

IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA APLICANDO UM MODELO DE DADOS *GEODATABASE* – PROPOSTA PARA A UNIDADE DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS DA SERRA DA MANTIQUEIRA

Talita Peixoto de Oliveira¹, Silvio Jorge C. Simões², Isabel Cristina de B. Trannin², Fabrício Cesar Gomes¹, Rafael Beltrame Bignotto³

¹Mestrandos do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. E-mail: talitapo@yahoo.com.br

²Professores do Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá – UNESP, Av. Ariberto Pereira da Cunha, 333, Guaratinguetá, SP. E-mails: simoes@feg.unesp.br; isatrannin@feg.unesp.br

³Engenheiro Ambiental, Comitê de Bacias Hidrográficas do Litoral Norte. E-mail: rafaelbignotto@yahoo.com.br

Resumo – A complexidade e a grande quantidade de informações geradas tornaram difícil o estabelecimento de programas de gerenciamento de recursos hídricos sem o uso de ferramentas de auxílio às decisões como os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs). Por outro lado, é difícil relacionar dados de diferentes naturezas e formatos dentro de um mesmo sistema de gestão. As últimas gerações de modelos de dados como o *geodatabase* são mais próximas da realidade e oferecem maiores recursos às operações de modelagem espacial. Neste trabalho foi abordada a evolução dos modelos de dados e a aplicação de um modelo *geodatabase* na implementação de um sistema de informação geográfica para a Unidade de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica da Serra da Mantiqueira.

Palavras chaves – SIG, modelo de dados, gestão de recursos hídricos

Abstract – The large amount of information generated and the complexity of information have become almost impossible to establish a program for managing water resources without the use of decision support system like GIS. On the other hand, it becomes quite difficult to adjust data from different sources and formats within a single management system. The latest generations of data models as the *geodatabase* are closer to reality and have more resources for spatial modeling. Then, this paper discusses the evolution and different generation of data models and the application of a *geodatabase* model for implementing a Geographic Information System in the Serra da Mantiqueira Hydrographic Basin situated in the Southeast of Brazil.

Key words – GIS, data models, water resources management

I. INTRODUÇÃO

Um dos maiores desafios para a gestão de bacias hidrográficas é a organização de dados cartográficos de diferentes origens e natureza, para que possam ser utilizados efetivamente por técnicos e gestores públicos, servindo de base para a continuidade de futuros programas ou ações. Além disso, muitos destes dados cartográficos são disponibilizados aos gestores públicos em formatos inadequados à incorporação dos sistemas de informação geográfica (SIGs) exigindo, portanto, diferentes processos de transformação. Desta forma, os SIGs são ferramentas imprescindíveis para a organização, análise e gerenciamento de dados em bacias hidrográficas.

Junto com a enorme evolução de aspectos técnicos e a ampliação de ferramentas de análise, os SIGs têm evoluído na geração de modelos de dados que possibilitam melhorar a organização dos dados espaciais e os sistemas de gestão para os tomadores de decisão. Desta forma, os modelos de

dados têm evoluído para estruturas complexas que ampliam as possibilidades de relacionamentos entre os diferentes tipos de dados espaciais. Entre os modelos de dados vetoriais destaca-se o *geodatabase*, desenvolvido pela empresa ESRI e disponível para o ArcGIS® a partir das versões 8.0 ou posterior. Além do seu potencial para gerenciamento da base cartográfica, o *geodatabase* tem grande potencial para a modelagem de dados espaciais e constitui a estrutura básica para a implementação de diferentes tipos de modelos (Arctur e Zeiler, 2004). No caso dos recursos hídricos, a estrutura em *geodatabase* tem sido utilizada para diferentes finalidades. Como exemplo, pode ser citado o modelo *ArcHydro*, que utiliza a estrutura *geodatabase* para organizar os diferentes dados de origem vetorial, disponíveis em uma bacia hidrográfica (Maidment, 2002) ou a sua aplicação para a caracterização e análise dos processos inundacionais (Gallup, 2005; Barnolas e Llasat, 2007). Por esta capacidade de integração, várias bases de dados estão disponibilizando seus dados como *geodatabase*. Este é o caso da estrutura de dados do NHD (*National Hydrographic Dataset*), disponível nos Estados Unidos e da base de dados topográficos em escala 1:50.000 do Estado de São Paulo, disponibilizados pelo Departamento de Água e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE).

