

Coleção UAB–UFSCar

Engenharia Ambiental

Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos

Kelly Cristina Tonello
(organizadora)

Gestão e Planejamento de Recursos Hídricos no Brasil

conceitos, legislações e aplicações

Gestão e Planejamento de Recursos Hídricos no Brasil

conceitos, legislações e aplicações



Reitor

Targino de Araújo Filho

Vice-Reitor

Pedro Manoel Galetti Junior

Pró-Reitora de Graduação

Emília Freitas de Lima



Secretária de Educação a Distância - SEaD

Aline Maria de Medeiros Rodrigues Reali

Coordenação UAB-UFSCar

Claudia Raimundo Reyes

Daniel Mill

Denise Abreu-e-Lima

Joice Otsuka

Marcia Rozenfeld G. de Oliveira

Sandra Abib

Coordenador do Curso de Engenharia Ambiental

Luiz Márcio Poiani

UAB-UFSCar

Universidade Federal de São Carlos

Rodovia Washington Luís, km 235

13565-905 - São Carlos, SP, Brasil

Telefax (16) 3351-8420

www.uab.ufscar.br

uab@ufscar.br

Kelly Cristina Tonello

(organizadora)

Gestão e Planejamento de Recursos Hídricos no Brasil

conceitos, legislações e aplicações

São Carlos

2011

© 2011, dos autores

Concepção Pedagógica

Daniel Mill

Supervisão

Douglas Henrique Perez Pino

Equipe de Revisão Linguística

Ana Luiza Menezes Baldin

Clarissa Neves Conti

Daniela Silva Guanais Costa

Francimeire Leme Coelho

Jorge Ialanji Filholini

Letícia Moreira Clares

Luciana Rugoni Sousa

Paula Sayuri Yanagiwara

Sara Naime Vidal Vital

Equipe de Editoração Eletrônica

Christiano Henrique Menezes de Ávila Peres

Izis Cavalcanti

Rodrigo Rosalis da Silva

Equipe de Ilustração

Jorge Luís Alves de Oliveira

Lígia Borba Cerqueira de Oliveira

Priscila Martins de Alexandre

Capa e Projeto Gráfico

Luís Gustavo Sousa Sguissardi

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	11
---------------------------	----

UNIDADE 1: Água: conceitos, dinâmica e distribuição

Kelly Cristina Tonello

1.1 Primeiras palavras	15
1.2 Problematizando o tema	15
1.3 Distribuição hídrica mundial	16
1.4 Divisão hidrográfica nacional	18
1.5 Considerações finais	20
1.6 Estudos complementares	21
1.7 Referências	21

UNIDADE 2: A Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil

Rafael Mingoti

Luiz Carlos de Faria

Kelly Cristina Tonello

2.1 Primeiras palavras	25
2.2 Problematizando o tema	25
2.3 Bases legais para a gestão de recursos hídricos	26
2.3.1 Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos	27
2.3.2 Instrumentos de Gestão	28

2.3.3	Planos de Recursos Hídricos	29
2.3.4	Enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água	29
2.3.5	Outorga dos direitos de uso de recursos hídricos	32
2.3.6	Cobrança pelo uso de recursos hídricos	33
2.4	Procedimentos para obtenção da outorga de direito de uso	34
2.4.1	Outorga pela ANA	36
2.4.2	Outorga no Estado de São Paulo	37
2.5	Solução de conflitos na tomada de decisão pelo uso da água	40
2.6	Considerações finais	45
2.7	Estudos complementares	45
2.8	Referências	46

UNIDADE 3: O Manejo de Bacias Hidrográficas no Gerenciamento de Recursos Hídricos

Herly Carlos Teixeira Dias
Vanessa Pataro Maffia
Otávio Surian Gamba
Alexandre Simões Lorenzon
Ana Paula Vilela Carvalho

3.1	Primeiras palavras	51
3.2	Problematizando o tema	51
3.3	Bacias Hidrográficas	52
3.4	Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas	54
3.5	Aumento da Infiltração e estocagem de água no solo	57

3.6	Contenção de enxurradas	58
3.7	Recuperação Ambiental	59
3.8	O Manejo de Bacias Hidrográficas como instrumento para o Gerenciamento	61
3.9	Considerações finais.....	63
3.10	Referências	63

UNIDADE 4: Geotecnologias como suporte para o planejamento e gestão de Bacias Hidrográficas

Roberta de Oliveira Avena Valente

Carlos Alberto Vettorazzi

Rubens Angulo Filho

4.1	Primeiras palavras.....	67
4.2	Problematizando o tema	67
4.3	Geotecnologias.....	68
4.3.1	Sistemas Globais de Posicionamento e navegação por satélite.....	68
4.3.2	Sensoriamento Remoto.....	72
4.3.3	Sistemas de Informações Geográficas.....	74
4.4	Exemplos de aplicação: definição de áreas prioritárias à conservação florestal por meio do método da média ponderada ordenada	76
4.5	Considerações finais.....	81
4.6	Estudos complementares	81
4.7	Referências	82

UNIDADE 5: A Produção de Água como um Serviço Ambiental Remunerado

Kelly Cristina Tonello

Luiz Carlos de Faria

5.1	Primeiras palavras.....	87
5.2	Problematizando o tema	87
5.3	A bacia hidrográfica e a produção de água	88
5.4	O serviço ambiental “Produção de Água”	89
5.5	Estudo de caso: Comitê das Bacias Hidrográficas dos rios Sorocaba e Médio-Tietê	93
5.6	Considerações finais.....	96
5.7	Referências	97

UNIDADE 6: A Bacia Hidrográfica como unidade de planejamento: estudo de caso

Kelly Cristina Tonello

Herly Carlos Teixeira Dias

6.1	Primeiras palavras.....	101
6.2	Problematizando o tema	101
6.3	O caso da Bacia Hidrográfica da Cachoeira das Pombas	101
	6.3.1 Morfometria da Bacia Hidrográfica	102
	6.3.2 Características Biológicas	102
	6.3.3 Características Socioeconômicas	103
	6.3.4 Caracterização das nascentes e análise hidroambiental.....	104
6.4	Considerações finais.....	108

6.5	Estudos complementares	109
6.6	Referências	109

APRESENTAÇÃO

Esta obra está dividida em seis unidades que abordam desde questões gerais relacionadas ao planejamento e gerenciamento de recursos hídricos, assim como a aplicação de diversas técnicas e diversos estudos de caso.

A primeira unidade irá apresentar assuntos pautados com a dinâmica e distribuição de água no mundo, assim como o sistema de divisão nacional de Bacias Hidrográficas. Na segunda unidade, discutiremos algumas políticas de gestão de recursos hídricos, dentre elas a Política Nacional de Recursos Hídricos, seus princípios, instrumentos e diretrizes. Além disso, iremos verificar o caso de algumas bacias hidrográficas que já possuem políticas de cobrança pelo uso da água.

Na terceira unidade, iremos discutir o conceito de manejo de bacias hidrográficas, a importância do planejamento de uso e ocupação de solo, técnicas utilizadas para esse fim e suas implicações na gestão. Uma importante ferramenta no planejamento ambiental é o uso de sistemas de informações geográficas, que será apresentado na unidade 4.

Como uma nova política de incentivo à preservação ambiental e que está diretamente relacionada à produção de água em bacias hidrográficas, surgem programas de pagamento por serviços ambientais, discutidos na unidade 5.

E por fim, a unidade 6 apresentará um estudo de caso de impactos ambientais sobre recursos hídricos em uma bacia hidrográfica no Estado de Minas Gerais.

Com esse conteúdo, espera-se que o leitor, ao final desta obra possa analisar a importância das bacias hidrográficas como unidades de gerenciamento dos recursos hídricos; discutir e sistematizar conceitos sobre a gestão dos recursos hídricos; identificar os instrumentos de gestão e suas aplicações; identificar e avaliar experiências de gestão dos recursos hídricos e impactos decorrentes dos principais planos; avaliar a unidade de gerenciamento para a conservação dos recursos naturais e incentivar a pesquisa sobre a gestão de recursos hídricos, visando capacitar quadros técnicos e científicos que possam participar ativamente do sistema de gestão.

Kelly Cristina Tonello

UNIDADE 1

Água: conceitos, dinâmica e distribuição

1.1 Primeiras palavras

Esta primeira unidade tem por objetivo introduzir o grande tema *água*. Dessa forma, serão descritas e conceituadas as etapas do ciclo hidrológico, a definição do conceito de Bacia Hidrográfica e a disponibilidade e distribuição dos recursos hídricos no Brasil e no mundo. O fechamento desta unidade se dará com a divisão atual do território brasileiro em regiões hidrográficas.

1.2 Problematizando o tema

A quantidade de água existente na Terra é praticamente constante e está distribuída por uma série de ambientes (atmosfera, oceanos, lagos, etc.), os quais, no seu conjunto, constituem a Hidrosfera. Entre esses ambientes as águas circulam constante e continuamente. Esse processo repetitivo que, em médio prazo, se configura estacionário ou constante, é o chamado ciclo hidrológico ou ciclo da água.

Esse ciclo caracteriza-se pelo movimento constante da água e por sua passagem por diferentes estados físicos (sólido, líquido e gasoso), dependendo da quantidade (maior ou menor) de energia (calor) que a Terra recebe do Sol. Parte da água que chega à superfície da Terra evapora-se novamente. Essa evaporação irá formar uma umidade que precipitará sobre os oceanos e continentes. A água precipitada nos continentes pode seguir dois caminhos: parte é interceptada pela floresta, construções e etc., enquanto que a outra parte chega diretamente na superfície do solo que poderá, então, escoar pelo terreno ou infiltrar-se no solo e ser transpirada pelas plantas.

A Bacia Hidrográfica é uma área da superfície terrestre delimitada pelos pontos mais altos do relevo, na qual a água proveniente das chuvas escoar para os pontos mais baixos do terreno, formando um curso de água ou lago.

Nas Bacias Hidrográficas existem entradas e saídas de água. A chuva e o fluxo de água subterrânea são as entradas. As saídas ocorrem pela evaporação, pela transpiração das plantas e animais e pelo escoamento das águas superficiais e subterrâneas.

É extremamente importante entender o conceito de Bacias Hidrográficas, uma vez que essa é a base de toda gestão das águas no Brasil. Ao adotar a Bacia Hidrográfica como delimitação territorial para a gestão das águas, se está respeitando a divisão espacial que a própria natureza fez.

A Bacia passa a ser a unidade de planejamento, integrando políticas para a implementação de ações conjuntas visando o uso, a conservação e a recuperação

das águas. Ocorre, porém, que a delimitação territorial por Bacia Hidrográfica pode ser diferente da divisão administrativa, ou seja, da divisão por Estados e municípios. Nesse sentido, a gestão por Bacia Hidrográfica pode proporcionar uma efetiva integração das políticas públicas e ações regionais, o que por si só é muito positivo.

1.3 Distribuição hídrica mundial

Estima-se que o volume total de água na Terra é de 1.386 milhões de km³, e que este tem permanecido aproximadamente constante durante os últimos 500 milhões de anos. Vale ressaltar, contudo, que as quantidades estocadas nos diferentes reservatórios individuais de água da Terra variaram substancialmente ao longo desse período.

Com relação à distribuição dos volumes de água estocados na Terra, verifica-se que 97,5% desse total correspondem à água salgada, disponível em oceanos e somente 2,5% são de água doce.

Da água doce existente no planeta, cerca de 68,9% encontra-se nas geleiras, calotas polares ou em regiões montanhosas; 30% são águas subterrâneas; 0,9% compõe a umidade do solo e pântanos, e apenas 0,3% constitui a porção superficial da água doce presente em rios e lagos. Ou seja, o que está efetivamente acessível ao uso humano, corresponde à 0,007% do volume total de água do planeta.

A água doce não está distribuída uniformemente pelo globo. Sua distribuição está relacionada com os diversos ecossistemas da Terra. Dependendo dos ecossistemas que compõem o território de um país, este pode ter mais ou menos água disponível.

Estima-se que a demanda total de água no mundo é de aproximadamente 10% do volume total disponível. Portanto, em nível global, não há escassez hídrica, porém, a má distribuição espacial e temporal dos recursos hídricos faz com que algumas áreas sofram permanentemente por falta d'água. Outro fator importante para a determinação de zonas em que a água é um recurso escasso é a distribuição populacional na Terra.

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), um ser humano precisa de 20 a 50 litros de água por dia, uma média de 1.000 litros/hab/ano, para beber, cozinhar, tomar banho e lavar roupas e utensílios. Kuwait, Emirados Árabes, Ilhas Bahamas e Faixa de Gaza são países do Oriente Médio que praticamente não tem mais água, com disponibilidade hídrica variando entre 10 e 66 l/hab/ano. Contrapondo estes baixos números, estão Canadá, Rússia asiática, Guianas e Gabão, com uma média superior a 100.000 l/hab/ano (COSTA, 2006).

