

O uso de geotecnologias como subsídio à gestão dos recursos hídricos: o zoneamento ambiental da bacia hidrográfica do rio Capivari (SP)

Ricardo Pacheco Napoleão¹
Juércio Tavares de Mattos²

¹Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA)
Praça XV nº 42, 10º andar – 20010-010 – Rio de Janeiro – RJ, Brasil
Ricardo.Napoleao@ibama.gov.br

²Universidade Estadual Paulista – Unesp/Rio Claro – SP
Rua 10, nº 2527 – 13500-230 – Rio Claro – SP, Brasil
juercio@feg.unesp.br

Abstract. This paper corresponds of an environmental zoning of river basin Capivari in the State of São Paulo, Brazil. The methodology involves the use of routines implemented in the GIS Idrisi 32 with the aim of implementing logical criteria applied to information in a geographic database, in order to define classes of zoning, an exercise in methodology applied to river basin Capivari with the objective to support the management of water resources in this catchment. The main result is the map of environmental zoning of river basin Capivari.

Palavras-chave: environmental zoning, gis, remote sensing, zoneamento ambiental, sig, sensoriamento remoto.

1. Introdução

A crescente preocupação com os problemas relacionados com a degradação dos recursos naturais e, em particular, com a degradação dos recursos hídricos no Brasil, tem levado as entidades governamentais dedicadas ao planejamento e gestão ambiental a concentrarem esforços na elaboração de projetos voltados ao equacionamento dos problemas associados ao uso múltiplo do recurso água.

Segundo Benneti (1993) e Lanna (1993) a gestão dos recursos hídricos fluviais vem sendo colocada como fator estratégico na política governamental de meio ambiente e de desenvolvimento devido ao elevado grau de alteração dos geossistemas e ecossistemas fluviais ocasionada pelas atividades socioeconômicas. Essas atividades, por não terem sido coordenadas de maneira planejada, vêm comprometendo continuamente a disponibilidade e a qualidade dos recursos hídricos. Esta gestão tem sido colocada como estratégica devido a condição de dependência e vulnerabilidade das atividades econômicas e sociais frente à escassez e diminuição da qualidade das águas. Segundo Lanna (1995) a necessidade de gestão dos recursos hídricos surge da preocupação das entidades governamentais (em nível federal, estadual e municipal) com a crescente demanda nacional para as atividades econômicas e sociais. Esta preocupação governamental cristaliza-se por meio do surgimento de legislação ambiental específica, como a Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, que trata da Política Nacional dos Recursos Hídricos, assim como a ação mais pragmática, com a criação dos comitês e agências de bacias em diversas regiões do país.

A realização de estudos voltados ao planejamento e gestão ambiental utilizando bacias hidrográficas, que segundo Lanna (1995) são reconhecidas como unidades ideais para a prática da gestão e planejamento ambiental, constitui-se um objeto de pesquisa importante para a análise das questões ambientais.

Em meio a estas questões, percebe-se que o estudo integrado do meio ambiente, por meio das geotecnologias, pode fornecer contribuições ao estudo das práticas sociais e do seu relacionamento com a dinâmica física e biológica do ambiente em que a sociedade se insere.

A investigação das práticas sociais envolvidas na geração e intensificação de desequilíbrios ambientais, a diagnose ambiental e a proposição de medidas que atuem diretamente no reordenamento territorial, a partir da visão da inadequação de determinados usos dos solos, assim como a definição de práticas direcionadas à gestão racional da natureza, vem tornando cada vez mais pertinente a formulação de projetos de pesquisa voltados à quantificação e qualificação dos problemas que afetam negativamente a qualidade de vida das comunidades em diversas escalas espaciais. Neste contexto, o Zoneamento Ambiental vem configurando uma prática de ordenamento territorial de significativa relevância para o desenvolvimento sustentado, envolvendo estratégias para melhoria e disciplina das relações entre o sistema socioeconômico e os geossistemas com o objetivo de normatização do uso do território para conservação dos recursos hídricos em uma bacia hidrográfica.

