

ESTRUTURAÇÃO DE SISTEMA DE INFORMAÇÃO AMBIENTAL PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BARIGÜI – ANÁLISE PRELIMINAR

Prof.^aDr.^a Márcia Cristina Lopes Quintas¹
Prof. Dr. Cristovão Vicente Scapulatempo Fernandes²
Prof. Dr. Alzir Felipe Buffara Antunes³

¹ Universidade Federal do Paraná – UFPR – Departamento de Geomática – mquintas@ufpr.br

² Universidade Federal do Paraná – UFPR – Departamento de Saneamento e Hidráulica – cris.dhs@ufpr.br

³ Universidade Federal do Paraná – UFPR – Departamento de Geomática – felipe@ufpr.br

RESUMO

A questão da qualidade da base cartográfica ainda não é um assunto que seja abordado de forma sistemática quando da estruturação de um sistema de informação ambiental. O uso de uma base cartográfica sem a verificação de sua acurácia e precisão podem induzir a consolidação de informações errôneas que, eventualmente, conduzem a decisões inadequadas. Este artigo trata da importância desta questão aplicando uma metodologia estatística para se quantificar estes erros, no contexto da consolidação do Sistema de Informações ambientais da Bacia do Rio Barigui na Região Metropolitana de Curitiba, Brasil.

Palavras-chave: Bacias hidrográficas, rio Barigüi, SIG

STRUCTURING AN ENVIRONMENTAL INFORMATION SYSTEM FOR THE BARIGÜI RIVER – PRELIMINAR ANALYSIS

ABSTRACT

The quality of a cartographic database has not been considered under a systematic approach when an environmental information system is been structured. The use of a cartographic basis without accuracy and precision control measurements can induce erroneous information and, as a consequence, allow inappropriate decision process. This paper deals with this important aspect by applying a statistical approach to the Environmental Information System of Barigüi River in the Metropolitan Area of Curitiba, Brazil

Keywords: Watershed, Barigüi river, GIS

1. INTRODUÇÃO

Os recursos de água doce constituem um componente essencial da hidrosfera da Terra e parte indispensável de todos os ecossistemas terrestres. O objetivo de uma política ambiental é assegurar que se mantenha uma oferta adequada de água de boa qualidade para toda a população do planeta, ao mesmo tempo que se preserve as funções hidrológicas, biológicas e químicas dos ecossistemas.

Deve-se reconhecer o caráter multissetorial do desenvolvimento dos recursos hídricos no contexto do desenvolvimento sócio-econômico, bem como os interesses múltiplos na utilização desses recursos para o abastecimento de água potável e saneamento, agricultura, indústria, desenvolvimnto urbano, geração de energia, transporte, recreação, manejo de terras baixas e planícies e outras atividades.

Apesar do Brasil ser um dos países com a maior quantidade de água doce disponível do planeta, já se defronta com problemas de restrição do uso da água em função do comprometimento da sua qualidade. Neste contexto, a disponibilização de água em quantidade e qualidade, assim como a otimização de seu uso apresentam-se como uma questão prioritária a ser resolvida com a participação dos diferentes segmentos da sociedade.

Atualmente, uma das ações mais importantes para a recuperação do meio-ambiente em regiões degradadas compreende a implementação de programas de gerenciamento das bacias hidrográficas que as abrangem. Entende-se por bacia hidrográfica, o conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus

afluentes. Esse conceito inclui naturalmente a existência de cabeceiras ou nascentes, divisores d'água, cursos d'água principais, afluentes, subafluentes. A lei 9.444 que instituiu o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos estabeleceu a Bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão territorial, além de se consolidar com a base de instrumentos visando sua sustentabilidade econômica e ambiental.

Para este fim, faz-se necessário o armazenamento, análise e apresentação desse grande volume de dados sobre o espaço geográfico da bacia, requerendo o uso de um ambiente informatizado que alia mapas digitais às informações sobre os elementos do mapa, ou melhor, um sistema eficiente e lógico que transforma e associa elementos cartográficos e banco de dados, definido como Sistema de Informações Geográficas (SIG).

Segundo BURROGH E MCDONNELL (1998), um SIG consiste de um sistema computacional que reúne um poderoso conjunto de ferramentas para a entrada, armazenamento, recuperação, transformação, análise e representação de dados do mundo real para um conjunto particular de propósitos. O princípio fundamental de funcionamento de um SIG é o geo-referenciamento, ou seja, a indexação ou codificação geográfica da informação utilizada através de um sistema de referência cartográfica. Este ainda permite a integração de informações espaciais e não espaciais de natureza, origem e forma diversas numa única base de dados, possibilitando a análise espacial e a visualização dos mesmos.