Neste contexto, este trabalho discute os conceitos relacionados ao modelo de dados *geodatabase* e apresenta uma proposta de sua aplicação na implantação de um projeto de SIG para a gestão de recursos hídricos tomando, como estudo de caso, a Unidade de Gestão de Recursos Hídricos da Serra da Mantiqueira (UGRHI-1), Estado de São Paulo. Este projeto está sendo desenvolvido pela parceria entre a Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá/UNESP e o Comitê de Bacias Hidrográficas da Serra da Mantiqueira, com o apoio do Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO) para o Estado de São Paulo.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

II.1. Caracterização da área de estudo

A Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos da Serra da Mantiqueira (UGRHI-1) faz parte da estrutura de bacias existente no Estado de São Paulo, cujas unidades foram definidas a partir da Lei Estadual nº 9.034, de 1994. Como pode ser observado na figura 1, de acordo com esta lei, existem vinte e duas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos no Estado de São Paulo.



Figura 1 - Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) do Estado de São Paulo.

A Serra da Mantiqueira é uma cadeia montanhosa, que se estende por três Estados do Brasil: São Paulo (30%), Minas Gerais (60%) e Rio de Janeiro (10%). O trecho paulista da Serra da Mantiqueira abrange três municípios, Campos do Jordão, São Bento do Sapucaí e Santo Antônio do Pinhal, todos com status de estância climática, onde a principal atividade econômica é o turismo. A figura 2 mostra os três municípios, assim como as sub-unidades hidrográficas que compõem a região na porção paulista da bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira.



Figura 2 - Principais unidades hidrográficas que compõem a bacia da Serra da Mantiqueira.

De acordo com os dados do Plano de Bacias da UGRHI-1, até 2009, os principais problemas existentes na região, referentes à conservação e preservação dos recursos hídricos e aspectos ambientais incluem: a escassez de ações e projetos de diagnóstico básico, o monitoramento e a

gestão integrada dos recursos hídricos, o pequeno percentual de tratamento de esgotos domésticos, a ocupação de áreas de risco à movimentação de massa, os problemas de drenagem urbana e as áreas sujeitas à inundação.

Desta forma, a gestão integrada dos recursos hídricos constitui-se em demanda reprimida, sendo considerada pelo Comitê de Bacias Hidrográficas da Serra da Mantiqueira (CBH-SM) como prioritária entre as metas e ações de curto prazo deste Comitê.

Apesar do esforço do CBH-SM para implantar ações de intervenção, que visem à preservação dos recursos naturais e o melhoramento dos níveis de saneamento básico nesta bacia, estas ações somente serão realizadas de forma efetiva, com base em um sistema de gestão integrada que possibilite mapear e hierarquizar os pontos críticos nas sub-bacias hidrográficas e estabeleça mapas de vulnerabilidade dos corpos hídricos aos processos de degradação e poluição.

Um aspecto positivo é que os produtos que compõem a atual base de dados disponível na UGRH-1 são provenientes, em sua maioria, de projetos realizados com recursos do FEHIDRO. Apesar disso, a base de dados é bastante variada no que concerne a sua origem e formatação, necessitando de uma etapa preliminar de organização, a partir de um projeto eficiente, que possibilite a otimização das diversas informações existentes.

II.2. Metodologia

Neste trabalho foi elaborada uma breve revisão do modelo de *geodatabase*, buscando inseri-lo no contexto da evolução dos diferentes modelos espaciais de dados relacionados aos SIGs. Para isso foi realizada uma revisão bibliográfica, com exposição de conceitos básicos e exemplos de aplicações relacionados, particularmente, aos recursos hídricos.