A geração de produtos cartográficos que expressem o nível de conhecimento científico e tecnológico disponível para compreender e integrar as variáveis físicas e socioeconômicas e projetar o comportamento do ambiente segundo suas reais potencialidades e vulnerabilidades, representa um campo de estudos de grande importância no âmbito da pesquisa ambiental. Neste sentido, o presente trabalho se insere nessa linha de estudos que buscam a aplicabilidade da base de conhecimentos teóricos e metodológicos produzidos na região sobre o tema, contribuindo com o fornecimento de metodologias em análise espacial para subsidiar o processo de gestão dos recursos hídricos.

Neste contexto, a bacia hidrográfica do rio Capivari, localizada no interior do Estado de São Paulo, junto com as demais bacias da região, vem assumindo destaque nos estudos dessa natureza, apresentando condições críticas no trecho que abrange os municípios de Campinas, Monte Mor, Capivari, Rafard, entre outros, conforme apontado em diversos diagnósticos e relatórios ambientais elaborados pelo Consórcio Intermunicipal das Bacias do Rio Piracicaba e Capivari, Cetesb, DAEE, CBH-PCJ (Comitê de Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá), SEMA, entre outros. Esta constatação ocorre não apenas devido ao processo histórico de ocupação e degradação dos solos, mas especialmente pelo significativo processo de concentração industrial e urbana, iniciado na 2^a metade do século XX.

Ante esse diagnóstico, a bacia hidrográfica em epígrafe qualifica-se como uma área de estudo que atende aos requisitos para aplicação de estudos que envolvam o emprego de metodologias desenvolvidas no âmbito das geotecnologias aplicadas aos instrumentos de planejamento territorial.

2. Metodologia de Trabalho

A metodologia de zoneamento ambiental proposta como subsídio à gestão dos recursos hídricos tem como base informações espaciais que expressem o potencial de retenção hídrica dos solos e a vulnerabilidade das terras aos processos erosivos. Essas duas variáveis espaciais podem ser consideradas como essenciais para o processo de planejamento e gestão dos recursos hídricos em bacias hidrográficas. Na aplicação metodológica, as informações de potencial de retenção hídrica dos solos e a de vulnerabilidade aos processos erosivos foram obtidas com base na aplicação de critérios lógicos em informações contidas em um banco de dados geográficos, em rotinas implementadas no SIG Idrisi 32. As informações consideradas para obtenção dessas informações de síntese incluem as de natureza geológica, geomorfológica, pedológica, climática, de uso da terra e de cobertura vegetal. Estas informações, combinadas por meio de técnicas de análise espacial em SIG, constituem indicadores da ocorrência de ambos fenômenos.

A consideração das informações de uso do solo e de cobertura vegetal é um fator essencial quando se quer propor mudanças na ordenação territorial, o que reforça a importância das geotecnologias e seu uso aplicado ao zoneamento ambiental enquanto

instrumento de planejamento do território, conforme já apontado por Jain e Singh (2003). Neste sentido, a metodologia incorpora o uso de informações sobre o uso do solo e de cobertura vegetal como uma etapa necessária para o diagnóstico das características espaciais do território a ser investigado. Estas informações foram obtidas com base na interpretação de imagens de satélite utilizando-se como ferramentas rotinas implementadas no SIG Idrisi 32. Foi utilizado como material para obtenção destas informações as imagens produzidas pela Embrapa Monitoramento por Satélite (Landsat 5), tendo como referência as seguintes publicações: a Carta de Utilização das Terras do Estado de São Paulo, IGC, escala 1 : 250.000, folha de Campinas (1980) e o levantamento de cobertura vegetal natural do Estado de São Paulo – tabelas de quantificação por município – Projeto Olho Verde – DEPRN/SMA, 1988/1989.