O processamento de dados em SIG pressupõe que os mesmos estejam organizados em planos de informação individuais, de acordo com a natureza dos diversos temas a serem representados. A informação de cada plano é composta basicamente por duas partes. Uma delas é a informação espacial, referenciada a um sistema de coordenadas, e a outra é composta pelos atributos não espaciais (BURROUGH E MCDONNELL, 1998).

Cabe salientar a importância da qualidade da base cartográfica a ser utilizada no estudo. Esta só deve ser considerada como fonte fidedigna de informações quando associada a processo de avaliação da acurácia dos dados que a compõe.

Na última década, a análise ambiental experimentou um grande salto metodológico com as possibilidades oferecidas pela integração das informações com o auxílio do SIG, passando a contar com a possibilidade de considerar correlações espaciais, relações de causa e efeito e aspectos temporais (XAVIER DA SILVA, 1992).

Objetiva-se com esse estudo a verificação e validação da base cadastral a ser utilizada na organização do SIG, bem como o levantamento cadastral das estações de monitoramento de qualidade da água e áreas de captação d'água.

2. DESCRIÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

A Bacia do Rio Barigüi localiza-se no Primeiro Planalto Paranaense, na região metropolitana de Curitiba, entre as coordenadas $-25^{\circ}13'24''$ e $-25^{\circ}38'23''$ e $-49^{\circ}15'00''$ e $-49^{\circ}22'29''$, percorrendo no sentido norte-sul os municípios de Almirante Tamandaré, Curitiba e Araucária, em uma extensão de aproximadamente de 60km entre suas nascentes e a foz do rio Iguaçu.

A bacia faz divisa com os municípios de Rio Branco do Sul, Almirante Tamandaré, Campo Largo, Fazenda Rio Grande, São José dos Pinhais, Pinhais e Colombo (figura 1).

O rio Barigüi é afluente da margem direita do rio Iguaçu, suas nascentes estão localizadas na Serra da Betara, próximo à divisa dos municípios de Almirante Tamandaré e Rio Branco do Sul. A extensão do rio Barigüi é de 66 km. Seus afluentes principais são: na margem direita – rio Campo Comprido, rio Pacotuba, rio Tanguá, rio Uvú, ribeirão dos Müller; e na margem esquerda – rio Vila Formosa, rio Passo do França, arroio do Andrada e arroio da Ordem.

A área total de drenagem da bacia do rio Barigüi é de 279 km², sendo 120 km² no município de Almirante Tamandaré, 144 km² no município de Curitiba, e 15 km² no município de Araucária (tabela 1).

A região abrangida pela bacia do rio Barigüi, situada no Primeiro Planalto Paranaense, apresenta uma paisagem suavemente ondulada nos terrenos da formação Guabirotuba, e um relevo abrupto nas regiões onde predominam rochas Pré-Cambrianas.

A maior parte da bacia apresenta altitudes em torno de 900m sobre o nível do mar. As maiores altitudes encontram-se no limite norte da bacia, atingindo o máximo de 1210m sobre o nível do mar na serra da Betara, município de Almirante Tamandaré, próximo à divisa com o município de Rio Branco do Sul. As altitudes mínimas ficam entorno de 800m sobre o nível do mar, junto ao leito do rio Barigüi, no trecho que serve como divisa intermunicipal Araucária-Curitiba. O desnível aproximado do rio Barigüi desde suas nascentes até sua foz é de 97m.