O aumento da população mundial, a poluição provocada pelas atividades humanas, o consumo excessivo e o alto grau de desperdício de água contribuem para reduzir ainda mais a disponibilidade de água para o uso humano. A população mundial aumentou três vezes durante o século XX; no mesmo período, o volume de água utilizado aumentou aproximadamente nove vezes. Ou seja, o crescimento populacional e o consumo desenfreado tornam-se cada vez mais incompatíveis com a quantidade de água disponível.

De acordo com Costa (2006), em termos mundiais, aproximadamente 1,1 bilhão de pessoas não possuem acesso à água potável e cerca de 2,4 bilhões de pessoas convivem com estruturas de saneamento inadequadas. Como resultado dessas condições precárias de saneamento e acesso à água de qualidade, quase 3,8 milhões de crianças morrem, a cada ano, de doenças de veiculação hídrica, ou seja, aquelas que têm sua transmissão relacionada com a água.

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), para cada R\$1,00 investido em saneamento básico, economiza-se de R\$4,00 a R\$5,00 em gastos com saúde pública. Nesse sentido, preservar a qualidade da água é promover a saúde dos seres humanos (COSTA, 2006).

Com relação à água, o Brasil pode se considerar um país privilegiado, pois é dono de um dos patrimônios hídricos mais importantes do planeta, com quase 12% dos recursos hídricos superficiais do mundo distribuídos em seu território de aproximadamente 8,5 milhões de km². No entanto, esta situação aparentemente favorável do país em relação a este recurso natural contrasta com a enorme desigualdade em sua distribuição.

A região Norte do país é detentora de 70% da disponibilidade de água nacional, mas possui apenas 8% da população brasileira. Já as regiões Sul e Sudeste, que juntas dispõem de apenas 12% dos recursos hídricos correspondem a quase 57% da população do Brasil (GEOBRASIL, 2007; Pereira Jr., 2004).

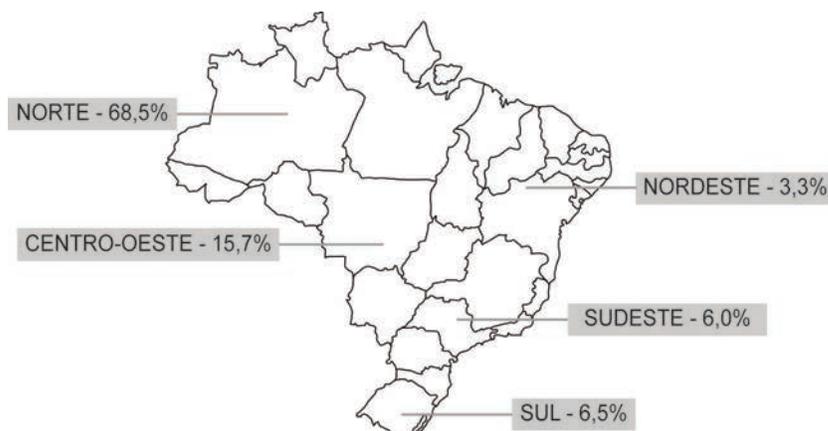


Figura 1 Distribuição de água no Brasil.

A ilusória impressão de abundância em relação aos recursos hídricos alimentou a cultura do desperdício e do descaso em sua utilização, deixando de priorizar condutas e políticas públicas que fossem dirigidas à sua gestão e conservação, provocando uma crescente escassez do recurso em condições adequadas para o seu uso (FERREIRA & FERREIRA, 2006) além da sua pequena valorização econômica.

Considerando os efeitos das atividades humanas sobre as águas, boa parte é poluidora: a ocupação das margens dos mananciais de abastecimento compromete sua qualidade; a irrigação e o escoamento superficial de áreas agrícolas carregam defensivos e substâncias químicas poluentes; a navegação lança óleos e combustíveis no meio; o lançamento de esgotos urbanos e industriais nos cursos de água provoca poluição orgânica, física, química e bacteriológica. A geração de energia elétrica, por sua vez, não é poluidora, mas provoca alteração no regime e na qualidade das águas. A construção de grandes represas, com inundação de áreas com vegetação abundante, não apenas compromete a qualidade da água, como pode repercutir em todo o meio ambiente. Estes acabam por gerar ambientes aquáticos propícios para a proliferação de vetores de doenças que ameaçam a saúde pública (SABBAG FILHO, 2006; TUCCI, 1999).

A concentração da população em determinadas regiões, é um dos principais aspectos a ser considerado, uma vez que causa impactos à saúde humana e desequilíbrios no escoamento da água, além de implicar em grandes demandas tanto para o abastecimento público quanto para dissolução de cargas poluidoras urbanas (TUNDISI, 2003).

1.4 Divisão hidrográfica nacional

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) promoveu nos últimos anos uma ampla discussão sobre os sistemas de classificação e codificação de Bacias Hidrográficas adotados no Brasil, considerando:

- a importância da redefinição da sistemática para codificação de Bacias Hidrográficas para a Política Nacional de Recursos Hídricos, o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e a gestão dos recursos hídricos no âmbito nacional, em particular para a elaboração do Plano Nacional de Recursos Hídricos;
- a necessidade de se adotar metodologia de referência que permita procedimentos padronizados de subdivisões e agrupamentos de bacias e regiões hidrográficas;
- a necessidade de sistematização e compartilhamento de informações, preconizadas na Lei nº 9.433 (Lei das águas), de 1997, requer o referenciamento

de bases de dados por Bacias Hidrográficas, unidade básica do gerenciamento de recursos hídricos.

Em 1997, o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), substituído pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), visando atender a múltiplas finalidades, inclusive para fins de codificação numérica das estações nos cursos d'água, dividiu o território nacional em oito grandes "Bacias Hidrográficas". A referida divisão facilita não só o armazenamento e recuperação das informações hidrometeorológicas, mas também o gerenciamento da operação de coleta de tais dados e a própria referência geográfica dos cursos d'água nacionais.

Dessa forma, as oito grandes bacias hidrográficas brasileiras foram codificadas e identificadas da seguinte forma:

Bacia 1: Bacia do rio Amazonas

Bacia 2: Bacia do rio Tocantins

Bacia 3: Bacia do Atlântico, Trecho Norte/Nordeste

Bacia 4: Bacia do rio São Francisco

Bacia 5: Bacia do Atlântico, Trecho Leste

Bacia 6: Bacia do rio Paraná

Bacia 7: Bacia do rio Uruguai

Bacia 8: Bacia do Atlântico, Trecho Sudeste

Todavia, essa classificação pode ser considerada como errônea, devido a dois fatos:

- As áreas delimitadas como sendo da Bacia do Rio Amazonas, da Bacia dos Rios Paraná e Paraguai e Bacia do Rio Uruguai não representavam efetivamente as bacias desses rios, uma vez que estas se estendem para fora do país;
- As áreas identificadas como Bacia do Atlântico Norte/Nordeste, Bacia do Atlântico Sudeste e Bacia do Atlântico Sul e Sudeste não são efetivamente bacias hidrográficas, mas sim conjuntos de diversas bacias hidrográficas de diferentes rios que deságuam no Oceano Atlântico.

A fim de corrigir esses erros é que a Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) n°32, de 15 de outubro de 2003, instituiu a nova Divisão Hidrográfica Nacional, onde o termo Bacia Hidrográfica foi substituído por região hidrográfica, com a finalidade de orientar, fundamentar e implementar o

Plano Nacional de Recursos Hídricos. Nela, foi considerada, como região hidrográfica, o espaço territorial brasileiro compreendido por uma bacia, grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas com características naturais, sociais e econômicas homogêneas ou similares, com vistas a orientar o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos. A Divisão Hidrográfica Nacional adotada foi a defendida pelo IBGE, por uma Nota Técnica encaminhada ao CNRH, contendo dois níveis de classificação: nível I – 12 regiões hidrográficas (Figura 2); nível II – 30 bacias/regiões hidrográficas.

Vale à pena lembrar que, diferentemente das bacias hidrográficas que podem ultrapassar as fronteiras nacionais por conta dos divisores de água, as regiões hidrográficas, como são estabelecidas por legislação nacional, estão restritas ao espaço territorial das vinte e sete unidades federativas brasileiras.



Figura 2 Divisão do território nacional em doze regiões hidrográficas de acordo com CNRH 32/2003.

Fonte: CNRH, 2003.

1.5 Considerações finais

Além dos dados referentes aos parâmetros do ciclo hidrológico, é fundamental o conhecimento das vazões requeridas por usuário dos recursos hídricos e benefícios gerados para subsidiar a tomada de decisão dos gerenciadores dos recursos hídricos de uma dada localidade ou bacia hidrográfica. Por isso a necessidade do conhecimento quanto à disponibilidade hídrica e suas demandas

do qual depende o sucesso da gestão, de forma à também subsidiar o planejamento de uma dada região.

1.6 Estudos complementares

Para mais informações, consulte os sites:

- Agência Nacional de Águas: www.ana.gov.br
- Agência Nacional de Energia Elétrica: www.aneel.gov.br
- Ministério do Meio Ambiente: www.mma.gov.br/
- Conselho Nacional de Recursos Hídricos: www.cnrh.gov.br
- UNESCO: www.unesco.org.br
- Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação - FAO: www.fao.org.br
- Organización Mundial de la Salud – OMS: www.who.int/es

1.7 Referências

GEO Brasil. *Recursos hídricos: resumo executivo*. Ministério do Meio Ambiente; Agência Nacional de Águas; Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Brasília: MMA; ANA, 2007. 60 p.

CNRH. *Resolução n. 32, de 15 de outubro de 2003*. Anexo I. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2003.

COSTA, A. L. *Água: manual de uso vamos cuidar de nossas águas implementando o Plano Nacional de Recursos Hídricos*. Brasília: MMA/SRH, 2006. 105p.

FERREIRA, G. L. B. V.; FERREIRA, N. B. V. *Fundamentos da Política Nacional dos Recursos Hídricos*. In: SIMPEP,13., 2006, Bauru. Anais... Bauru, 2006.

Pereira Jr., J. S. *Processo legislativo e organização institucional da gestão de recursos hídricos no Brasil*. Brasília: Consultoria Legislativa da Câmara dos deputados, 2004. 20p

SABBAG FILHO, O. *Diretrizes para a Recuperação e Conservação Ambiental de Mananciais de Abastecimento de Água Comprometidos por Ocupações Irregulares*. 2006. 137 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

TUCCI, C. E. M. *Água no Meio Urbano*. In: *Águas Doce do Brasil*. Rebouças, A C.; Braga, B. P. F; Tundisi, J. G. São Paulo: Escrituras. 1999. p. 475-508

TUNDISI, J. G. *Água no século XXI: Enfrentando a Escassez*. São Carlos, Ed. Rima, 2003.

_____. *Limnologia no século XXI: perspectivas e desafios*. Instituto Internacional de Limnologia, São Carlos, SP, 1999. 24 p.

Rafael Mingoti
Luiz Carlos de Faria
Kelly Cristina Tonello

UNIDADE 2

A Gestão de Recursos Hídricos no Brasil

2.1 Primeiras palavras

Esta unidade irá introduzir o sistema de legislação pertinente ao planejamento e gestão de recursos hídricos, desde sua história de implantação, até os instrumentos atuais. Serão apresentados também alguns estudos de caso quanto às políticas de cobrança pelo uso da água.

2.2 Problematizando o tema

“Na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma”. A água talvez seja o elemento que melhor exemplifica essa célebre frase do grande cientista Lavoisier. Isso porque a quantidade de água na Terra é praticamente a mesma há centenas de milhões de anos, quando ainda os dinossauros vagavam pelo planeta. O responsável por esse fenômeno é um processo chamado de Ciclo das Águas ou Ciclo Hidrológico.

Apesar da quantidade não se alterar, a distribuição de água nas diferentes regiões do planeta sofreu drásticas mudanças ao longo dos tempos. Além disso, as atividades humanas têm diminuído a qualidade dos recursos hídricos, a ponto de em certos locais torná-los indisponíveis para o consumo humano. Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), cerca de 2 bilhões de pessoas têm problemas com água, seja pela sua pouca quantidade ou pela sua qualidade, imprópria para consumo. Segundo a entidade, se não forem adotadas medidas para conter o consumo excessivo e diminuir a poluição, dentro de 25 anos cerca de 4 bilhões de pessoas não terão água suficiente nem mesmo para as necessidades básicas para a sua sobrevivência.

Os graves problemas ocasionados pelo uso desordenado da água levaram muitos países a adotarem sistemas organizacionais de gestão dos recursos hídricos, tendo em vista sua escassez e as ilimitadas necessidades humanas.

