está um ponto de outorga. Outros relacionamentos podem ser definidos, conforme a necessidade da aplicação definida pelo comitê da bacia.
- c. ***Ponto de Outorga – Trecho de Rio***: através do conceito *Trecho de Rio* o sistema deverá ser capaz de recuperar o nome do rio de onde se faz uso da água, juntamente com as características do trecho associado.

ATESTADOS

O conceito *Atestado* (Figura 4) está posto no modelo para permitir que o sistema de informações seja capaz de gerenciar documentos relativos à processualística da outorga (ANA, 2003[a]).

Considera-se atestado o documento emitido por técnico habilitado, responsável pelas informações prestadas ao poder outorgante. Um atestado se refere às características técnicas do projeto para o qual emite-se o requerimento de outorga. Este documento poderá ter atribuição técnica, como para atestado de obra hidráulica, irrigação, engenharia, impacto ambiental e outras. Neste caso, o atestado fará referência à ART (Anotação de Responsabilidade Técnica) e deverá ser emitido por técnico devidamente registrado no órgão de classe a que pertence. Evidentemente que o aspecto operacional da outorga, elaborado pelo poder outorgante deverá, efetivamente, decidir sobre a permanência, necessidade ou adequação deste conceito junto ao modelo de geodados.

A proposta apresentada no modelo conceitual é de que os documentos do tipo atestado sejam categorizados conforme seu objetivo. Por exemplo, a classe *Atestado de Sistema de Tratamento* deverá armazenar informações prestadas pelos responsáveis técnicos dos sistemas de tratamentos que existirem na bacia. O mesmo vale para as demais classes de atestados. No caso de atestados vinculados à captação, derivação, desvio ou lançamento, o modelo considera que haja um responsável técnico habilitado para cada uso, embora isto não esteja claro em alguns formulários da ANA. Os atestados recebidos serão organizados e armazenados de forma que o sistema mantenha o banco de dados atualizado sobre estes documentos. Assim, será possível realizar consultas para ações fiscalizatórias ou de acompanhamento nos pontos outorgados.

CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou um modelo de dados geográficos aplicado à gestão de recursos hídricos. As classes e relacionamentos do modelo

indicam possibilidades de aplicação no planejamento e gestão dos usos das águas de uma bacia, suporte às ações fiscalizatórias e suporte às outorgas e cobranças pelos seus usos. O modelo resultante apresenta-se como um produto passível de implementação junto ao Sistema de Informações de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Canoas, podendo dar suporte conceitual a outros sistemas similares.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FINEP, CNPq, Secretaria de Desenvolvimento Social, Urbano e Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina (SDS), Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) e Universidade do Contestado (UNC).