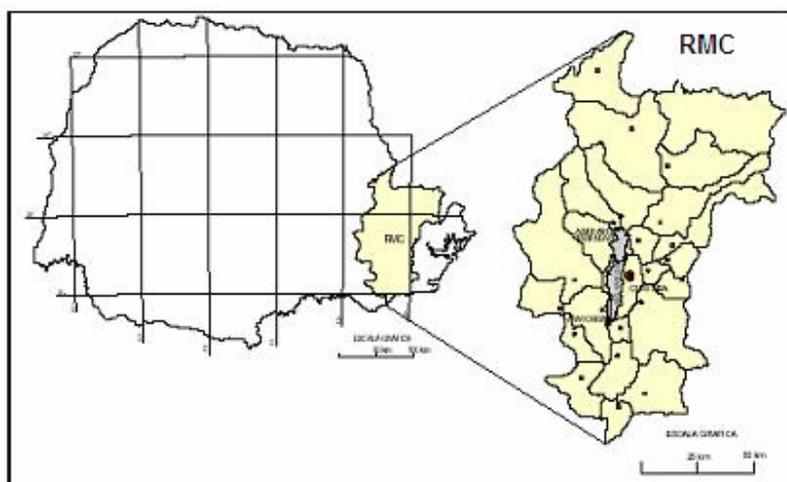


Figura 1 – Localização da bacia do rio Barigüi
 Fonte: Fill, et al. (2000)

Tabela 1 – Área de drenagem da bacia do Rio Barigüi

Município	Área do município (km ²)	Área da bacia (km ²)
Almirante Tamandaré	523,10	120
Curitiba	432,42	144
Araucária	460,85	15
Total	1416,37	279

Fonte: Fill, et al. (2000)

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 FONTE DE DADOS

O material básico utilizado no desenvolvimento do presente estudo foi obtido junto a Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (SUDERHSA), sendo os seguintes:

- Cobertura aerofotogramétrica na escala 1:30.000, de vôo realizado em maio de 2000;
- Restituição fotogramétrica na escala 1:10.000;
- Ortofotocartas;
- Arquivos digitais para a formação da base cartográfica em coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator), no Sistema Geodésico Brasileiro SAD-69 (*South American Datum – 1969*);

3.2 EQUIPAMENTOS E SOFTWARES

Os equipamentos e *softwares* utilizados no estudo foram adquiridos com fundos do Projeto Barigüi/FINEP:

- Microcomputadores *Pentium* PC-compatíveis e periféricos (*plotter*, impressora, *scanner*, etc);
- Aparelho receptor portátil *Trimble GeoExplorer* (precisão submétrica);
- Automóvel e barco a motor;
- *Software* para Sistema de Informações Geográficas *ArcView 3.2* e *ArcView 8.3* ® *Environmental Systems Research Institute (ESRI)*;

3.3 METODOLOGIA

A primeira etapa deste trabalho consistiu na verificação planimétrica (fonte: SUDERHSA /escala 1:10.000) da base cartográfica a ser utilizada na organização do SIG.

Os testes para a verificação e validação de base cartográfica consistem em confrontar coordenadas planimétricas (N,E), e a partir de parâmetros de precisão e acurácia pré-estabelecidos, verificar sua qualidade dentro de determinado grau de confiança, podendo desta forma classificá-la de acordo com o que estabelece o Decreto 89.817 de 20 de junho de 1984.

O Decreto 89.817/84 – Instruções reguladoras das normas técnicas da cartografia nacional, nas suas especificações gerais classificam as cartas quanto à exatidão:

Art 8º – As cartas quanto à exatidão devem obedecer ao Padrão de Exatidão Cartográfica – PEC, segundo o critério abaixo discriminado:

- Noventa por cento dos pontos bem definidos numa carta, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao PEC estabelecido;

Art 9º – As cartas, segundo sua exatidão, são classificadas nas classes A, B e C segundo os seguintes critérios (tabela 2):

Tabela 2 – Padrão de Exatidão Cartográfica e Erro Padrão

	Escala 1:10.000	
	PEC planimétrico (mm)	Erro padrão planimétrico (mm)
Classe A	0,5	0,3
Classe B	0,8	0,5
Classe C	1,0	0,6

Fonte: Decreto 89.817/84

Nesta etapa foram definidos pontos de controle de coordenadas conhecidas (N,E), para servirem como pontos de verificação da base cartográfica. Dentre os pontos 80 pontos selecionados, 8 são vértices, implantados pela SUDERHSA, com origem no vértice de primeira ordem SAT-91642 (IBGE), e 72 são pontos distribuídos por toda a bacia do rio Barigui. O método de medição utilizado no levantamento destes pontos foi através do uso do GPS, de acordo com as normas técnicas vigentes.

A verificação e validação de qualquer base cartográfica deve passar por uma análise estatística observando o grau de confiança estabelecido a priori. Para a classificação geral da base adota-se o critério de se considerar conjuntamente acurácia e precisão, mesmo porque não existe classificação em acurácia.