Pode-se entender como gestão, o uso de diferentes ferramentas e métodos para traçar e alcançar diferentes objetivos. Em relação aos recursos hídricos, uma das etapas da gestão é o planejamento de um conjunto de procedimentos que visam o atendimento das demandas por água, considerando a disponibilidade restrita desse recurso. Além disso, o processo de gestão deve garantir que as metas e objetivos traçados possam ser alcançados de uma forma otimizada, garantindo assim a satisfação dos anseios atuais de toda a sociedade, sem comprometer os das gerações futuras, como preconizado pelo desenvolvimento sustentável.

2.3 Bases legais para a gestão dos recursos hídricos

Na década de 1960, países como Estados Unidos, França, Alemanha e Grã-Bretanha renovaram suas leis e instituições à procura de maior eficácia na recuperação e conservação dos recursos hídricos. No Brasil, na década de 1930 o Código de Águas (Decreto 24.643, de 10 de julho de 1934) já tratava do assunto. Percebeu-se, entretanto, que tal ordenamento jurídico não foi capaz de combater o desequilíbrio hídrico e os conflitos de uso que se intensificaram após a Revolução Industrial. Ele tampouco foi capaz de modificar o processo de gestão centralizada da época. Somente em 1997, a Lei Federal 9.433 estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos e instituiu o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh). E até hoje, esta é a principal legislação que trata dos recursos hídricos no Brasil.

Dentre os objetivos da Lei Federal 9.433/97, para a Política Nacional de Recursos Hídricos, é importante destacar: a garantia da disponibilidade de água para as gerações atuais e futuras, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; a utilização racional e integrada com vistas ao desenvolvimento sustentável e a prevenção e à defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural (cheias e secas) ou decorrentes do uso inadequado dos recursos hídricos.

Como princípios de gestão, a Lei 9.433/97 apresenta:

- Reconhecimento da água como um bem público, finito e vulnerável, dotado de valor econômico;
- Necessidade do uso múltiplo das águas: gestão integrada;
- Prioridade do uso dos recursos hídricos em situações de escassez: consumo humano e dessedentação de animais;
- Adoção da bacia hidrográfica como unidade territorial de planejamento e gestão das águas: gestão descentralizada;
- Participação dos diferentes níveis do poder público, dos usuários e da sociedade civil no processo de tomada de decisão: gestão participativa.

Ainda, aspectos como indissociabilidade de qualidade e quantidade de água; a adequação às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do país; e a integração com a gestão ambiental, com a gestão dos sistemas estuarinos e costeiros, e a articulação com a gestão do uso do solo foram estabelecidas como *diretrizes* da Lei das Águas.

2.3.1 Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

O Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh) constitui-se em um conjunto de mecanismo jurídico-administrativos, sejam leis, instituições ou instrumentos de gestão, com a finalidade de colocar em prática a Política Nacional dos Recursos Hídricos, dando suporte técnico e institucional para o gerenciamento de recursos hídricos do País sendo elo entre todos os seus instrumentos.

O Singreh foi criado com o objetivo de coordenar a gestão integrada das águas; de arbitrar administrativamente os conflitos relacionados com os recursos hídricos; de implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos; de planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos; e promover a cobrança pelo uso do mesmo. Sua composição inclui as seguintes entidades:

- a) Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH): organismo colegiado, consultivo, normativo e deliberativo composto por representantes dos setores usuários de água, governo e sociedade civil organizada. Tem como competências: promover a articulação do planejamento de recursos hídricos com os planejamentos nacional, regionais, estaduais e dos setores usuários; arbitrar os conflitos existentes entre Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos; estabelecer critérios gerais para a outorga de direito de uso destes recursos; analisar propostas de alteração da legislação pertinente a recursos hídricos, e estabelecer diretrizes complementares para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos.
- b) Agência Nacional de Águas (ANA): vinculada ao Ministério do Meio Ambiente (MMA), cuja função principal é a de implementar os instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, outorgar, fiscalizar e cobrar o uso dos recursos hídricos de domínio de União.
- c) Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal: da mesma forma que o CNRH, estes são organismos colegiados, consultivos, normativos e deliberativos, compostos por representantes dos setores usuários de água, governo e sociedade civil organizada. As competências dos conselhos estaduais, com alguma variação de Estado para Estado, acompanham as do CNRH, só que no âmbito estadual.
- d) Comitês de Bacia: organismos colegiados, consultivos e deliberativos, que constituem a base do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. São compostos por representantes do governo, da União, estados, Distrito Federal, municípios, entidades civis de recursos hídricos

e dos diversos setores de usuários das águas da bacia hidrográfica. Também conhecidos como *parlamentos das águas*, os comitês podem ser de rios federais ou de rios estaduais conforme a dominalidade de suas águas. Dentre as atribuições dos comitês, destacam-se: promover o debate sobre questões relacionadas aos recursos hídricos e articular a atuação das entidades intervenientes; arbitrar conflitos relacionados aos recursos hídricos; aprovar o Plano de Recursos Hídricos da Bacia e acompanhar sua execução; estabelecer os mecanismos de cobrança pelo uso de recursos hídricos e sugerir os valores a serem cobrados, dentre outras.

- e) Órgãos dos poderes públicos federal, estaduais, do Distrito Federal e municipais cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos.
- f) Secretaria de Recursos Hídricos (SRH): órgão do núcleo estratégico de governo, subordinado ao Ministério do Meio Ambiente (MMA), responsável pela formulação da Política Nacional juntamente com o CNRH, exercendo ainda o papel de secretaria-executiva deste, bem como a coordenação do Plano Nacional de Recursos Hídricos.
- g) Agências de Água ou Agências de Bacia: atuam como secretaria-executiva dos Comitês, oferecendo suporte administrativo, técnico e financeiro para a implementação de suas decisões.

2.3.2 Instrumentos de Gestão

A Lei Federal nº 9.433/97 também define os instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, os quais possibilitam a sua implementação. São eles:

- Planos de Recursos Hídricos;
- Enquadramento dos corpos de água;
- Outorga dos direitos de uso de recursos hídricos;
- A cobrança pelo uso de recursos hídricos;
- Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos.

Devido a sua importância para a gestão dos recursos hídricos, tais instrumentos serão tratados individualmente a seguir.

2.3.3 Planos de Recursos Hídricos

O Plano de Recursos Hídricos deve ser realizado de forma a orientar as decisões de governo e das instituições que compõem o SINGERH, no que se refere à gestão dos recursos hídricos. Os Planos de Recursos Hídricos são planos de longo prazo, com horizonte de planejamento compatível com o período de implantação de seus programas e projetos. Os estados, e Distrito Federal, também podem elaborar Planos Regionais de Recursos Hídricos, normalmente com uma área de abrangência menor, para embasar ações dos governos locais. Assim, pode-se ter também o Plano de Recursos Hídricos por bacia hidrográfica, o qual se resume no instrumento de planejamento local onde se define como conservar, recuperar e utilizar os recursos hídricos daquela bacia.

Segundo a Lei Federal nº 9.433/97 os Planos de Recursos Hídricos deverão conter o seguinte conteúdo mínimo:

- a) Diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos;
- b) Análise de alternativas de crescimento demográfico, de evolução de atividades produtivas e de modificações dos padrões de ocupação do solo;
- c) Balanço entre disponibilidades e demandas futuras dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade, com identificação de conflitos potenciais;
- d) Metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis;
- e) Medidas a serem tomadas, programas a serem desenvolvidos e projetos a serem implantados, para o atendimento das metas previstas;
- f) Prioridades para outorga de direitos de uso de recursos hídricos;
- g) Diretrizes e critérios para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos;
- h) Propostas para a criação de áreas sujeitas à restrição de uso, com vistas à proteção dos recursos hídricos.

2.3.4 Enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água

Segundo o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH nº 12) o enquadramento dos corpos de água em classes de acordo com a função dos usos preponderantes, consiste no estabelecimento do nível de qualidade (classe) a ser alcançado e/ou mantido em um dado segmento do corpo de água ao longo do tempo.

Pelo exposto, entende-se que enquadrar um corpo d'água não significa identificar sua classe atual e sim propor que o mesmo adquira ou mantenha um nível de qualidade (classe) em determinado período, de acordo com os usos a que se destina. O enquadramento visa assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas e diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes.

O enquadramento deve se basear no Plano de Recursos Hídricos da bacia e os Planos de Recursos Hídricos Estadual ou Distrital, Regional e Nacional. Caso julguem-se insuficientes as informações dos planos, o enquadramento deve ser realizado considerando as seguintes etapas:

- a) Diagnóstico do uso e da ocupação do solo e dos recursos hídricos na bacia hidrográfica;
- b) Prognóstico do uso e da ocupação do solo e dos recursos hídricos na bacia hidrográfica;
- c) Elaboração da proposta de enquadramento;
- d) Aprovação da proposta de enquadramento e respectivos atos jurídicos.

A Resolução nº357 do Conselho Nacional do MEIO Ambiente (CONAMA) de 2005, cria treze classes de qualidade, como apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 Classes de qualidade de água de acordo com a Resolução nº357 do CONAMA de 2005.

Águas Doces (salinidade igual ou inferior a 0,5%)	
I - Classe especial, destinadas:	ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção
	à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas
	à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção
II - Classe 1, águas que podem ser destinadas:	ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado
	proteção das comunidades aquáticas;
	à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho
	à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película
III - Classe 2, águas que podem ser destinadas	à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
	ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional
	à proteção das comunidades aquáticas
	à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho
	à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto
IV - Classe 3, águas que podem ser destinadas:	à aquicultura e à atividade de pesca
	ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado
	à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras
	à pesca amadora
V - Classe 4, águas que podem ser destinadas:	à recreação de contato secundário
	à dessedentação de animais
	a) à navegação
	b) à harmonia paisagística
Águas Salinas (salinidade superior a 0,5 % e inferior a 30 %)	
I - Classe especial, destinadas:	a) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral
	b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.
II - Classe 1, águas que podem ser destinadas:	a) à recreação de contato primário
	b) à proteção das comunidades aquáticas
	c) à aquicultura e à atividade de pesca
III - Classe 2, águas que podem ser destinadas	a) à pesca amadora
	b) à recreação de contato secundário
IV - Classe 3, águas que podem ser destinadas:	a) à navegação
	b) à harmonia paisagística

Águas Salobras (salinidade igual ou superior a 30 %)	
I - Classe especial, destinadas:	a) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral
	b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas
II - Classe 1, águas que podem ser destinadas:	a) à recreação de contato primário
	b) à proteção das comunidades aquáticas
	c) à aquicultura e à atividade de pesca
	d) ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado
	e) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, e à irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto
III - Classe 2, águas que podem ser destinadas	a) à pesca amadora
	b) à recreação de contato secundário
IV - Classe 3, águas que podem ser destinadas:	a) à navegação
	b) à harmonia paisagística

2.3.5 Outorga dos direitos de uso de recursos hídricos

O uso das águas de um rio, lago ou mesmo de águas subterrâneas, está condicionado a uma solicitação previa de autorização, concessão ou licença (Outorga) ao Poder Público. O uso pode ser, por exemplo, à captação de água para processo industrial ou irrigação, ao lançamento de efluentes industriais ou urbanos, ou ainda à construção de obras hidráulicas como barragens, canalizações de rios, execução de poços profundos, etc. Em todos esses casos é necessária a solicitação de outorga para o uso.

A outorga de direito de uso ou interferência de recursos hídricos é um ato administrativo, de autorização ou concessão, mediante o qual o Poder Público faculta ao outorgado fazer uso da água por determinado tempo, finalidade e condição expressa no respectivo ato. A outorga constitui-se num instrumento da Política Estadual de Recursos Hídricos, essencial à compatibilização entre o uso e conservação dos recursos hídricos, e ela tem como objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água.

Segundo a Lei Federal nº 9.433/97, estão sujeitos a outorga pelo Poder Público os direitos dos seguintes usos de recursos hídricos:

- a) Derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo;
- b) Extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo;
- c) 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;
- d) Aproveitamento dos potenciais hidrelétricos;
- e) Outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água.
- f) Alguns usos considerados com menor potencial de causar degradação independentem de outorga, dentre estes pode-se citar:
- g) O uso de recursos hídricos para a satisfação das necessidades de pequenos núcleos populacionais, distribuídos no meio rural;
- h) As derivações, captações e lançamentos considerados insignificantes;
- i) As acumulações de volumes de água consideradas insignificantes.