A análise do uso do solo e da cobertura vegetal junto ao diagnóstico da capacidade de retenção hídrica dos solos e de sua vulnerabilidade aos processos erosivos pode indicar usos restritos a determinadas classificações efetuadas para uma dada combinação ambiental, com o objetivo de recuperação ambiental da bacia hidrográfica do ponto de vista hídrico. Caso seja identificada uma situação como essa, cabe especificar na zona criada a restrição do uso ou a sua adequação às condições ambientais, propondo-se assim, um novo ordenamento territorial.

Ante ao exposto, de forma resumida, a metodologia envolve a utilização de rotinas implementadas no SIG Idrisi 32 com o objetivo de implementação de critérios lógicos aplicados às informações de um banco de dados geográficos, com o intuito de definir classes de zoneamento, em um exercício metodológico aplicado à bacia hidrográfica do rio Capivari, como subsídio à gestão dos recursos hídricos.

2.1 - Critérios

Utilizou-se como critério para a definição das classes de zoneamento a classificação das informações referentes ao potencial de retenção hídrica dos solos e da vulnerabilidade aos processos erosivos das terras. As referidas classes foram cruzadas e sobrepostas ao mapa de uso e de cobertura vegetal para a obtenção das classes de zoneamento.

Os mapas de integração possuem três variações de classes: baixa, média e alta. O cruzamento entre as classes dos mapas de integração tornou possível a criação de três pares de combinação entre as informações dos mapas de integração. Esses pares foram qualificados em até 2 graus de intensidade. O critério adotado para a qualificação foi a ocorrência da classe de intensidade “alta” para ambos os mapas de integração, seguindo a seguinte estrutura lógica:

- 1) SE Classe_Vulnerabilidade = “ALTA” E NÃO Classe_RetençãoHídrica = “ALTA”
ENTÃO
GRAU = 1;
- 2) SE NÃO Classe_Vulnerabilidade = “ALTA” E Classe_RetençãoHídrica = “ALTA”
ENTÃO
GRAU = 1;
- 3) SE NÃO Classe_Vulnerabilidade = “ALTA” E NÃO Classe_RetençãoHídrica = “ALTA”
ENTÃO
GRAU = 2;

Como é possível observar por meio dessa estrutura, o que define o grau de combinação entre os cruzamentos é a presença da classe “alta” nos planos de informação. Caso esta classe esteja presente em pelo menos um dos pares, o grau de intensidade assume o valor um e caso ele não esteja em nenhum dos pares, assume o grau dois.

2.2 - Definição das Zonas

Considerado os critérios definidos, as classes de zoneamento foram obtidas através do agrupamento dos cruzamentos das classes dos mapas de integração e dos cruzamentos desses grupos junto à variação das classes de uso e cobertura vegetal. Algumas classes de uso e cobertura vegetal foram generalizadas, como é o caso das classes “mata” e “capoeira”, assim como para as classes “solo exposto”, “cana-de-açúcar” e “culturas”, assumindo estas a denominação de atividades produtivas. A Tabela 1 mostra a definição dos graus de intensidade dos agrupamentos e a definição das classes de zoneamento com base em seu cruzamento com a variação das classes de uso e cobertura vegetal.

Tabela 1. Matriz para a definição das classes de zoneamento ambiental.

Classe de Vulnerabilidade	Classe de Retenção Hídrica	Cobertura Vegetal Natural	Atividades Produtivas	Pasto ou Campo Antrópico
Grau 1				
ALTA	MEDIA	CLASSE 1	CLASSE 4	CLASSE 3
ALTA	BAIXA			
MEDIA	ALTA			
BAIXA	ALTA			
Grau 2				
MEDIA	MEDIA	CLASSE 2	CLASSE 5	CLASSE 5
MEDIA	BAIXO			
BAIXO	MÉDIO			
BAIXO	BAIXO			

Em tese, existe a possibilidade de ocorrência de locais que apresentem a condição concomitante de alta vulnerabilidade aos processos erosivos e de alto potencial de retenção hídrica, porém a situação não foi identificada no caso do zoneamento ambiental da bacia hidrográfica do rio Capivari, considerando as informações geradas para obtenção do mapa de zoneamento ambiental. Caso a ocorrência seja identificada, deverá ser criada mais uma zona dentro da metodologia que possuirá o grau máximo de prioridade em termos de recuperação ambiental.