O Decreto 89.817 estabelece em seu artigo 8º que “90% dos pontos bem definidos numa carta, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao Padrão de Exatidão Cartográfica estabelecido”, deixando implícito o critério da proporção amostral simples para se alcançar o percentual aceitável pré-estabelecido. Segundo BRITO (1987) o critério de proporção amostral simples é pouco flexível a classificação de uma base cartográfica, podendo-se correr o risco de analisar uma amostra não representativa.

Desta forma, optou-se por adotar critérios estatísticos mais flexíveis e igualmente válidos para o teste de análise dos dados. Para analisar a precisão dos elementos da base cartográfica em estudo, utilizou-se a estimativa intervalar dada pela distribuição Qui-quadrado (χ^2), que consistiu em construir um intervalo de confiança de 90% para a variância populacional (σ^2) a partir da variância amostral (s^2).

Para análise de acurácia utilizou-se a distribuição *t de Student*, que consistiu em construir um intervalo de confiança de 90% de certeza para a média populacional (μ) a partir da média amostral (\bar{x}) e da variância amostral (s^2).

Em uma segunda etapa do trabalho foi executado o levantamento bibliográfico que envolveu pesquisa e a coleta de material existente sobre a região de abrangência da bacia do rio Barigüi, tais como: relatórios técnicos, trabalhos de pesquisa, etc. Após esse levantamento, foram realizados os trabalhos de campo, que podem ser divididos em duas etapas:

1) A primeira etapa consistiu em percorrer toda a extensão do rio Barigüi, visando conhecer com mais detalhes a realidade de cada município que compõe a bacia hidrográfica do mesmo. Ainda nesta etapa, foi elaborado um dicionário (questionário) que visou a sistematização da coleta dos dados em cada ponto a ser levantado (figura 2).

2) A segunda etapa foi basicamente composta pelas visitas aos pontos a serem levantados, cada qual foi descrito e caracterizado pelo preenchimento do item dicionário, disponibilizado pelo *GeoExplorer*, bem como a determinação das suas coordenadas geográficas (ϕ, λ, h).

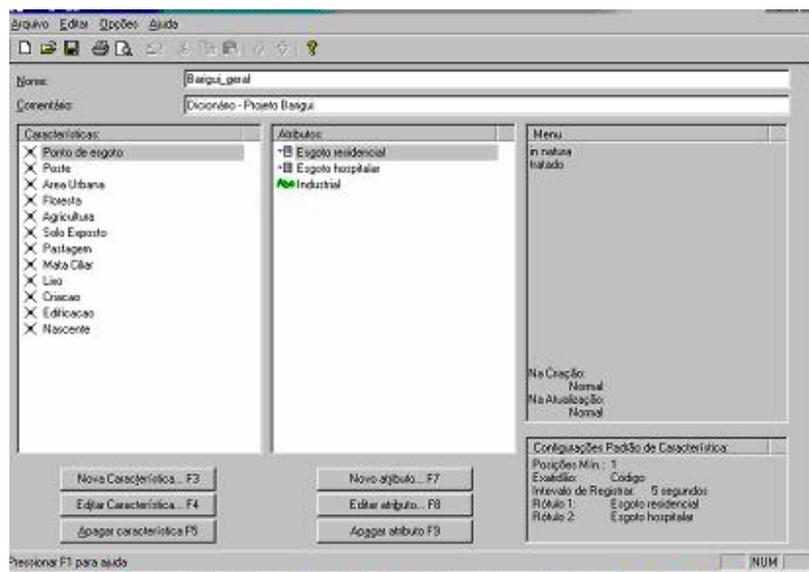


Figura 2 – Dicionário para coleta de dados em campo (GeoExplorer) – Projeto Barigui

Concomitantemente aos trabalhos de campo foram organizadas as bases digitais no SIG. Todos os dados levantados com o apoio do dicionário, foram automaticamente organizados em *layers* de informação e exportados diretamente para o banco de dados do SIG. Dentre os vários dados coletados, pode-se citar como exemplo: estações de monitoramento de qualidade da água e pontos de captação d'água da SANEPAR (Companhia de Saneamento do Paraná) (figura 3), pontos de lançamento de esgoto in natura (figura 4) e estações de tratamento de esgoto da SANEPAR (figura 5).