Ainda segundo a Lei Federal nº 9.433/97, toda outorga estará condicionada às prioridades de uso estabelecidas nos Planos de Recursos Hídricos e deverá respeitar a classe em que o corpo de água estiver enquadrado e a manutenção de condições adequadas ao transporte aquaviário, quando for o caso. A outorga pode ainda ser suspensa parcial ou totalmente, em definitivo ou por prazo determinado, quando do não cumprimento pelo outorgado dos termos da outorga; quando da ausência de uso por três anos consecutivos; quando da necessidade premente de água para atender: (I) a situações de calamidade, inclusive as decorrentes de condições climáticas adversas; (II) de se prevenir ou reverter grave degradação ambiental; (III) de se atender a usos prioritários, de interesse coletivo, para os quais não se disponha de fontes alternativas; (IV) de serem mantidas as características de navegabilidade do corpo de água. Em todos os casos toda outorga far-se-á por prazo não excedente a trinta e cinco anos, sendo permitida a sua renovação.

2.3.6 Cobrança pelo uso de recursos hídricos

A cobrança pelo uso de recursos hídricos é também um instrumento da Política Nacional de Recursos Hídricos e objetiva reconhecer a água como bem

econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor, incentivando assim racionalização do uso da água. Ela também visa a obtenção de recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos.

Segundo a Lei Federal 9.433, na fixação dos valores a serem cobrados pelo uso dos recursos hídricos devem ser observados o volume retirado e seu regime de variação, nos casos de derivações, captações e extrações de água, o volume lançado e seu regime de variação e as características físico-químicas, biológicas e de toxicidade do afluente, nos casos de lançamentos de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos.

Visando compatibilizar o uso dos recursos hídricos com a sua conservação, os valores arrecadados com a cobrança pelo uso de recursos hídricos serão aplicados, prioritariamente, na bacia hidrográfica em que foram gerados.

2.4 Procedimentos para obtenção da outorga de direito de uso

Como foi apresentado nos tópicos anteriores, outorga é o ato administrativo mediante o qual o poder público outorgante (IEMA) faculta ao usuário (outorgado) o direito de uso dos recursos hídricos, por prazo determinado, nos termos e nas condições expressas no respectivo ato administrativo.

O documento de outorga especifica o local, a fonte, a vazão em determinado período e a finalidade do uso. Ele não confere a posse do recurso hídrico.

A outorga tem grande importância dentro da Política e do Sistema Nacional de Recursos Hídricos pois promove o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água; possibilita distribuição mais justa e equilibrada; garante o efetivo exercício dos direitos de acesso à água por parte dos usuários interessados; minimiza conflitos entre usuários; dá segurança de investimento ao usuário.

Apresentam-se no Artigo 12 da Lei 9.433/97 os direitos dos usos da água que estão sujeitos à outorga pelo Poder Público:

- I. derivação ou captação de parcela de água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público ou insumo produtivo;
- II. extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final de processo produtivo;
- III. lançamento em corpo d'água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de diluição, transporte ou disposição final;

IV. aproveitamento dos potenciais hidrelétricos;

V. outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade de água existente em um corpo de água.

São dispensados de outorga os usos e intervenções em cursos d'água de: (I) serviços de limpeza e conservação das margens desde que não interfiram no regime hídrico; (II) obras de travessia que não interfiram na quantidade, qualidade ou regime de águas, acompanhado do respectivo certificado de compatibilidade de navegação; e (III) projetos cujas captações máximas instantâneas forem inferiores ao limite estabelecido pelo órgão responsável (variam de 0,06 L.s-1 a 1,00 L.s-1).

A seguir serão apresentados, resumidamente, os procedimentos para a obtenção de outorga em diferentes estados, além da Agência Nacional de Águas (ANA).

Em todos os locais, a análise da emissão ou não emissão da outorga passa pela gestão dos recursos hídricos, ou seja, analisar se o pedido pode ser atendido levando em consideração a disponibilidade de água na bacia. Quanto a isto, Mendes (2007) afirma que existe uma demanda muito grande de estudos para algumas dificuldades relacionadas aos processos de outorga, como: a inadequação do critério de vazões mínimas para quantificar a máxima vazão outorgável, as consequências de se arbitrar tal limite tão restritivo, as dificuldades enfrentadas pelos órgãos gestores estaduais na aplicação do mesmo critério em bacias de características muito distintas e os procedimentos para com novos pleitos de outorga em bacias cuja demanda consuntiva extrapola o limite máximo outorgável.

Segundo Schmidt (2007) de modo geral, todos os processos de outorga solicitam os seguintes documentos: (I) nome e endereço do requerente com a respectiva identificação se pessoa física ou jurídica, neste último caso a identificação de seu representante legal; (II) identificação do empreendimento, nome descrição e finalidade(s) do(s) uso(s) d'água; (III) localização do ponto de interferência, por meio de coordenadas georreferenciadas e identificação dos corpos d'água; (IV) vazão requerida, regime de uso e características do efluente quando couber; (V) documentação comprobatória de propriedade do imóvel (certidão de matrícula), contrato de arrendamento ou título de posse; (VI) carta de anuência do proprietário do imóvel, autenticada em cartório, caso o proprietário não seja o requerente; (VII) indicação do responsável técnico pela obra; e (VIII) comprovante de recolhimento das taxas e emolumentos.

Uma notação importante é que para a obtenção da outorga, muitos órgãos, exigem a comprovação da averbação da reserva legal da propriedade. E, caso o proprietário não a tenha feito, estará sujeito as restrições da lei de georreferenciamento de imóveis rurais, que não permite a averbação em matrícula que não

esteja georreferenciada. Com isso, a emissão da outorga pode, dependendo da situação dos documentos (reserva legal e matrícula georreferenciada) da propriedade, ser um processo demorado e burocrático, mas que no seu final resultará na adequação ambiental desta.

2.4.1 Outorga pela ANA

A outorga deve ser emitida pela ANA em duas situações, (I) rios federais, ou seja, aqueles que nascem e deságuam em estados diferentes, e (II) naqueles estados em que não há órgão estadual estabelecido para tal.

Além das informações necessárias que foram citadas anteriormente, este órgão pede um documento emitido pela Capitania dos Portos, quanto a navegabilidade do curso d'água no ponto em questão.

Segundo a resolução 707 de 2007 da ANA, a emissão da outorga, após a análise dos documentos enviados, é submetida ao seguinte critério:

O processo de decisão sobre os pedidos de outorga compreende os seguintes casos:

- I. usos da água com a finalidade de consumo humano, lançamento de esgotos domésticos, tratados ou não, e dessedentação de animais:
 - a) deferimento, quando se constatar o uso racional da água e inexistência de conflitos na bacia;
 - b) adequações técnicas visando ao atendimento ao pleito, em acordo com o requerente, quando se constatar o uso racional da água e existência de conflitos na bacia;
 - c) deferimento e condicionamento à racionalização do uso, quando se constatar uso não racional da água e inexistência de conflitos na bacia;
 - d) indeferimento, com encaminhamento à Superintendência de Fiscalização para estabelecimento de Termo de Compromisso, quando se constatar uso não racional da água e existência de conflitos na bacia.

- II. usos que interferem no regime natural dos corpos d'água:
 - a) deferimento, quando se constatar o uso racional da água;
 - b) indeferimento, quando se constatar o uso não racional da água.

III. outros usos da água e quando da constatação de uso racional da água:

- a) deferimento, quando se constatar inexistência de conflitos na bacia;
- b) adequações técnicas visando ao atendimento ao pleito, quando se constatar existência de conflitos na bacia e quando a participação do novo usuário nesses conflitos for considerada irrelevante;
- c) restituição ao requerente, com sugestões técnicas visando ao atendimento ao pleito, para adequações no prazo máximo de 60 dias, quando se constatar conflitos na bacia e quando a participação do novo usuário nesses conflitos for considerada relevante.

IV. outros usos da água e quando da constatação de uso não racional da água:

- a) deferimento e condicionamento à racionalização do uso, quando da inexistência conflitos na bacia.
- b) restituição ao requerente, para adequações que racionalizem o uso, no prazo máximo de 60 dias, quando da existência de conflitos na bacia e quando a participação do novo usuário nesses conflitos é considerada irrelevante;
- c) indeferimento, quando da existência de conflitos na bacia e quando a participação do novo usuário nesses conflitos é considerada relevante.

2.4.2 Outorga no Estado de São Paulo

O Estado de São Paulo é uma das poucas Unidades da Federação em que o instrumento de outorga começou a ser aplicado antes mesmo do advento da Lei Federal 9.433/97, sendo uma prática de três décadas. Este item apresenta um breve histórico da evolução da outorga como instrumento de gestão das águas na legislação paulista e alguns aspectos definidos em lei para este instrumento.

O processo em São Paulo apresenta uma exigência complementar às citadas anteriormente, que é a regularização de intervenção em áreas de preservação permanente (APP) junto a Companhia ambiental do Estado de São Paulo (CETESB).

Segundo Schmidt (2007) os estudos de vazões para o estado de São Paulo e que fundamentam os processos de concessão de outorgas, são bastante facilitados por uma maior disponibilidade de dados, e estudos de regionalização

hidrológica, como aquele feito por Liasi et al. (1988) que facilitam os cálculos quando não se dispõe de dados fluviométricos na micro bacia em estudo. A coleção cartográfica fornecida pelo Instituto Geográfico Cartográfico (IGC) em escala 1:10.000 e 1:50.000 é uma outra ferramenta de grande utilidade para se determinar a área de drenagem do ponto onde se requer a outorga.

O autor apresenta os fluxogramas para o processo de emissão de outorga neste estado, que estão apresentados nas Figuras 1 e 2.

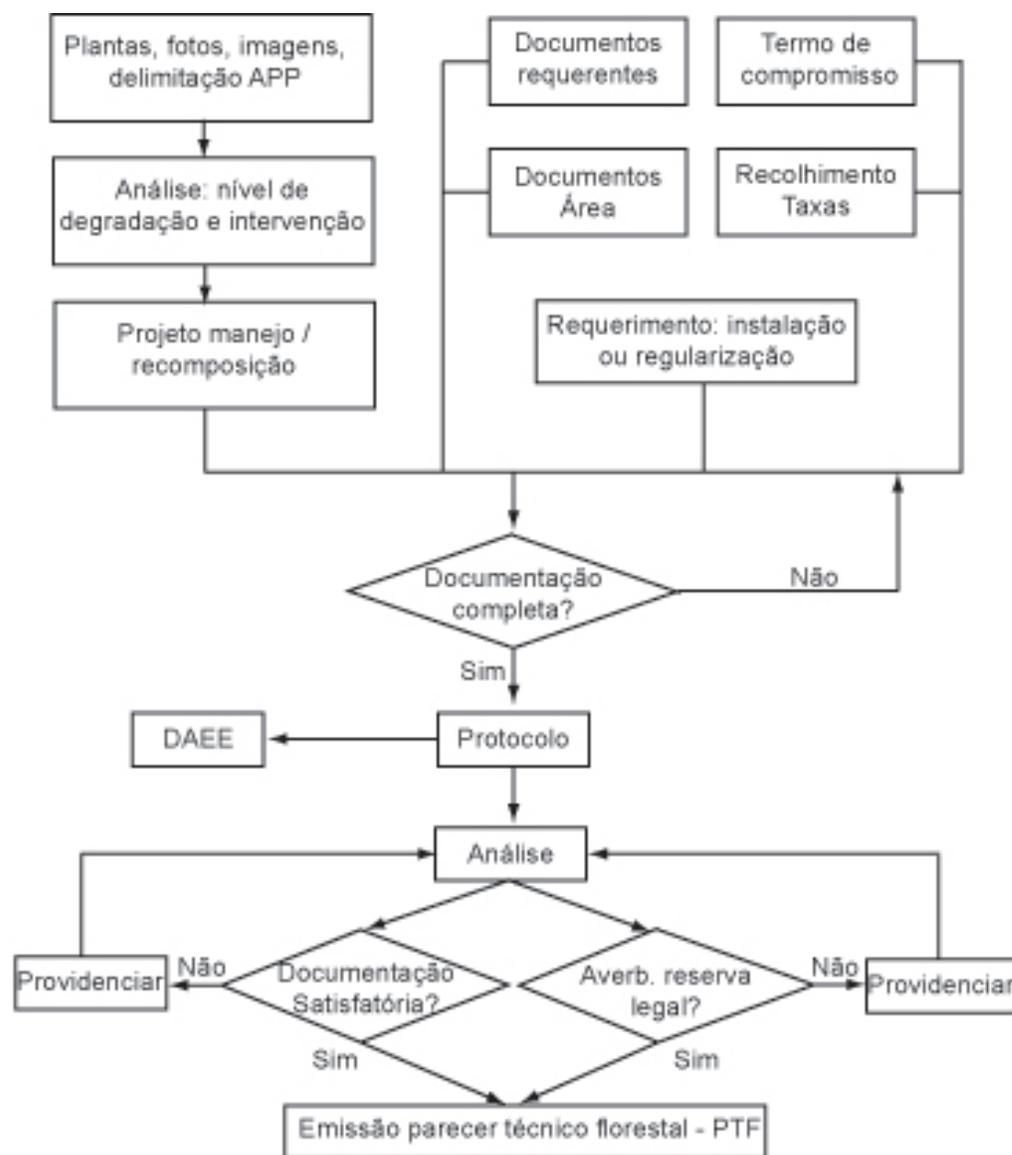


Figura 1 Fluxograma Licenciamento ambiental: CETESB, intervenção em área de preservação permanente (APP).