3 – Resultados

Como resultado da aplicação metodológica são apresentados os mapas de potencial de retenção hídrica dos solos, de vulnerabilidade aos processos erosivos, o de uso do solo e cobertura vegetal (figura 1) e o mapa resultante com a proposição de classes de zoneamento ambiental da bacia hidrográfica do rio Capivari demonstrado na figura 2.

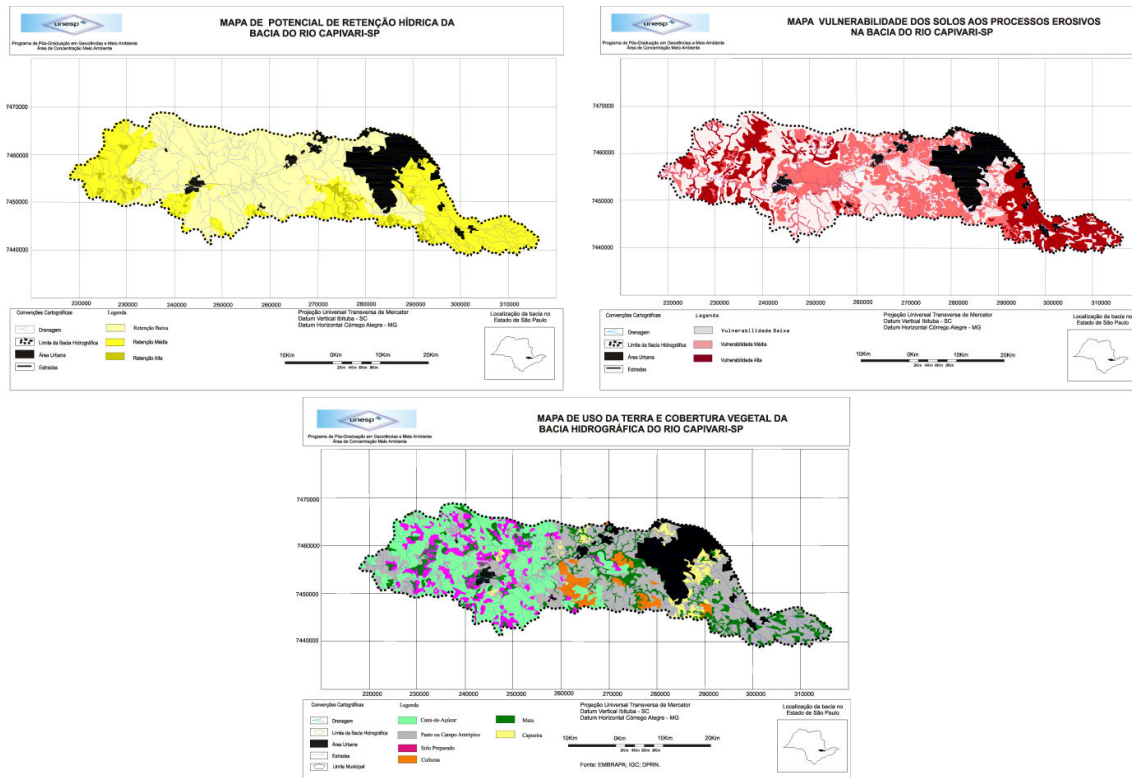


Figura 1. Mapas de base para o zoneamento ambiental.