Posteriormente, foi realizado um levantamento e a organização dos dados espaciais disponibilizados pelo CBH-SM. Conforme mencionado anteriormente, parte dos dados obtidos foi gerada por projetos financiados pelo FEHIDRO e outros de ações realizadas pelos municípios inseridos na bacia, gerados por planos diretores e estudos para delimitação de áreas de risco, como é o caso dos dados disponíveis para o município de Campos do Jordão.

Os dados disponíveis foram separados em dados cartográficos (básicos e temáticos) e dados alfa-numéricos (textos e tabelas), existentes no âmbito da bacia hidrográfica. Neste sentido, vale destacar que estes dados foram produzidos em escalas muito distintas, variando de muito detalhados (1:10.000), semi-detalhados (1:50.000) e de reconhecimento (escalas de 1:250.000 e 1:500.000). Os mapas de reconhecimento ou regionais são aqueles produzidos para todo o Estado de São Paulo, incluindo os mapas temáticos como o Geológico (Landim, 1984), o Geomorfológico (Ponçano, 1981; Ross, 1997) e o Pedológico (Oliveira, 1999).

Os dados espaciais foram analisados utilizando-se o ArcGIS/ArcCatalog, para diferenciar aqueles que podem compor o modelo de dados em *geodatabase* daqueles que não podem ser incluídos. Infelizmente, boa parte dos dados disponíveis está em formato de imagem, como JPG ou TIFF, sem georreferenciamento. Esta é uma situação que ocorre com frequência, pois vários projetos são entregues para os comitês de bacias sem qualquer base de georreferenciamento. Outra grande quantidade de dados está disponível no modelo AutoCAD (extensão dwg). Apesar disso, as novas versões do AutoCAD e do ArcGIS facilitam o processo de migração de dwg para shp (*shapefile*) em operações designadas de *interoperabilidade*. A menor quantidade dos dados disponíveis está em formato *shapefile*, como é o caso dos produtos gerados pelo Instituto Florestal de São Paulo (Instituto Florestal, 2003). Os dados disponíveis em formato *geodatabase* são, ainda, menos frequentes; sendo que apenas o mapa topográfico do Estado de São Paulo (escala 1:50.000) está disponibilizado neste formato.

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

III.1. Conceitos básicos de um *geodatabase*

Um modelo de dados geográficos é uma abstração do mundo real, que utiliza um conjunto de objetos de dados para apoiar a visualização, as indagações, a edição e a análise de mapas. Conforme destacam Longley et al. (2005), o modelo de dados é o “coração” de qualquer SIG e pode ser definido como um conjunto de construções para representar objetos e processos em um ambiente digital.

Quando se busca representar o mundo real por meio de técnicas computacionais pode-se pensar em quatro diferentes níveis de abstração. O primeiro, o *mundo real*, constituído dos objetos reais, como prédios, ruas, pessoas, incluindo, portanto, todos os aspectos observados ou não pelos indivíduos. O segundo, o *modelo conceitual*, consiste na seleção de objetos baseada na percepção humana ou em interesses específicos para a resolução de um determinado problema. O terceiro, o *modelo lógico*, é a implementação do modelo conceitual, sendo frequentemente expresso em forma de diagramas e listas. Finalmente, o *modelo físico*, com a implementação de um SIG e de tabelas armazenadas como arquivos ou base de dados.

A evolução dos SIGs, desde os anos 70 até hoje, tem conduzido a sistemas cada vez mais complexos, que integram diversos modelos de dados. Portanto, os modelos de dados espaciais têm passado por várias inovações, desde os mais simples até os mais complexos, merecendo destaque os modelos *CAD*, *coverage* e *geodatabase*.

O modelo *CAD* pode ser considerado o primeiro sistema empregado para a elaboração de mapas em base vetorial. Os primeiros SIGs foram baseados nos conceitos de mapeamento e computação cartográfica. Como exemplo, pode ser citado o SYMAP, desenvolvido no *Harvard Laboratory Computer Graphic* (Chrisman, 2006). Desde sua origem, nos anos 60 e 70, este sistema tem sido refinado, possibilitando a produção de mapas com razoável fidelidade. Entretanto, o seu foco inicial era o mapeamento e a representação gráfica de objetos, não possibilitando o armazenamento de detalhes destas representações gráficas em tabelas.