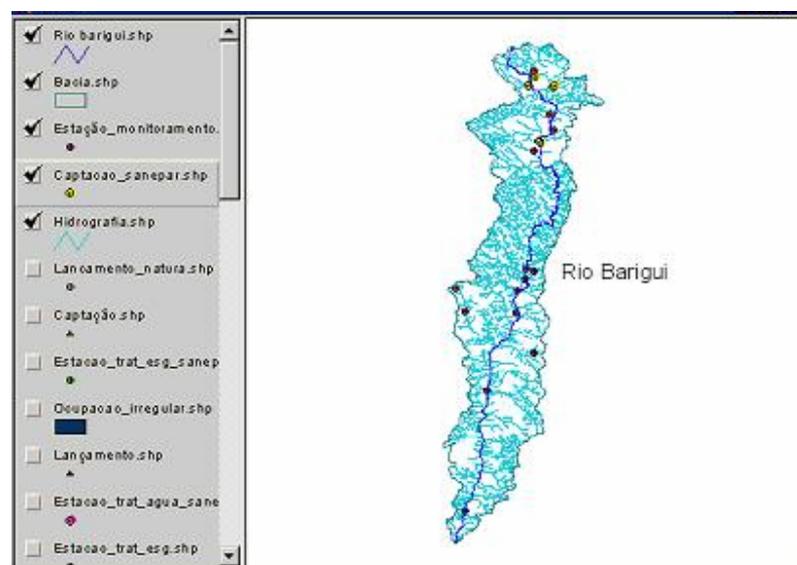


Figura 3 – Bacia hidrográfica do rio Barigui e localização das estações de monitoramento de qualidade da água e pontos de captação d'água da SANEPAR

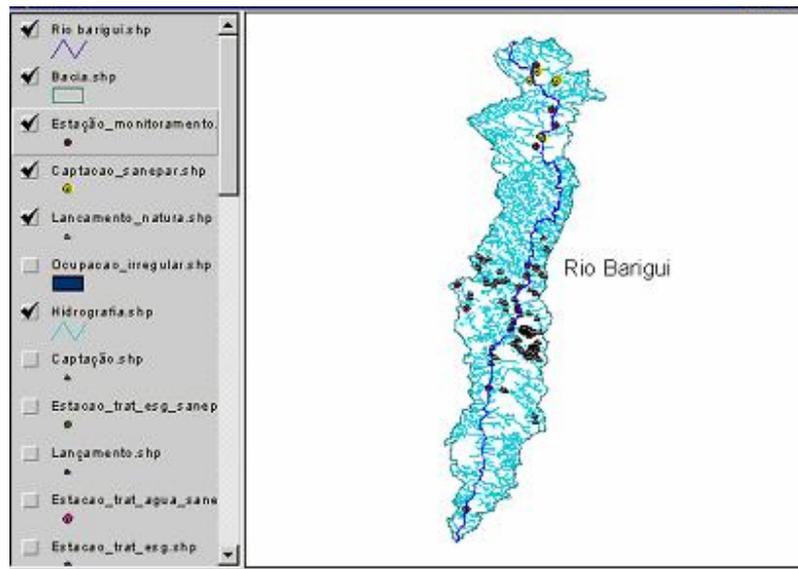


Figura 4 – Bacia hidrográfica do rio Barigui, localização das estações de monitoramento de qualidade da água, pontos de captação de água da SANEPAR e pontos de lançamento de esgoto in natura.

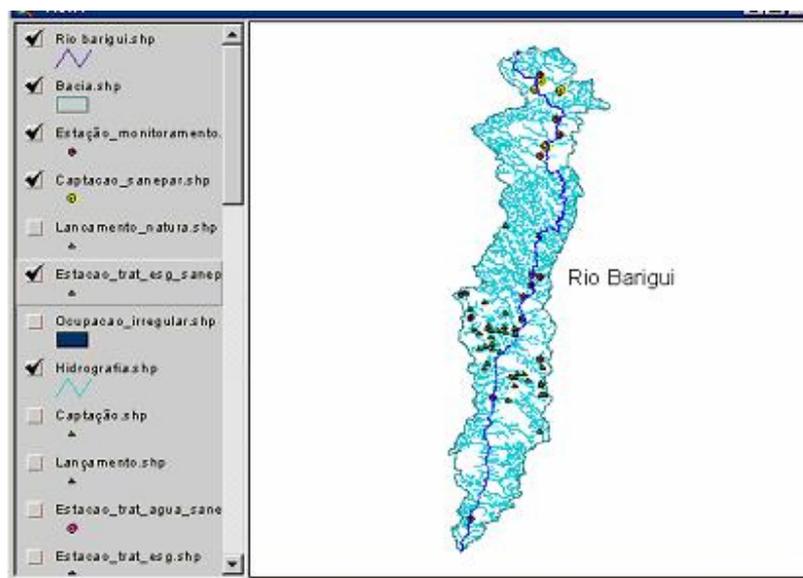


Figura 5 - Bacia hidrográfica do rio Barigui, localização das estações de monitoramento de qualidade da água, pontos de captação de água da SANEPAR e estações de tratamento de esgoto da SANEPAR