Fonte: SCHMIDT, 2007.

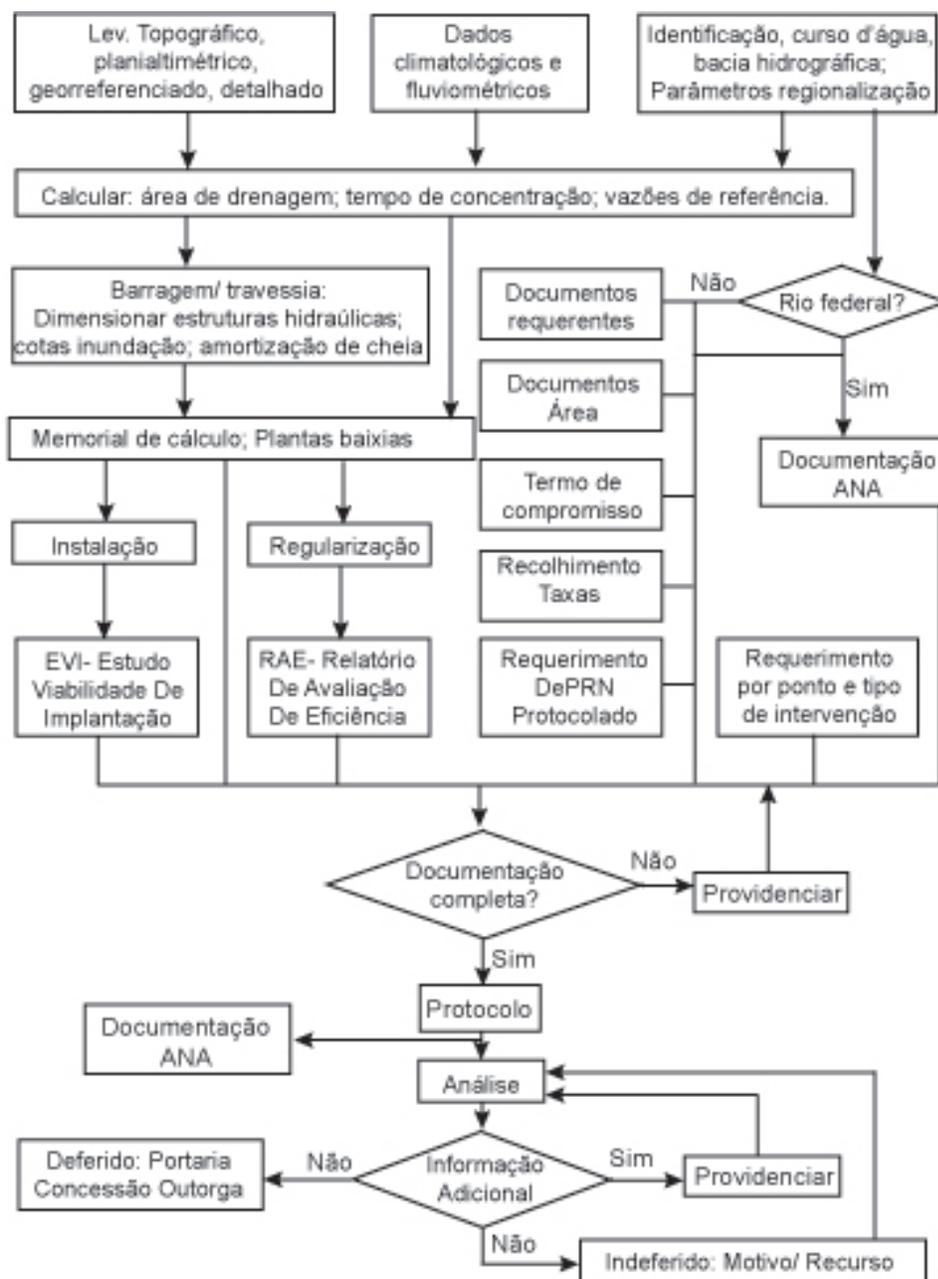


Figura 2 Fluxograma Licenciamento ambiental: DAEE análise de concessão de outorga de uso e ou intervenção.

Fonte: SCHMIDT, 2007.

Observação: o órgão DEPRN passou a fazer parte da CETESB após a publicação do trabalho.

Como pode ser notado nos fluxogramas anteriores, a necessidade de informações, documentos, plantas e outros é grande, mas, como o processo está implantado há muito tempo e já tem regras bem definidas e disseminadas, além da disponibilização na Internet de cálculos que auxiliam no processo, este é feito com certa dinâmica, o que permite ao requerente um acompanhamento e melhor entendimento da tomada de decisão pelo órgão.

2.5 Solução de conflitos na tomada de decisão pelo uso da água

Como foi apresentado na primeira unidade deste livro, o Brasil tem um quadro aparentemente de abundância de água, mas que na realidade, é de escassez para a grande maioria da população brasileira que não conta com este recurso em quantidade e qualidade adequadas.

Conflitos pelo uso da água são registrados desde o início do século XX em todo o Brasil, quando um grupo de indivíduos, com a intenção de impor a sua necessidade deste recurso na sua propriedade. Estes tipos de conflitos continuam até hoje e ocorrem com uma frequência crescente.

Estes conflitos podem ocorrer também entre países, tendo o potencial de acarretar guerras como, por exemplo, ocorre nas Colinas de Golan, entre Síria e Israel. Gleick (2000) afirma que estes conflitos podem surgir da intenção de possuir ou controlar os recursos hídricos de outra nação, tornando, assim, os sistemas e os recursos hídricos um objetivo político ou militar, e que a distribuição e o uso desigual dos recursos hídricos, às vezes decorrentes de projetos hidráulicos, podem provocar disputas sobre desenvolvimento, aumentar a importância da água como objetivo estratégico, ou causar uma degradação da fonte de água de outro.

Quando o conflito envolve personagens de um mesmo país, a sua solução necessita de um embasamento legal, o que, no Brasil, foi alcançado com as leis principais apresentadas no item anterior.

Quando as causas de um conflito são bem compreendidas, pode-se negociá-lo eficientemente, chegando a um consenso que atenda às necessidades das partes envolvidas (PINHEIRO et. al. 2005), entretanto, quanto isto não ocorre, é necessária a intervenção dos gestores dos recursos hídricos.

A Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, instituiu no Brasil, a Política e o Sistema Nacional de Recursos Hídricos. Ela já foi apresentada, assim como os seus vários instrumentos legais que detalham e disciplinam as atividades do setor. Eles são provenientes de um modelo de gerenciamento das águas orientado por tipos de uso, o que estabelece frequentemente conflitos, superposições e a desarticulação da legislação, exigindo, portanto, aperfeiçoamentos. A Figura 3 apresenta esquematicamente os integrantes do Sistema Nacional de Recursos Hídricos.

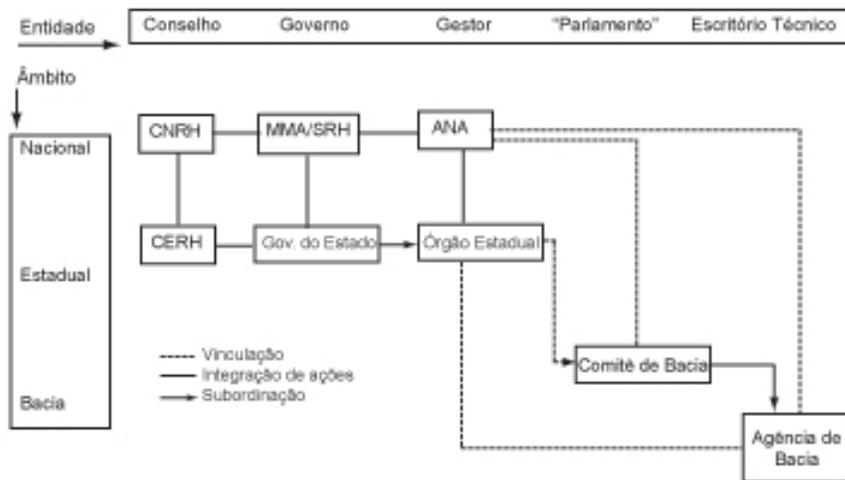


Figura 3 Integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Segundo Soares (2008) a estrutura do Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos prevista na Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, é constituída pelos seguintes órgãos: os comitês de bacia, os colegiados regionais, uma secretaria-executiva e um colegiado interministerial. Uma das atribuições do Colegiado Regional é a de “solucionar, como instância superior, as divergências existentes nos Comitês de Bacias Hidrográficas, e entre esses Comitês;” e os CBH’s têm como competência “solucionar divergências provenientes do uso, controle ou proteção dos recursos hídricos;”. A Secretaria Executiva funciona como a primeira instancia de recurso da resolução de divergências existentes nos Comitês de Bacia (LANNA, 1995).

Segundo a ANA as diversas entidades públicas, federais, estaduais e municipais, e entidades privadas com atribuições no gerenciamento dos recursos hídricos tornam a administração confusa, desarticulada, organizada por usos, o que dificulta o uso múltiplo e integrado dos recursos hídricos, que exige aprimoramentos.

Segundo o mesmo trabalho, a necessidade de estudo e aperfeiçoamento da gestão de águas decorre da sua complexidade, que é devida a alguns fatores: desenvolvimento econômico; aumento populacional; expansão da agricultura; pressões regionais; mudanças tecnológicas; mudanças sociais; urbanização; necessidades sociais; necessidades ambientais; e incerteza do futuro.

Quando o padrão espacial de disponibilidade de água, ou seja, a distribuição dos locais onde ela é disponível não está adequado com o padrão espacial das demandas dos centros de consumo, a solução para a satisfação das demandas em suas plenitudes é a procura de água em outros locais onde seja disponível. Isso pode levar a buscá-la no subsolo ou superficialmente, em outras localidades. De forma oposta, quando o problema é excesso (cheias) a solução poder ser obtida com a construção de canais, bueiros ou outras estruturas que desviem parte das águas para locais onde possam ser acomodadas adequadamente,

Em todas as situações anteriores, o padrão espacial de disponibilidade de água foi alterado para adequá-lo ao padrão espacial das demandas. Existe também a possibilidade de que as disponibilidades, em determinado período de tempo, sejam suficientes para satisfazer as demandas no mesmo período, referindo-se a questões quantitativas apenas. No entanto, existem subperíodos internos ao período mencionado nos quais tal situação não ocorre e há carência de água. A solução do problema pode ser encontrada, como o foi antes, pela busca de fontes hídricas em outros locais em que serão utilizadas durante os subperíodos de escassez. Outra possibilidade é a criação e exploração de reservas de água, ou reservatórios.

O padrão qualitativo das águas, tanto quanto o quantitativo, deve ser objeto de consideração e de adequação das disponibilidades com as demandas. Ele é intrinsecamente vinculado ao padrão quantitativo. Por exemplo, o comprometimento qualitativo das águas de um rio pelo despejo de águas servidas pode ser atenuado tanto pelo tratamento dessas águas quanto pelo aumento das vazões para diluição dos poluentes.

Com relação às demandas de recursos hídricos, segundo a ANA existem três classes de tipo de uso. São elas:

Infraestrutura social: refere-se às demandas gerais da sociedade nas quais a água é um bem de consumo final;

Agricultura e aquicultura: refere-se às demandas de água como bem de consumo intermediário visando à criação de condições ambientais adequadas para o desenvolvimento de espécies animais ou vegetais de interesse para a sociedade;

Industrial: demandas para atividades de processamento industrial e energético nas quais a água entra como bem de consumo intermediário.

Quanto à natureza da utilização a ANA apresenta três possibilidades:

Consuntivo: refere-se aos usos que retiram a água de sua fonte natural diminuindo suas disponibilidades quantitativas, espacial e temporalmente;

Não-consuntivo: refere-se aos usos que retomam à fonte de suprimento, praticamente a totalidade da água utilizada, podendo haver alguma modificação no seu padrão temporal de disponibilidade quantitativa;

Local: refere-se aos usos que aproveitam a disponibilidade de água em sua fonte sem qualquer modificação relevante, temporal ou espacial, de disponibilidade quantitativa.