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. A. **SDIG-PB: proposta de um sistema distribuído de informação geográfica para auxílio à gestão de recursos hídricos da Paraíba**. Campina Grande, 1999. Dissertação (Mestrado em Informática), Universidade Federal da Paraíba.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, **Formulários de outorga**, 2003 [a]. [http://www.ana.gov.br/GestaoRechidricos/Outorga/docs/Formulariosoutorga ANA%20.zip](http://www.ana.gov.br/GestaoRechidricos/Outorga/docs/Formulariosoutorga%20ANA%20.zip)
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, **Resolução n.º.082**, 2002. <http://www.ana.gov.br/gestaoRechidricos/Fiscalizacao/docs/082-2002.pdf>.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, **Resolução n.º.164**, 2003 [b] <http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/Resolucoes/resolucoes2003/164-2003.pdf>
- BORGES, K. A. V. **Modelagem de dados geográficos: uma extensão do modelo OMTomt para aplicações geográficas**. Belo Horizonte, 1997. Dissertação (Mestrado em Administração Pública) - Fundação João Pinheiro.
- CANALI, N. E. **Análise topológica das redes de drenagem da porção leste do território paranaense**, Rio Claro, 1990. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
- CNRH - CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS, **Resolução n.º.12**, 2000. <http://www.cnrh-srh.gov.br/delibera/resolucoes/R012.htm>
- CNRH - CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS, **Resolução n.º.16**, 2001. <http://www.cnrh-srh.gov.br/delibera/resolucoes/R016.htm>
- CNRH - CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS, **Resolução n.º.30**, 2002. <http://www.cnrh-srh.gov.br/delibera/resolucoes/R030.htm>
- CNRH - CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS, **Resolução n.º.35**, 2003. <http://www.cnrh-srh.gov.br/delibera/resolucoes/R035.htm>
- CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, **Resolução n.º.20**, 1986. <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res2086.html>
- Da SILVA, L. M. C.; UNGARETTI, P. R. R.; MONTEIRO, R. A. **Sisagua: sistemas de apoio ao gerenciamento de usuários da água**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2000. 59p.
- ENGEORPS & FCTH. **Sistema informatizado de outorga de uso da água: aplicação piloto à bacia do rio paraíba do sul**. Brasília: ANA – Agência Nacional de Águas, 2003.
- LEEUWESTEIN J. M. & MONTEIRO, R. A. **Procedimentos técnicos para enquadramento de corpos de água – documento orientativo**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2000. 48p.
- LISBOA FILHO, J. **Projeto conceitual de banco de dados geográficos através da reutilização de esquemas, utilizando padrões de análise e um framework conceitual**, Porto Alegre, 2000. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – Instituto de Informática, UFRG.
- LIU D.; STEWART; T. J. Integrated object-oriented framework for MCDM and DSS modeling. **Decision Support Systems**, v 38, pp. 421– 434, 2004.
- MAGALHÃES, P. C.; TELLES, B. **Sistema de informações e de apoio à decisão de outorga para a bacia do Paraíba do Sul**. Rio de Janeiro: Fundação COPPETEC, 2001.
- MIRANDA, T. R. **Programa computacional reutilizável para suporte às atividades de planejamento da operação de sistemas hidrotérmicos de potência**. Goiânia, 2004. Monografia (Bacharel em Engenharia de Computação) - Escola de Engenharia Elétrica e de Computação, Un. Fed. Goiás.
- NETO, S. L. R.. **Análises morfométricas em bacias hidrográficas integradas a um sistema de informações geográficas**. Curitiba, 1994. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Geociências, Universidade Federal do Paraná.
- NETO, S. L. R. **Um modelo conceitual de sistema de apoio à decisão espacial para gestão de desastres por inundações**, São Paulo, 2000. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- NETO, S. L. R.; DALMOLIN, Q.; ROBBI, C. **Bancos de dados nos sistemas de informações geográficas**. Curitiba: Editora da UFPR, 1994.

- PORTO, R. L. L. **Alguns aspectos da simulação matemática em hidrologia**: exemplos de aplicação. São Paulo, DAEE/DP, 1973. (Boletim Técnico)
- RUMBAUGH, J., BLAHA, M., PREMERLANI, W., EDDY, F., LORENSEN, W. **Object-oriented modeling and design**. New Jersey: Prentice-Hall, 1991.
- SIMONOVIC, S. P.; FAHMY, H. SHORBAGY, A. The Use of Object-Oriented Modeling for Water Resources Planning in Egypt. **Water Resources Management**, n. 11, pp. 243–261, 1997.
- SOARES, V. G. **GEOVISUAL – um ambiente de consultas visuais para bancos de dados geográficos**. Recife, 2002. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) - Centro de Informática. Un. Fed. Pernambuco.
- SOLDA, S. **GIS para gestão de recursos hídricos**, INFOGEO, 21, 2001, pp. 40-43.
- VIEGAS FILHO, J. S.; LANNA, A. E L. O paradigma da modelagem orientada a objetos aplicada a sistemas de recursos hídricos - modelo básico de objetos para uma rede hidrográfica. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v 8, n. 3, 2003.
- VIEIRA, M. T. P. **Projeto de banco de dados**. São Carlos: UFSC, 2000.
- YANG, L.; LIN, B.; KASHEFIPOUR, S. M.; FALCONER, R. A. Integration of a 1-D river model with object-oriented methodology. **Environmental Modelling & Software**, v 17, n. 8, pp. 693-701, 2002.

Conceptual Modeling Of Geodata In An Object Oriented Technique For Water Resources Management

ABSTRACT

Water resources management covers a set of regulatory, guiding, and monitoring measures for anthropic actions with the support of a legal, institutional, technical, and political structure. Although this structure exists in Brazil, the Brazilian State lacks experience on the effective practice of management, especially on the use of Information Systems at watershed level. This work presents a methodology for the conceptual modeling of geographic data for an information system applied to water resources management.

Key-words Data Model, Water Resources Management, Object-Oriented, Geodata, Geo-OMT.