4. ANÁLISE PRELIMINAR DOS RESULTADOS

Uma das grandes motivações em gestão de recursos hídricos é a possibilidade de se compilar diversas informações fisiográficas, cartográficas e ambientais através de um completo sistema de informações georeferenciado. O que se vislumbra, a partir desta base de dados, é a possibilidade de integração com uma infinidade de ferramentas numéricas de apoio ao processo de tomada de decisões em recursos hídricos, como modelos hidrológicos, de qualidade da água e de transporte de sedimentos. Ademais, pode-se associar este potencial a ferramentas de avaliação benefício-custo, por exemplo, a possibilidade de se aferir os resultados de soluções a serem tomadas no ambiente da bacia hidrográfica, pode produzir inferências absolutamente positivas. Neste artigo, por exemplo, as figuras 3, 4, 5 mostram feições que necessitam de um controle de erros mais cuidadoso. Nestas figuras a localização precisa das informações é fundamental para a aferição dos informações hidroambientais nas estações de monitoramento.

A qualificação e validação da base cartográfica, a ser utilizada na estruturação de um sistema de informação ambiental, é de fundamental importância para se obter um padrão de precisão e acurácia para o desenvolvimento de um SIG. Somente assim, o SIG pode ser utilizado como instrumento de tomada de decisão. No entanto, projetos ambientais e de recursos hídricos usam indiscriminadamente informações digitais sem qualquer preocupação com os aspectos qualitativos e quantitativos da base digital.

O presente estudo, é uma inserção em um ambiente de profissionais da área de recursos hídricos, destacando a importância do conhecimento da qualidade da base cartográfica que está sendo utilizada em ambiente de geoprocessamento, em especial, no caso específico da bacia do Rio Barigui. A principal contribuição deste artigo, é o de explorar a metodologia aqui aplicada, baseada no decreto 89.817/84, que estabelece o padrão de erro cartográfico.

A análise estatística preliminar da base cartográfica utilizada aqui aponta para uma classificação B, sendo aceitável para implementação de um sistema ambiental. Mais pontos de controle deverão ser incluídos na amostra, aumento assim a confiabilidade da classificação da base cartográfica.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSAD, E.D.; SANO, E.E. **Sistema de Informações Geográficas: Aplicações na Agricultura**. Embrapa, 1998. 434p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Execução de Levantamento Topográfico, NBR 13133**. Rio de Janeiro, 1994, 35p.
- BRITO, J.L. **Proposta de Metodologia para a Classificação de Documentos Cartográficos**. Revista Brasileira de Cartografia, Rio de Janeiro, n.41, 1987, p. 27-42.
- SILVA, X. **Geoprocessamento e Análise Ambiental**. Revista Brasileira de Geografia, v. 54, 1992, p. 47-61.
- BURROUGH, P.A.; McDONNELL, R.A. **Principles of Geographical Information Systems**, Oxford University Press, 1998. 333p.
- FILL, H.D.; SANTOS, I. **PEN-04 – Modelagem Hidrológica e Ambiental de Bacias Hidrográficas: Relatório Final**. Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, UFPR. 2000, 85p.
- MAIDMENT, D.R. **Environmental modeling with GIS**. In M.F. Goodchild, L.t. Steyart, B.O. Parks, C. Johnston, D., Maidment, M., Crane, and S. Glendinning (eds.), GIS and Environmental Modeling: Progress and Research Issues. GIS World Books, Fort Collins, Colorado., 1996, p. 315-24.
- MOORE, I.D. **Hydrological modeling and GIS**. In M.F. Goodchild, et al., GIS and Environmental Modeling: Progress and Research Issues, 1996, p. 143-8.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à SUDERHSA pela cessão dos dados utilizados neste estudo. Este estudo só foi possível com o apoio financeiro da FINEP através do Fundo Setorial CT-Hidro.