Por fim, o mesmo autor classifica os conflitos de uso das águas como:

Conflitos de destinação de uso: essa situação ocorre quando a água é utilizada para destinações outras que não aquelas estabelecidas por decisões

políticas, fundamentadas ou não em anseios sociais, que as reservariam para o atendimento de necessidades sociais, ambientais e econômicas; por exemplo, a retirada de água de reserva ecológica para a irrigação;

Conflitos de disponibilidade qualitativa: situação típica de uso em corpos de água poluídos. Existe um aspecto vicioso nesses conflitos, pois o consumo excessivo reduz a vazão de estiagem deteriorando a qualidade das águas já comprometidas pelo lançamento de poluentes. Tal deterioração, por sua vez, torna a água ainda mais inadequada para consumo;

Conflitos de disponibilidade quantitativa: situação decorrente do esgotamento da disponibilidade quantitativa devido ao uso intensivo.

Pinheiro et. al. (2005) ao abordarem um estudo de caso de conflito pelo uso da água, apresentam algumas informações levantadas no Plano Zero do Estado do Ceará, entre elas há uma classificação dos conflitos utilizando um levantamento de informações locais no período seco de 1979 a 1983:

Irrigação versus Consumo Humano;

Geração de Energia versus Irrigação;

Projeção contra as Cheias versus Irrigação;

Indústria versus Consumo Humano.

Essa classificação corrobora com o trabalho anteriormente apresentado.

A Política e o Sistema Nacional de Recursos Hídricos ao implantarem o uso múltiplo e integrado dos recursos hídricos enfrentam dificuldades de caráter gerencial, ou seja, nos casos de conflito, como os exemplos citados acima, embora a Lei 9.433/97 afirme que “em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e dessedentação de animais”, restam ainda vários outros conflitos que demandam uma discussão entre os representantes das classes presentes na bacia em questão, entretanto, nem sempre se atinge uma decisão harmônica. Por isso, as decisões de conflitos devem ser feitas individualmente por bacia hidrográfica, pois a decisão levará em consideração e terá consequências nas atividades socioeconômicas desta.

a) Legislações Estaduais sobre os recursos hídricos

Ela regulamenta o inciso XIX do artigo 21 da Constituição Federal de 1988, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Quando o domínio sobre as águas é dos Estados, estes também têm prerrogativas para legislar sobre o tema. Até o momento, 19 estados contam com leis próprias (Quadro 2).

Quadro 2 Legislação sobre política e sistema de gerenciamento de recursos hídricos em 19 estados do Brasil.

Estado	Legislação
Alagoas	Lei nº 5.965, de 10/11/1997 – Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos. Institui o Sistema Estadual de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos e dá outras providências.
Bahia	Lei nº 6.855, de 12/05/1995 – Dispõe sobre a Política, o Gerenciamento e o Plano Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências.
Ceará	Lei nº 11.996, de 24/07/1992 – Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos – SIGERH e dá outras providências.
Distrito Federal	Lei nº 512, de 28/07/1993 – Dispõe sobre a Política de Recursos Hídricos no Distrito Federal, institui o Sistema de Gerenciamento integrado de Recursos Hídricos – SGIRH-DF, e dá outras providências. Lei nº 2.725, de 13 de junho de 2001 – Institui a Política de Recursos Hídricos do Distrito Federal, cria o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Distrito Federal e dá outras providências.
Espírito Santo	Lei nº 5.818, de 30/12/1998 – Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Integrado de Gerenciamento e Monitoramento dos Recursos Hídricos, do Estado do Espírito Santo – SIGERH/ES, e dá outras providências.
Goiás	Lei nº 13.123, de 16/07/1997 – Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências.
Maranhão	Lei nº 7.052, de 22/12/1997 – Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos e dá outras providências.
Mato Grosso	Lei nº 6.945, de 05/11/1997 – Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências.
Minas Gerais	Lei nº 13.199, de 29/01/1999 – Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências.
Paraíba	Lei nº 6.308, de 02/07/1996 – Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos, suas diretrizes e dá outras providências.
Paraná	Lei nº 12.726, de 26/11/1999 – Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos, cria o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências.
Pernambuco	Lei nº 11.426, de 17/01/1997 – Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Plano Estadual de Recursos Hídricos, institui e Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências.
Piauí	Lei nº 5.615, de 17/08/2000 – Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências.
Rio De Janeiro	Lei nº 3.239, de 02/08/1999 – Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos, cria o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta a Constituição Estadual em seu artigo 261, § 1º, inciso VII, e dá outras providências.

Estado	Legislação
Rio Grande do Norte	Lei nº 6.908, de 01/07/1996 – Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos – SIGERH e dá outras providências.
Rio Grande do Sul	Lei nº 10.350, de 30/12/1994 – Institui o Sistema Estadual de Recursos Hídricos, regulamentando o artigo 171 da Constituição do Estado do Rio Grande do Sul.
Santa Catarina	Lei nº 9.748, de 30/11/1994 – Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências.
São Paulo	Lei nº 7.663, de 30/12/1991 – Estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos.
Sergipe	Lei nº 3.870, de 25/09/1997 – Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, e institui o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências.

Fonte: Adaptado de Setti et al. (2001).

2.6 Considerações finais

Um aspecto muito importante no planejamento e gestão de recursos hídricos cabe ao domínio da legislação que rege uma determinada região. Além das legislações de âmbito federal, existem ainda as de nível estadual e por vezes municipais. Muito mais que fatores como disponibilidade e demanda de água, o profissional deve entender os conceitos, onde e como buscar informações para tomadas de decisão.

2.7 Estudos complementares

Para mais informações, consulte:

- Agência Nacional de Águas: www.ana.gov.br
- Conselho Estadual de Recursos Hídricos da Bahia: <http://www.inga.ba.gov.br/conerh>
- Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Rio de Janeiro: <http://www.inea.rj.gov.br/cerhi/conselho.asp>

CAROLO, F. Outorga de direito de uso de recursos hídricos: Instrumento para o desenvolvimento sustentável? Estudos das bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. 2007. 203p. *Dissertação* (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável), Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

- Departamento de Águas e Energia Elétrica: <http://www.daae.sp.gov.br>

- IBAMA: www.ibama.gov.br/recursos_hidricos/home.htm
- Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Goiás: <http://www.semarnh.goias.gov.br/>

2.8 Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Diagnóstico da outorga de direito de uso de recursos hídricos no país – Diretrizes e prioridades. Brasília: ANA, 2005. 153 p. Disponível em <<http://www.dominiopublico.gov.br>>. Acesso em: 08 jun. 2006.

_____. Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil. Brasília: ANA, 2005. 134 p. Disponível em: <<http://www.dominiopublico.gov.br>>. Acesso em: 08 jun. 2006.

_____. Fiscalização dos usos dos recursos hídricos – Diagnóstico, critérios e diretrizes. Brasília: ANA, 2005. 21 p. Disponível em: <<http://www.dominiopublico.gov.br>>. Acesso em: 08 jun. 2006.

CEARÁ, Governo do Estado. *Plano de Diretor de Recursos Hídricos*. Fortaleza: Secretaria de Planejamento e Coordenação. 1983.

DAEE. Manual de Cálculo das Vazões Máximas, Médias e Mínimas nas Bacias Hidrográficas do Estado de São Paulo. Secretaria de Recursos Hídricos Saneamento e Obras. Departamento de Águas e Energia Elétrica. Plano Estadual de Recursos Hídricos. 1994. 64 p.

FRENCH, R.H. *Open Channel Hydraulics*. New York: McGraw-Hill International Editions, 1986, 705p.

GLEICK, P.H. *Water Conflict Chronology*. Studies in Development, Environment and Security. The Pacific Institute. Disponível em: <<http://worldwater.org/conflict.html>>. Acesso em: 24 set. 2010.

HOBAN, J. T.(2001) *Managing Conflict*. A Guide for Watershed Partnerships. Disponível em: <<http://www.ctic.purdue.edu/KYW/Brochures/ManageConflict.html>>. Acesso em: 24 set. 2010.

LANNA, A.E.L. *Gerenciamento de bacia hidrográfica: Aspectos Conceituais e Metodológicos*. Brasília: IBAMA, 1995.

LIASI, A.; Conejo, J. L.; Palos, J. C. F.; Cintra, P. S. Regionalização Hidrológica no Estado de São Paulo. *Revista Águas e Energia Elétrica*, ano 5, n. 14, 1988.

MENDES, L. A. *Análise dos critérios de outorga de direito de usos consuntivos dos recursos hídricos baseados em vazões mínimas e em vazões de permanência*. São Paulo: Ed. rev., 2007. 187 p.

PINHEIRO, M. I. T.; CAMPOS, J. N. B.; STUDART, T. M. C.; SILVA, A. P. Conflitos Pelo Uso Da Água No Estado Do Ceará: O Estudo De Caso Do Vale Do Rio Carás. In: *SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES DE LINGUA OFICIAL PORTUGUÊS*, 7., 2005, Evora. SILUSBA. 2005.

Schmidt, W. Agricultura irrigada e o licenciamento ambiental. 2007. 126p. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2007.

SETTI, A. A, WERNECK, J. E. F.; CHAVES, A. G. M.; PEREIRA, I. C. Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos. 2.ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica/ Agência Nacional de Água, 2001, 328p.

SOARES, S. I. O. *A mediação de conflitos na gestão de recursos hídricos no Brasil*. 2008. 172p. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

SUDENE (1980). Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste do Brasil – Fase I. *Conflitos Inerentes aos Aproveitamentos*. Texto, Recife, volume XIII, cap. 2, 1980. p. 1-46.

Herly Carlos Teixeira Dias
Vanessa Pataro Maffia
Otávio Surian Gamba
Alexandre Simões Lorenzon
Ana Paula Vilela Carvalho

UNIDADE 3

O Manejo de Bacias Hidrográficas no
Gerenciamento de Recursos Hídricos

3.1 Primeiras palavras

Nesta unidade abordaremos alguns conceitos sobre bacias hidrográficas, sobre o seu funcionamento e as implicações do seu manejo no gerenciamento e planejamento de recursos hídricos.

3.2 Problematizando o tema

Os recursos naturais que em conjunto formam a base da existência de vida em nosso planeta contemplam aqueles considerados renováveis, cuja seu tempo de retorno ou de sua renovação se dá numa escala de tempo compatível com a vida humana; e aqueles que quando essa escala de tempo é ultrapassada os recursos naturais são considerados não renováveis.

Graças ao seu ciclo, a água é considerada um recurso natural renovável. Os ininterruptos fenômenos de evapotranspiração e de precipitação, garantem a continuidade do ciclo no tempo e no espaço. No entanto o conceito de recurso natural renovável assume outras discussões que são merecedoras de atenção e de sensibilização pela população em geral.

Mesmo que renovada a cada ciclo, durante sua permanência e disponibilidade para os diversos usos a água pode passar por processos que a transformam e a colocam como presente, mas não utilizável. Os grandes volumes de água de escoamento gerados a cada evento de chuva, em bacias degradadas, é um exemplo disso. A água da chuva pode se tornar inutilizada já que seu represamento pode causar transtornos ainda maiores. A deterioração da qualidade da água também a coloca indisponível para diversos consumos, devido a, mais uma vez, degradação da bacia hidrográfica.

Desta forma é fácil percebermos a necessidade de se adotar a bacia hidrográfica como unidade de manejo, administração, gerenciamento ou mesmo de planejamento. Esta observação ficou determinada pela Lei Federal 9.433, que enfatiza ainda as ferramentas necessárias para o gerenciamento dos recursos hídricos.

Certo de que a água precipitada sobre as bacias hidrográficas é que se constituem como a principal fonte para quase todos os usos, fica obvio que se o objetivo é proporcionar água de boa qualidade para todos os fins de forma sustentável, devem-se utilizar mecanismos que conservem os recursos hídricos, sem, no entanto, paralisar ou impedir os demais usos do solo de uma bacia. Surge assim o Manejo de Bacias Hidrográficas que busca atingir esse objetivo.

Muito embora a lei das águas não mencione o manejo da bacia como ferramenta de gerenciamento, coloca-se aqui a importância do manejo e sua disponibilidade para compor um sistema de gerenciamento. Espera-se assim difundir

seu conceito e sua importância para o grande desafio desta e das próximas gerações: produzir, preservar e conservar.

3.3 Bacias Hidrográficas

A Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, institui a Bacia Hidrográfica como “unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos”, sendo assim de grande importância a conceituação da bacia hidrográfica para compreensão e realização de estudos nestas áreas.