O modelo *coverage*, introduzido nos anos 80, junto com o ArcInfo[®] da empresa ESRI, é baseado nos modelos de dados georelacionais, como aqueles disponíveis no Microsoft Access[®] e Oracle[®]. Estes tipos de arquivos diferem de formatos mais simples como *shapefile*, pois os dados são armazenados em um conjunto de tabelas ligadas por relações. Nesta situação, os dados espaciais e de atributos, armazenados em tabelas, podem ser combinados e integrados, a partir de um identificador comum. Uma característica deste modelo é a possibilidade de fazer relações topológicas entre as feições vetoriais. No entanto, este modelo apresenta uma grande limitação, pois as feições vetoriais, como pontos e linhas, são agregadas de forma homogênea, com comportamento genérico. Assim, o comportamento de uma linha, que representa uma estrada é o mesmo de uma linha que representa um curso d'água. Desta forma o modelo *coverage*, apesar do seu potencial de aplicação, tornou-se limitado quando a base de dados está relacionada a situações mais complexas. Como ressalta Kennedy (2009), os modelos *coverages* estão ficando obsoletos rapidamente e estão sendo transformados em *geodatabase*.

O modelo *geodatabase* foi introduzido no início dos anos 2000, com o ArcGIS 8.0[®]. A proposta deste modelo foi tornar mais próximo do real, um modelo de dados que fosse constituído, por exemplo, de propriedades, prédios, parcelas e estradas. O modelo *geodatabase* é baseado em uma tendência que teve início nos anos 90, para programas objetos-orientados, que facilitam a integração entre diferentes softwares. Os modelos objetos-orientados tornam possível caracterizar feições mais próximas da realidade, definindo relações topológicas e capturando melhor a interação entre diferentes objetos. Desta forma, esta linguagem permite aproveitar as funcionalidades de um SIG, expandindo-as e integrando-as com outros softwares. Modelos objetos-orientados podem ser escritos em diferentes linguagens como C e Visual Basic. O software ArcGIS[®] utiliza o Visual Basic como sua linguagem de interação, gerando maiores interações entre o ArcGIS[®] e as aplicações do Microsoft Office[®]. Por exemplo, dados produzidos em ArcGIS[®] podem ser armazenados no Microsoft Access[®] e serem visualizados no Microsoft Excel[®]. Estas interações facilitam, por exemplo, colocar em um mesmo ambiente o ArcGIS e o modelos hidrológicos de diferentes naturezas como o HEC-RAS, o SWAT, o Arc-Hydro, entre outros.

Alguns dos aspectos positivos da utilização dos modelos de dados *geodatabase* são apresentados na tabela 1.

Tabela 1 – Algumas vantagens da utilização do modelo de dados *geodatabase* (Zeiller, 1999 modificado)

Repositório uniforme de dados geográficos	Todos os dados geográficos podem ser armazenados e gerenciados de forma central a partir de único <i>geodatabase</i>
Usuários trabalham com objetos de dados intuitivos	Ao invés de trabalhar com pontos genéricos de pontos, linhas e áreas, os usuários trabalham com objetos bem definidos, tais como estradas e lagos
Feições possuem um contexto mais complexo	O contexto com outras feições é enriquecido por relações topológicas, representação espacial e relações gerais.
Conjunto de feições contínuas	Geodatabase pode acomodar grandes conjuntos de feições sem partições ou divisões

Além dos aspectos positivos apresentados na tabela 1, os modelos *geodatabase* podem conter representações de dados geográficos de diferentes naturezas. Desta forma, o *geodatabase* pode incluir *dados vetoriais*, como pontos, linhas e polígonos, *dados raster*, em formato *grid* e os *modelos de superfície de elevação* como o *TIN (Triangulated Irregular Network)*, possibilitando a realização de análise de relevos dos terrenos.