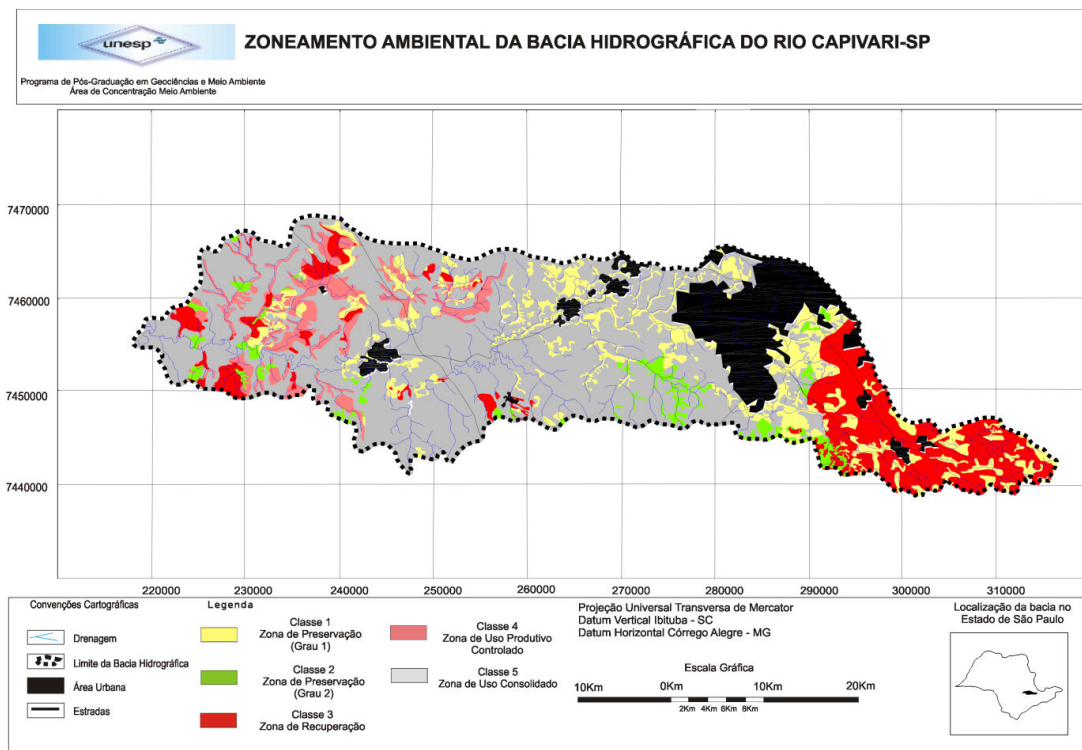


Figura 2. Mapa de zoneamento ambiental da bacia do rio Capivari-SP.

A aplicação metodológica no caso específico desta bacia hidrográfica originou a constituição de 5 zonas descritas a seguir.

3.1 - Descrição das Zonas

3.1.1 - Classe 1 – Zona de Preservação Grau 1

Constituem-se zonas onde existe a presença das feições de cobertura vegetal nativa e que estão presentes em áreas classificadas como de “alta” potencialidade de retenção hídrica ou de “alta” vulnerabilidade aos processos erosivos.

Essas zonas devem ser preservadas com o intuito de manutenção de fatores que atenuam a formação de processos erosivos ou aumentam a capacidade do solo de reter água, aumentando teoricamente o potencial hídrico da bacia hidrográfica. Também devem ser preservadas para a manutenção de espécies nativas da mata atlântica, bem como para manutenção da beleza cênica da paisagem.

Essas zonas apresentam maior prioridade na ação concernente à preservação dos componentes ambientais para a gestão dos recursos hídricos.