O termo Bacia Hidrográfica é definido de diversas formas durante um longo período por diferentes autores, porém, todos fundamentados na principal característica que é a sua delimitação pelos divisores espaciais com base na área de concentração de determinada rede de drenagem. Dentre estes conceitos, citam-se:

- O termo bacia hidrográfica refere-se a uma compartimentação geográfica natural delimitada por divisores de água. Este compartimento é drenado superficialmente por um curso d'água principal e seus afluentes (DIAS, 2009).
- A área que drena as águas de chuvas por ravinas, canais e tributários, para um curso principal, com vazão efluente convergindo para uma única saída. (ROCHA 1991).
- Porção natural de terra, geograficamente delimitada por divisores de água, englobando toda a área de drenagem do curso d'água (DIAS, 2009).
- Toda área de captação natural da água da chuva, que proporciona escoamento para o canal principal e seus tributários. O limite superior de uma bacia é o divisor de águas, ou seja, o divisor topográfico, e a delimitação inferior é a saída bacia, isso é, sua confluência. O comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica é a função de suas características morfológicas, ou seja, área, forma, topografia, geologia, solo, bem como cobertura florestal (LIMA & ZAKIA, 1996).
- Unidade natural da paisagem, que representa a definição espacial de um ecossistema aberto, onde ocorre uma contínua troca de energia com o meio, o que faz com que a qualidade da água nela produzida seja resultado de diversas características da microbacia, entre as quais se destaca a cobertura vegetal (WALLING, 2004).

Seguindo os conceitos mencionados, a bacia hidrográfica vem sendo cada vez mais designada com a principal unidade de planejamento, uma vez que é a ciência capaz de manejar os recursos naturais na produção de alimentos em quantidade e qualidade através da relação solo, água e cobertura vegetal. O recurso hídrico é vital e não tem substituto, e como há uma escassez mundial deste necessita-se repensar seriamente a sua utilização (Valeri et al., 2003).

A área de uma bacia hidrográfica possui uma dinâmica que é capaz de correlacionar todos os processos hidrológicos juntamente com suas características físicas, de solo e cobertura vegetal. Dessa forma a bacia hidrográfica é considerada um sistema, em que, todo impacto gerado na sua superfície irá interferir em sua dinâmica, causando danos na qualidade e quantidade de suas águas.

Para que se possa entender sua dinâmica é preciso compreender os processos hidrológicos que ocorrem em sua área. Assim, pode-se dizer que as águas da chuva que caem sobre sua superfície serão conduzidas por meio do escoamento superficial e subterrâneo formando os canais, rios, tributários, etc. O tipo de solo, a cobertura vegetal, a declividade, irão influenciar a velocidade de escoamento e a infiltração da água no solo, que controlarão os processos de erosão e lixiviação e conseqüentemente a produtividade da terra. O aporte de água no lençol freático depende da infiltração. Pinto et al. (1976) conceitua infiltração como sendo o fenômeno de penetração da água nas camadas de solo próximas à superfície movendo-se para baixo através dos vazios, sob ação da gravidade. Esta é aumentada quando o escoamento superficial diminui.

Dessa forma, pode-se dizer que o comportamento de uma bacia hidrográfica é influenciado pelas suas características físicas (forma, relevo, área, geologia, etc.), o tipo de cobertura vegetal e pelas ações antrópicas, sendo que, todas estas possuem um papel importante no ciclo hidrológico.

Dentre as subdivisões da bacia é inserido na literatura o conceito de microbacia. Este, já não apresenta a mesma convergência conceitual como nos conceitos de bacias hidrográficas. As microbacia são unidades utilizadas, principalmente, nos estudos hidrológicos, por possuírem menores áreas e por serem mais eficazes nos manejos da qualidade da água. Alguns autores determinam as microbacias em relação ao seu tamanho, atribuindo limites de área enquanto outros incorporam conceitos ecológicos.

De acordo com Faustino (1996) a microbacia possui toda sua área com drenagem direta ao curso principal de uma sub-bacia, várias microbacias formam uma sub-bacia, sendo a área de uma microbacia inferior a 100 km².

Calijuri & Bubel (2006), adotam unidades hidrológicas e ecológicas para conceitualizarem o termo microbacia, onde, estas são formadas por canais de

1ª e 2ª ordem e, em alguns casos, de 3ª ordem, devendo ser definida como base na dinâmica dos processos hidrológicos, geomorfológicos e biológicos.

De acordo com Lima & Zakia (2000) a classificação de bacias hidrográficas em grandes e pequenas não é vista somente na sua superfície total, mas considerando os efeitos de certos fatores dominantes na geração do deflúvio, tendo as microbacias como características distintas uma grande sensibilidade tanto às chuvas de alta intensidade (curta duração), como também ao fator uso do solo (cobertura vegetal), sendo assim, as alterações na quantidade e qualidade da água do deflúvio, em função de chuvas intensas e ou em função de mudanças no solo, são detectadas com mais sensibilidade nas microbacias do que nas grandes bacias.

O conceito e a caracterização de bacias hidrográficas vêm crescendo cada vez mais no Brasil, dado a sua importância na manutenção dos processos hidrológicos. O entendimento desses processos relacionados às características físicas da bacia irão também elucidar a compreensão de diversas questões sobre a dinâmica ambiental local.

A compreensão sobre estas áreas é o primeiro passo para que se inicie o manejo integrado de bacias hidrográficas.

3.4 Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas

Com o crescente alerta da falta de água, é necessário que voltemos nossos esforços para minimizar o comprometimento de nossas reservas e aumentá-las quando possível. Uma possível forma de fazer isso é realizar o manejo de bacias hidrográficas. A bacia hidrográfica é a unidade geográfica ideal para se intervir, diagnosticando e avaliando os processos propriamente ditos. Lembrando que para isso devemos ter uma sólida base dos fatores socioculturais e o envolvimento da comunidade no processo.

Os primeiros estudos em bacias hidrográficas ocorreram na Suíça, tendo como objetivo verificar diferentes situações de cobertura vegetal sobre os cursos d'água. Posteriormente, no final do século XIX e no início do século XX, outros estudos foram realizados na Inglaterra, Japão e Estados Unidos. Neste último, em 1910, especificamente no sul do Colorado iniciou-se o mais famoso dos experimentos, o Wagon Wheel Gap, conduzido pelo Serviço Metrológico dos Estados Unidos. Estes estudos objetivavam mostrar a influência do uso do solo sobre a produção de água nas enchentes e o processo erosivo. No Brasil, o estudo de bacias hidrográficas teve sua intensificação verificada em meados da década de 1960, quando da criação da Escola Superior de Florestas, hoje Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa.

Diversos conceitos definem o Manejo de Bacias Hidrográficas. Muitas definições evoluíram com o passar do tempo. Segundo Faustino (1996) a princípio, só se levava em consideração o planejamento e o manejo dos recursos hídricos. Posteriormente, foi incorporada a ideia de que o uso da terra tinha função estreita com o manejo de bacias hidrográficas. Dos anos de 1970 em diante foram incorporados os fatores ecológicos e de impactos ambientais e nas décadas de 1980 e 1990, integrou-se ao conceito, o homem como elemento chave no manejo. Assim foi criado um conceito moderno sendo o manejo de bacias hidrográficas descrito como ciência ou arte que trata da gestão para se conseguir o uso apropriado dos recursos naturais em função da intervenção humana e suas necessidades, proporcionando ao mesmo tempo a sustentabilidade, a qualidade de vida, o desenvolvimento e o equilíbrio do meio ambiente.

Brooks et al.(1991),definiram manejo de bacias hidrográficas como processo de organizar e orientar o uso da terra e de outros recursos naturais numa bacia hidrográfica a fim de produzir bens de serviço, sem destruir ou afetar adversamente o solo e a água.

Tonello (2005) definiu manejo de bacias hidrográficas como corresponde ao processo que permite formular um conjunto integrado de ações sobre o meio ambiente, a estrutura social, econômica, institucional e legal de uma bacia, a fim de promover a conservação e utilização sustentável dos recursos naturais, principalmente os recursos hídricos, e o desenvolvimento sustentável.

Muitas pessoas associam o propósito de manejar uma bacia somente com a produção em quantidade e qualidade de água para atender a demanda de determinado local ou região.

Pela análise dos conceitos apresentados acima, percebemos que o manejo de bacias hidrográficas engloba mais do que o problema relacionado à água. Possui também suma importância como fornecedor de múltiplos produtos, atuando nos outros dois princípios da sustentabilidade, o econômico e o social.

A importância em se fazer um manejo correto das bacias hidrográficas gira em torno da água, visto que este é um recurso natural, único, escasso, essencial à vida, e estar distribuída de forma desigual no planeta. Assim, as consequências da falta de um manejo adequado, de conservação e proteção das fontes de água acarretam na diminuição de águas subterrâneas, problemas de manutenção de vazão dos corpos d'água durante o ano, assoreamento, bem como os problemas de qualidade, como eutrofização, salinidade, entre outros.

Diversas são as técnicas passíveis de serem utilizadas para ser feito um manejo de bacias hidrográficas. Dentre os princípios para este planejamento, destacam-se um maior aproveitamento das águas das chuvas, práticas que evitem a perda excessiva de solo por escoamento superficial e que aumentem a

infiltração da água no solo. Todas essas técnicas servem para prevenir ou evitar inundações, erosões, assoreamentos bem como alimentar o lençol freático e os corpos d'água. As práticas de um manejo integrado de bacias hidrográficas podem se dividir em: Práticas Vegetativas, Edáficas e Mecânicas (Quadro 1). A escolha da técnica a ser utilizada, depende de fatores como aspectos ambientais e socioeconômicos de cada propriedade e região, lembrando que cada prática isolada previne ou resolve problemas parciais, sendo de grande interesse adotar varias técnicas simultâneas para formar um sistema de manejo integrado.

Quadro 1 Técnicas de Manejo de Bacias Hidrográficas.

Práticas Vegetativas	Florestamento e reflorestamento Plantas de cobertura Cobertura morta Rotação de culturas Formação e manejo de pastagem Cultura em faixa Faixa de bordadura Quebra-vento e bosque sombreador Cordão vegetativo permanente Manejo do mato e alternância de capinas
Práticas Edáficas	Cultivo de acordo com a capacidade de uso da terra Controle do fogo Adubação: verde, química, orgânica Calagem
Práticas Mecânicas	Preparo do solo e plantio em nível Distribuição adequada dos caminhos Sulcos e camalhões em pastagens Enleiramento em contorno Terraceamento Subsolagem Irrigação e drenagem

Quanto à finalidade, as técnicas de manejo podem ser analisadas da seguinte forma: aumento da infiltração e da estocagem da água no solo; contenção de enxurradas; práticas de recuperação ambiental. Várias técnicas tem se mostrado eficientes e algumas destas são descritas a seguir.

3.5 Aumento da Infiltração e estocagem de água no solo

a) Proteção do solo por resteva

A cobertura do solo por resteva (formada pelo acúmulo dos resíduos das culturas) é tida como o fator mais importante na dissipação da energia de impacto da chuva sobre a superfície do solo, o que reduz a desagregação de partículas de solo. Este benefício diminui a obstrução da porosidade pelas partículas de solo desagregadas, garantindo assim a boa infiltração da água no solo. Os resíduos vegetais quando mantidos sobre a superfície do solo são capazes de proporcionar ainda outros benefícios, dentre eles: a) diminuição da velocidade de deslocamento da enxurrada, favorecendo a infiltração da água no solo; b) elevação do nível de carbono no solo com conseqüente aumento da capacidade do mesmo em filtrar e estocar a água, uma vez que este elemento tem relação direta com a melhoria da porosidade, e com a capacidade do solo em armazenar água.

b) Rotação de culturas

A variação de espécies vegetais e, portanto, de sistemas radiculares, que a rotação de culturas promove, favorece a produção de massa vegetal nas plantas, tanto na parte aérea quanto no sistema radicular. Este processo eleva os níveis de carbono e conseqüentemente da porosidade do solo, favorecendo assim a infiltração e o armazenamento da água. Os benefícios proporcionados ao solo pela cobertura, e pela rotação de culturas se tornam mais expressivos quando realizados com plantio direto, devido ao reduzido revolvimento do solo que ocorre neste sistema.

c) Integração lavoura, pecuária e floresta

A integração da lavoura com a pecuária e com a floresta, além de propiciar a melhoria na renda das propriedades com um melhor equilíbrio financeiro destas, contribui com a conservação da água e do solo. Este sistema, por promover não apenas a rotação de culturas, mas também a rotação de sistemas de exploração aumenta a capacidade do solo em infiltrar e estocar água devido à melhoria da porosidade, e fixação do carbono proporcionada principalmente pelas árvores que são introduzidas no sistema. A integração lavoura, pecuária e floresta têm possibilitado a recuperação de áreas em nível acentuado de degradação.

d) Rompimento de camada de solo compactado

O rompimento de camada de solo compactado é recomendável principalmente na etapa de implantação da cultura em plantio direto. Esse procedimento poderá ser realizado mecanicamente por meio da subsolagem, uma prática que

umenta os espaços vazios e, portanto, a infiltração da água no solo. A subsola-gem, comparada com outras práticas como a aração, traz ainda a vantagem de promover um nível menor de desagregação do solo, e também de não inverter a camada de solo mobilizada. Isto mantém boa parte dos resíduos vegetais na superfície do solo e eleva o índice de rugosidade superficial, o que favorece a infiltração e armazenamento da água pela sua detenção na superfície. No entanto, resultados de pesquisas também mostram que os benefícios obtidos pela descompactação podem ser perdidos quando outras práticas que proporcionam a melhoria e a conservação da porosidade do solo (cobertura do solo por resí-duos, rotação de culturas) não são incrementadas.