O modelo *geodatabase* armazena dados geográficos em *feature dataset* (base de dados de feições), congregando um conjunto de feições de classe ou gráficos correlacionados, que compartilham o mesmo sistema de referência espacial. Uma das vantagens do *Geodatabase* é organizar os dados por temas distintos. Na figura 4 é apresentada a base de dados topográficas do Estado de São Paulo (escala 1:50.000), separada por temas distintos (hidrografia, hipsografia, localidades, sistema de transporte, entre outros). Ainda na figura 4, pode-se observar a *feature dataset*, designada de *Hidrografia*. A partir deste nível, diferentes operações geográficas podem ser realizadas, incluindo topologia e redes geométricas.

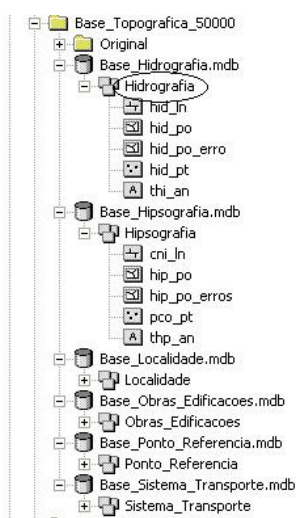


Figura 4 – Estrutura de um modelo *geodatabase*, destacando o *feature dataset - Hidrografia* e as operações geográficas associadas

III.2. Implantação de um projeto SIG com formato *geodatabase*

Conforme menciona Kennedy (2009), “o SIG é um tipo de programa que faz o computador pensar que é um mapa”. Ao contrário da visão limitada ou parcial, que se tem dos SIGs, de integração de mapas, estes constituem uma entidade dinâmica, projetada para ajudar nos processos de tomada de decisão.

Muitas aplicações de SIG envolvem projetos de longa duração, que requerem a cooperação de um grande número de pessoas e diferentes departamentos de uma mesma instituição. Desta forma, os SIGs devem permitir e facilitar a ocorrência de um fluxo de trabalho constante e possibilitar a atualização freqüente dos dados, o que implica em uma significativa redução de custos, por evitar, por exemplo, a repetição de projetos, o que é muito comum na administração pública brasileira em todos os níveis.

Portanto, a implantação de um SIG com o objetivo de organizar e gerenciar um grande banco de dados, como é o caso da bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira, exige a escolha de um *software* que tenha um poderoso Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados e que possibilite a integração de dados das mais diferentes procedências e formatos.

Os modelos *geodatabase* do ArcGIS® são adequados para trabalhar em um ambiente multiusuário, como é o caso da gestão de bacias hidrográficas. Entretanto, para que a implantação de um projeto *geodatabase* seja bem sucedida, é necessário seguir uma série de procedimentos. Assim, a implementação de um SIG, como qualquer outro projeto, inicia com a compreensão dos objetivos e progride através de níveis crescentes de detalhes e informações.

Na implantação do SIG junto ao CBH-SM serão seguidos procedimentos, a partir de uma série de passos, que possibilite estabelecer um sistema eficiente, dinâmico e que possa ser efetivamente utilizado. Estas etapas terão como base os modelos *geodatabase* propostos por Zeiller (1999) e Arthur e Zeiler (2004), descritas a seguir.

1. Identificação das informações e os produtos que serão produzidos no SIG: inclui levantamento de mapas, relatórios, condição de acesso a WEB, avaliação do fluxo dos dados e requerimentos e exigências do CBH-SM;
2. Identificação dos “layers” temáticos baseados nos dados disponíveis e nas necessidades do Comitê: avalia a origem dos dados, sistemas de projeção, escala e acuidade dos mapas, simbologia e anotações;
3. Especificação das escalas de abrangência e representação espacial para cada “layer” temático: os dados são compilados para cada escala específica de uso, pois as feições representadas (pontos, linhas, polígonos) se modificam dependendo da escala considerada;