3.1.2 - Classe 2 – Zona de Preservação Grau 2

Essa zona é formada pela presença das áreas de cobertura vegetal “mata” e “capoeira” que não se encontram dentro de áreas definidas como de alta capacidade de retenção hídrica nem de alta vulnerabilidade aos processos erosivos. Áreas contidas nesta zona devem ser destinadas à preservação de remanescentes da mata original e/ou reflorestada, assim como da vegetação rasteira que compõe a paisagem, dando-lhe, em ambos os casos, beleza cênica e proteção às margens dos rios.

3.1.3 - Classe 3 – Zona de Recuperação

São zonas classificadas como de alta vulnerabilidade aos processos erosivos ou de alta potencialidade de retenção hídrica. Invariavelmente, essas áreas se encontram dentro da classe “pasto ou campo antrópico”, definida pelo mapeamento de uso e ocupação do solo.

Essas zonas devem ser destinadas a projetos de reflorestamento de espécies originárias da mata atlântica para a recuperação de condições ambientais anteriores à ocupação humana ou atenuação de processos ambientais considerados negativos para a gestão dos recursos hídricos.

São áreas que devem ser destinadas prioritariamente para a recomposição das reservas legais das propriedades rurais da bacia hidrográfica do rio Capivari, bem como, a recuperação das áreas de preservação permanente.

3.1.4 - Classe 4 – Zona de Uso Produtivo Controlado

São zonas definidas pelo mapa de uso como de produção agrícola que apresentam classes alto potencial de retenção hídrica ou de alta vulnerabilidade aos processos erosivos. Não foi encontrada nenhuma ocorrência de áreas de produção agrícola que apresentasse concomitantemente a classe alta, tanto para o potencial de retenção hídrica quanto para a vulnerabilidade aos processos erosivos.

Nessas zonas devem ser aplicados incentivos e medidas de fiscalização para a manutenção ou a implementação de técnicas de produção agrícolas conservacionistas, principalmente no tocante à compactação do solo por máquinas agrícolas. Nessas zonas são poucas as áreas onde se apresenta alta vulnerabilidade aos processos erosivos, mas ainda sim

é aconselhável a aplicação, implementação e a manutenção de técnicas de conservação do solo com relação aos processos erosivos, principalmente em culturas localizadas em encostas.

Na existência de propriedade rural com a necessidade de recuperação das reservas legais, essas áreas devem ser prioritárias para a implantação de projetos de recuperação ambiental com esta finalidade.

Na existência de áreas de preservação permanente circunscritas nessas zonas, as mesmas naturalmente devem ser reclassificadas como áreas de recuperação, independente de sua condição relacionada à questão produtiva.

3.1.5 - Classe 5 – Zona de Uso Consolidado

São zonas que podem apresentar usos territoriais diversos associados à reprodução social ou do capital e que apresentam concomitantemente um condição relativa de média a baixa ocorrência de processos erosivos e ou de potencial de retenção hídrica. No caso específico do mapeamento de uso do solo e de cobertura vegetal da bacia hidrográfica do rio Capivari, predominam as atividades de cultivo de cana-de-açúcar, culturas anuais, hortifrutigranjeiros, pastagens e campo antrópico.

Nessas zonas recomenda-se a manutenção e a expansão de culturas produtivas mediante um estudo de aptidão agrícola das terras e da implantação de práticas moderadas de conservação dos solos.

Em zonas de uso consolidado próximas aos limites das cidades existe a possibilidade de se manter o atual uso ou de serem destinadas à expansão urbana ou industrial, assim como à implantação de atividades pastoris.

Na existência de propriedades rurais com a necessidade de recuperação das reservas legais ou na existência de áreas de preservação permanente circunscritas nessas zonas, essas áreas naturalmente devem ser reclassificadas como áreas de recuperação, independente de sua condição relacionada a média ou baixa vulnerabilidade aos processos erosivos ou de potencial de retenção hídrica, bem como de sua condição produtiva.

4. Conclusões

O zoneamento ambiental aqui praticado constitui-se um instrumento de ordenamento territorial que pode vir a ser, do ponto de vista metodológico, um entre outros subsídios para o processo de planejamento e gestão dos recursos hídricos da bacia do rio Capivari.