4. Representação de grupo de dados em *datasets*: nesta etapa são diferenciados os vários grupos de dados em relação a sua origem. Por exemplo, feições discretas como, dados vetoriais, são modelados de forma diferente dos dados contínuos, como os dados raster;
5. Definição da estrutura da base de dados tabular e dos atributos a serem considerados: inclui identificação dos atributos, especifica valores específicos e faixas a serem consideradas e os modelos de relação espacial;
6. Definição das propriedades espaciais do conjunto de dados: uso de *networks* para permitir a conexão dos dados e de ferramentas topológicas para melhorar a integridade dos dados e o seu compartilhamento geométrico;
7. Proposição do projeto de *geodatabase* a partir de um protótipo: nesta etapa um protótipo dos dados é utilizado para construir o *geodatabase* e os dados são testados e refinados;
8. Projetar o fluxo de trabalho construindo e mantendo cada “layer”: cada “layer” pode ter tipos de dados distintos, diferentes níveis de acurácia e precisão, diferentes metadados e diferentes graus de acesso. Nesta etapa se define o fluxo das informações em função dos requisitos apresentados pelo CBH-SM;
9. Documentação do projeto usando métodos apropriados: Nesta etapa final são utilizados desenhos, diagramas e relatórios para apresentar o modelo de dados proposto.

No estágio atual deste trabalho, as etapas iniciais (1 e 2) estão em fase de implementação, onde a base de dados está sendo organizada no ArcCatalog/ArcGIS[®], que permite revelar a estrutura dos dados geográficos e o papel dos vários elementos da base de dados geográfica.

A figura 5a ilustra uma pequena amostra da base de dados existente, com diferentes formatos *dwg*, raster e em planilhas. Estes dados serão convertidos em *shapefile* e, posteriormente, convertidos e inseridos no *geodatabase*. Uma pequena quantidade de dados já se encontra no formato *shapefile*, o que facilita o processo de transformação, pois ambos, *shapefile* e *geodatabase*, são formatos de SIGs. Como já mencionado, poucos órgãos públicos no Brasil têm o cuidado de apresentar suas bases em um destes formatos, o que facilita o processo de gestão de dados. Como pode ser observado pela figura 5b, felizmente este quadro está mudando, exemplo disso, é a disponibilidade dos dados gerados pela Fundação Florestal de São Paulo e pela Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM), cujos mapas geológicos acompanham grande base de dados em formato *shapefile*.

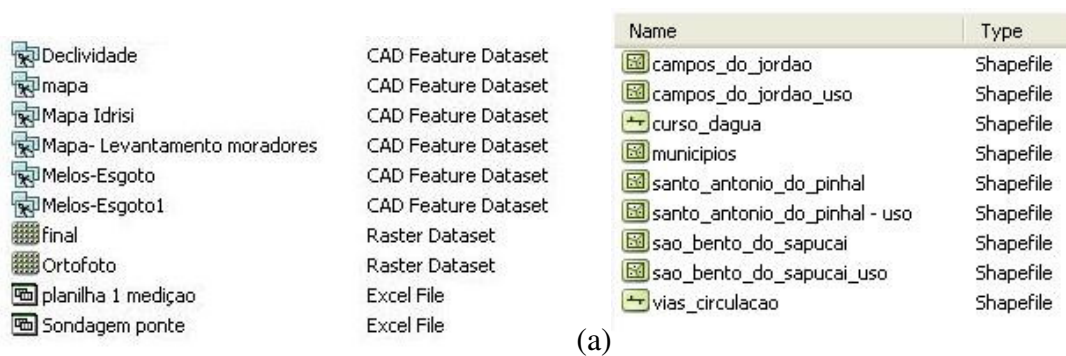


Figura 5 – Base de dados com diferentes formatos (a) e formato *shapefile* com dados provenientes da Fundação Florestal.

IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um dos maiores problemas na obtenção de dados de diferentes origens é que estes podem ser produzidos a partir de diferentes formatos, com dificuldades variáveis de transformação. Isto ocorre devido ao fato de ser praticamente impossível projetar, em um único formato, dados que englobem muitas tarefas e aplicações distintas.