O zoneamento proposto deve ser interpretado como uma proposta metodológica para o ordenamento territorial de bacias hidrográficas em que o objetivo final é a normatização do uso do solo para conservação dos recursos hídricos.

No zoneamento ambiental proposto existe uma limitação com relação à escala cartográfica de abordagem, portanto as zonas devem ser interpretadas como uma área que integra informações produzidas em um escala cartográfica de baixa precisão. A ideia expressa neste zoneamento é que as zonas definidas sirvam como um exemplo metodológico para estudos mais precisos que levem em consideração informações ambientais em maiores escalas. Complementando essa ideia, a grande tendência para a gestão dos recursos hídricos é adotar as sub-bacias hidrográficas (microbacias) como unidade territorial básica de execução dos projetos de revitalização de bacias hidrográficas. Nesse sentido, estudos genéricos são úteis para a definição de prioridades com relação à aplicação dos recursos financeiros em uma grande bacia hidrográfica.

Em termos de viabilização dos zoneamentos ambientais em bacias hidrográficas como suporte à gestão dos recursos hídricos, considerando os aspectos legais relativos ao meio ambiente, a aplicação do código florestal na bacia do rio Capivari e em outras bacias hidrográficas poderá criar grandes benefícios com relação aos problemas relativos à erosão

dos solos e à escassez de água. A recuperação e proteção das matas ciliares e a definição de reservas legais em propriedades rurais contribuiriam muito com a recuperação parcial das condições ambientais da área. Estas ações são independentes de qualquer zona proposta em qualquer zoneamento ambiental estabelecido para uma determinada bacia hidrográfica. Nesse sentido, as zonas definidas podem ser consideradas como uma indicação territorial prioritária para execução de projetos de recuperação ambiental de reservas legais e de áreas de preservação permanente.

Um outro instrumento legal que pode também ser usado para a efetivação do zoneamento ambiental para o planejamento dos recursos hídricos é a Lei Federal nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, pois na Seção I, referente aos Planos de Recursos Hídricos, o artigo 7º, inciso X, estabelecem propostas para a criação de áreas sujeitas a restrição de uso, com vistas à proteção dos recursos hídricos.

O Código Florestal e a Política Nacional de Recursos Hídricos são apenas dois exemplos legais referentes à esfera nacional para a viabilização de zoneamentos ambientais, mas cabe ressaltar a importância das resoluções do Comitê de Bacias Hidrográficas do Rio Piracicaba, Capivari e Jundiá (CBH-PCJ) e dos demais comitês já implantados, que incidem diretamente sobre a realidade local, tendo que inclusive serem aprovadas pelo seu Conselho, que conta com a participação dos representantes dos governos e dos usuários. É plausível acreditar que serão resoluções destes comitês, com base em zoneamentos ambientais e com o respaldo das leis mencionadas, que tornarão possível a viabilização de zonas definidas por esses mesmos zoneamentos.

Referências

- Beneti, A. O Meio ambiente e os recursos hídricos. In: Tucci, C.E.M. (org.) **Hidrologia – Ciência e aplicação**. Porto Alegre : Edusp, 1993. 952p.
- Jain, S. K; Singh, V. P. **Water resources systems planning and management**. Amsterdam : Elsevier, 2003. 863p.
- Lanna, A. E. L. Gestão dos recursos hídricos. In: Tucci, C.E.M. (org.) **Hidrologia – Ciência e aplicação**. Porto Alegre : Edusp, 1993. 952p.
- Lanna, A. E. L. **Gerenciamento de bacia hidrográfica : Aspectos conceituais e metodológicos**. Brasília : IBAMA, 1995. 171p.
- Moraes, A. C. R. **Meio ambiente e ciências humanas**. São Paulo: Hucitec, 1994. 100p.