Diferentes tipos de SIGs são capazes de “enxergar” diferentes formatos como *dwg* e *dxf*, *TIFF* e *JPEG*, entre outros. Infelizmente, a transferência de dados de um formato para outro nem sempre é simples e, dependendo do nível de complexidade do formato, é necessária a realização de diferentes tipos de operações de conversão. Estes processos têm sido facilitados pela criação de organizações do tipo OGC (*Open Geospatial Consortium*), que congregam diferentes empresas comerciais, buscando melhorar a interoperabilidade dos sistemas de dados geográficos.

No estabelecimento de planos de manejo e gestão de unidades naturais, como bacias hidrográficas, com dados de diferentes naturezas e formatos, é fundamental a utilização de modelos que possibilitem integrar estes dados de forma homogênea e possibilite realizar operações geográficas mais complexas como, por exemplo, análises topológicas e de redes geométricas. Os modelos *geodatabase*, com sua estrutura objetos-orientados, possuem esta potencialidade, sendo que outros modelos de dados, como o CAD e o *coverage*, não possuem as características necessárias para a gestão de bases de dados diversificadas e complexas.

Apesar destas características positivas, os modelos *geodatabase* são, ainda, pouco usados no país, para a estruturação de modelos de dados geoespaciais na área de recursos hídricos. Deste modo, este trabalho apresentou um exemplo de aplicação de *geodatabase* para a gestão de bacias hidrográficas, com vistas a possibilitar um modelo multi-usuário e dinâmico, que facilite o trabalho dos tomadores de decisão na orientação e direcionamento de novas propostas de gestão, na

continuidade e detalhamento da base de dados e na redução de custos relacionados ao financiamento de projetos com características similares.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARCTUR, D.; ZEILER, M. Designing geodatabases. Case studies in GIS Data Modeling. Redlands, ESRI. 2004.
- BARNOLAS, M.; LLASAT, M.C. A flood geodatabase and its climatological applications: the case of Catalonia for the last century. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 7, 271-281. 2007.
- BOLSTAD, P. GIS Fundamentals. A first text on Geographic Information Systems. White Bear lake, Elder Press. 2008.
- CHANG, K. – Introduction to geographic information systems. New York, Mc-Graw Hill. 2010.
- CHRISMAN, N. Charting the Unknown. How computer mapping at Harvard became GIS. Redland, ESRI. 2006.
- FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS - SEADE, 2009. Disponível em: <http://www.seade.gov.br/> Consulta em 18/04/2010.
- GALLUP, D.J. Floodplain and flood probability mapping using geotadabase. Brigham Young University (Dissertação de mestrado). 2005.
- INSTITUTO FLORESTAL Elaboração De base digital georreferenciada para o mapeamento do uso e ocupação da terra e das unidades de conservação da bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira. São Paulo, Contrato Fehidro 10/2003. Relatório Final. 2003.
- KENNEDY, M. – Introducing Geographic Information Systems with ArcGIS®. A workbook approach to learning GIS. Hoboken, Wiley. 2009.
- LANDIM, P.M.B. (coord.) Mapa Geológico de Estado de São Paulo. Escala 1:500.000, São Paulo: IGCE/UNESP, 1984.
- LONGLEY, P.A.; GOODCHILD, M.F.; MAGUIRRE, D.J.; RHIND, D.W. Geographic information systems and science. New York, John Wiley. 2005.
- MAIDMENT, D.R. ArcHydro. GIS for water resources. Redland, ESRI. 2002.
- OLIVEIRA, J.B. Mapa Pedológico do Estado de São Paulo. Escala 1:500.000. São Paulo, Embrapa. 1999.
- PONÇANO, W.L.; CARNEIRO, C.D.R.; BISTRICHI, C.A.; ALMEIDA, F.F.M.; PRANDINI, F.L. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. São Paulo, IPT. 1981.
- ROSS, J.L.; MOROZ. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. São Paulo, IPT. 1997.
- ZEILER, Modeling our world. Redland, ESRI Press. 1999.