3.6 Contenção de enxurradas

a) Terraceamento

Os terraços são estruturas conservacionistas que têm a função principal de controlar a erosão hídrica, uma vez que se constituem em barreiras físicas distribuídas em espaços regulares nas encostas. Isto ocorre em razão do terraço quebrar a velocidade da enxurrada e acumulá-la no seu canal, possibilitando a infiltração da água e a sua retenção no solo. Assim, ao conter a enxurrada, os terraços exercem uma importância estratégica na conservação do solo e da água. Ao proporcionarem a conservação da água e do solo, os terraços também contribuem para a produtividade das culturas, possibilitando os seguintes bene-fícios: a) infiltração e estocagem da água no solo, contribuindo para minimizar os efeitos da estiagem na redução da produção; b) redução das perdas de nu-trientes e matéria orgânica das lavouras, as quais permaneceram à disposição da cultura; c) maior umidade na camada superficial do solo proporcionado pela matéria orgânica que, ao não ser erodida, permaneceu no solo.

O terraço exerce uma importância estratégica ao conter a enxurrada e possibi-litar a infiltração das águas que se acumulam no seu canal, uma vez que propor-ciona a estocagem, proteção e depuração da água no solo. As águas das chuvas que se infiltram se beneficiam do potencial do solo, como agente de estocagem natural e da capacidade de filtro que possui, permitindo que a água seja liberada lentamente e depurada às nascentes, aos cursos de água e aos aquíferos subter-râneos. Experiências mostraram que o terraceamento de lavouras em encostas trouxe aumentos consideráveis na vazão das nascentes localizadas na linha de drenagem, a montante das encostas terraceadas. Os benefícios proporcionados pelos terraços na preservação ambiental, na produção das culturas, na proteção da água e “produção de água”, recomendam considerá-los no estabelecimento de estratégias para o manejo e conservação da água e do solo.

b) Adequação das estradas rurais sob critérios conservacionistas

As estradas desempenham um papel importante para o desenvolvimento do meio rural, tendo esta relevância crescida significativamente nos últimos tempos. Isto se deve a uma elevação do número de atividades desenvolvidas nas propriedades rurais baseadas em iniciativas como a produção de leite, aves, suínos, peixes e produtos hortigranjeiros, que necessitam do escoamento da produção e do recebimento de insumos com frequência (às vezes diária) e sob qualquer condição climática. A adequação de estradas rurais sob critério conservacionista visa basicamente criar boas condições para que não causem danos às áreas adjacentes, nem estas causem prejuízos às estradas. Para tanto, encontram-se disponíveis práticas já consolidadas por programas de manejo da água e do solo. São elas: a) traçado das estradas nos divisores d'água, procedimento que minimiza e até mesmo impede a entrada de água dos plantios para a estrada; b) traçado das estradas em nível, preferencialmente acompanhando o talude inferior de um terraço, no caso da estrada localizar-se em alguma porção da encosta – esse procedimento também evita a interferência de água dos plantios no leito da estrada; c) construção de lombadas no leito das estradas, interligando-as com os terraços dos plantios adjacentes as estradas. Esta prática é recomendada para estradas com traçado em desnível, cuja condição favorece a formação e o deslocamento de enxurradas. As lombadas têm a função de conduzir a enxurrada para o canal dos terraços, que farão a contenção.

c) Plantio em nível

O plantio em nível, considerado até certo ponto como uma medida simples de controle da erosão hídrica, constitui uma prática importante e com impacto expressivo na contenção das perdas de água e solo dos plantios. A importância dessa prática é melhor percebida quando o plantio de uma cultura é realizado acompanhando o sentido da declividade da área e com a incidência de chuvas mais intensas, subsequente ao plantio. Esta condição tem contribuído para as perdas de água, e solo em volume elevado. Os sulcos produzidos pela operação de plantio e posteriormente as fileiras das plantas, quando em nível, constituem-se em um grande número de pequenas barreiras que além de favorecer a infiltração da água no solo, fazem a detenção de parte da enxurrada que venha a se formar.

3.7 Recuperação Ambiental

a) Recomposição da mata ciliar;

A proteção no entorno das nascentes e ao longo dos rios por meio da floresta, denominadas Áreas de Preservação Permanente (APP), é fundamental

para garantir água em quantidade e qualidade. Idêntica importância tem as Áreas de Reserva Legal (ARL). Assim, considerando o valor da água, inclusive econômico, as áreas de APP e ARL não se constituem em espaços perdidos ou sem função de produção. Ao contrário do que possa parecer, exercem um papel relevante nas propriedades rurais. Portanto, a recuperação e preservação das APPs e ARLs devem ser entendidas como medidas importantes para a manutenção da vida, principalmente quando estas áreas estiverem associadas. Embora as APPs e as ARLs sejam de grande importância para a água, não são suficientes por si só para exercer um controle eficaz na entrada nos cursos de água de nutrientes e sedimentos carregados das lavouras pelas enxurradas, especialmente nas grandes chuvas. Assim, as medidas já relacionadas para o aumento da infiltração da água nas lavouras e para a contenção das enxurradas, devem ser empregadas.

b) Manejo da pastagem

A diminuição do trânsito e da sobrelotação de animais são medidas importantes para o controle da erosão nas áreas de pastagens. Para alcançar este objetivo as medidas recomendadas são: a divisão de piquetes; a colocação de bebedouros nestes; a implantação de bosque sombreadores para os animais; a lotação correta de animais por área; a implantação de capineiras e de “bancos de proteínas” bem como a rotação das pastagens.

c) Controle da contaminação ambiental por agrotóxicos

Embora o solo tenha a função de filtro, podendo assim retirar da água os agrotóxicos que se encontrem nela dissolvidos, é necessário considerar quando se tem quantidades elevadas de agrotóxicos aplicadas fazendo o possível para impedir o arraste dessas substâncias que se encontram na superfície do solo para os cursos d'água pelas enxurradas, principalmente nas chuvas mais intensas; e contaminação da água por agrotóxico quando os pulverizadores são abastecidos diretamente nos cursos d'água. Tendo em vista que os compostos químicos presentes nos agrotóxicos não são eliminados pela fervura, cloração ou filtragem, torna-se importante evitar que cheguem as nascentes e cursos d'água. O controle da contaminação ambiental por agrotóxicos poderá ser feito pelo seguinte conjunto de ações, já consolidadas: uso da agroecologia como sistema de produção; manejo de pragas e invasoras, com o objetivo de criar condições para o uso racional de agrotóxicos; destinação correta de embalagens de agrotóxicos; localização de abastecedouros de pulverizadores comunitários em áreas que não ofereçam risco de contaminação dos mananciais.

d) Recuperação e conservação de nascentes

A nascente desejável é aquela que fornece água de boa qualidade, abundante e contínua. A recuperação e a conservação das nascentes que sofreram assoreamento se constituem, portanto, em medidas necessárias, uma vez que é, em

muitas propriedades rurais, a fonte de água que abastece a família do agricultor e os animais; assim como contribui com a vazão dos rios e a qualidade das suas águas. As medidas para a conservação das nascentes são aquelas propostas para o aumento da infiltração da água no solo e para o controle das enxurradas.

e) Aptidão agrícola das terras

O uso do solo para as atividades agrícolas dentro da capacidade de uso das terras é uma medida básica para a boa gestão de uma propriedade rural. O uso de áreas para fins agrícolas em desacordo com a aptidão agrícola das terras traz os seguintes inconvenientes: aumenta os riscos de degradação dos solos e diminui o rendimento da exploração agrícola, podendo inviabilizar empreendimentos.

O avanço na área de sistemas de informações geográfico vem ajudando a mapear áreas com maior precisão, tornando a tomada de decisão para o encarregado do manejo, mais eficiente e eficaz. Novas práticas de adubação e novos compostos utilizados para a nutrição do solo estão diminuindo o impacto dessa prática ao meio ambiente e aos que estão diretamente ligados. Os avanços na fisiologia vegetal e na produção de mudas e sementes proporcionam resultados animadores quando se trata de revegetação de áreas degradadas, aumentando a porcentagem de sucesso de implantação das culturas. Mais tecnologia estará disposta futuramente para esta área, que está na mira de empresas e governos, visto a sua vital importância para o sistema em que vivemos.

3.8 O Manejo de Bacias Hidrográficas como instrumento para o Gerenciamento

Um grande avanço para o gerenciamento de recursos hídricos foi a Lei nº 9.433/97, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou, no Brasil, o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, tendo como preceitos básicos: a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento, a consideração dos múltiplos usos da água, o reconhecimento da água como um bem finito, vulnerável e dotado de valor econômico e a necessidade da consideração da gestão descentralizada e participativa desse recurso (BRASIL, 1997).

O planejamento e a gestão dos recursos hídricos têm como principais preocupações minimizar os impactos do uso do solo e eliminar, por meio da reflexão sobre a importância da proteção dos recursos hídricos e realização de atividades educativas e conscientizadoras, o descaso que temos presenciado a cada dia com a água devido ao uso inadequado desse recurso pelo homem.

A ausência de planejamento na utilização dos recursos naturais faz com que o uso de técnicas inadequadas acabe gerando um ciclo de consequências

negativas. Entre elas estão a má conservação do solo e da água, a erosão, o déficit hídrico, a baixa produtividade e as perdas econômicas e ambientais.

Com o crescente desenvolvimento populacional e desordenado nos grandes centros urbanos, e conseqüentemente com o aumento de veículos e indústrias, o meio ambiente vem sofrendo de forma drástica as conseqüências das poluições atmosféricas, dos recursos hídricos e desmatamentos que têm comprometido a fauna e flora e todos demais recursos naturais. É preciso avaliar os diversos efeitos desses impactos, estudar novas tecnologias de monitoramento e avanços tecnológicos no tratamento e gestão das águas.

O levantamento socioeconômico ambiental realizado por meio de diagnóstico rápido participativo com os atores sociais proporciona sucesso para o manejo da bacia hidrográfica. Desta forma é preciso desenvolver com os produtores rurais técnicas sociais de fácil implantação para a manutenção e preservação dos recursos naturais locais.

Programas de conservação da água devem ser desenvolvidos nos centros urbanos, redes de distribuição, e dentre outras áreas de tratamento da água, mas principalmente na bacia hidrográfica. Busca-se a racionalização do uso deste recurso a partir da implantação de técnicas conservacionistas de água e solo, dentre elas a criação de áreas de preservação permanente, proteção das nascentes, plantio direto, combate à poluição e ao desmatamento. Sua conservação é imprescindível para que toda pessoa usufrua de água potável em quantidade e em adequadas condições de qualidade para seus diversos usos.

Diante da interferência do homem ao meio ambiente é desenvolvida, por meio de um processo pedagógico participativo, a educação ambiental nas escolas e atingindo por meio de uma corrente de conscientização, familiares, amigos e vizinhos. A educação ambiental deve promover o desenvolvimento de conhecimento, de atitudes e de habilidades necessárias à preservação e melhoria da qualidade ambiental.

Não somente em centros urbanos verifica-se a importância de desenvolver a educação ambiental, mas também nas comunidades rurais, local onde inicia-se a vida, onde as nascentes abastecem rios, lagos, córregos e onde ocorre a perpetuação das espécies vegetais e animal.

Mudanças positivas em relação ao comportamento do homem e o uso dos recursos hídricos são alcançadas e desta forma proporcionam a sustentabilidade do meio ambiente, fator de extrema importância para a garantia dos recursos naturais e manutenção da vida.

A recuperação e preservação da bacia hidrográfica são processos fundamentais para a promoção de serviços e bens ambientais que favorecem o de-

envolvimento rural sustentável e proporcionam uma melhor qualidade de vida das populações.

O gerenciamento de recursos hídricos envolve um conjunto de ações estratégicas direcionadas pela Política Nacional de Recursos Hídricos por meio dos instrumentos de gerenciamento. Em um plano prático cabe dizer que do instrumento Planejamento de Bacias Hidrográficas haveríamos de colocar o manejo de Bacias Hidrográficas como estratégia de gerenciamento, pois todos os benefícios gerados pelo manejo poderiam assim ser sentidos em todas as regiões hidrográficas do país.

3.9 Considerações finais

O Brasil, apesar de ser rico em recursos hídricos sofre com a degradação das bacias hidrográficas, com a má distribuição territorial dos recursos hídricos e com as próprias variações climáticas de ordem natural ou induzida. Promover a gestão de tudo isso requer ainda uma múltipla atenção de todos os recursos, assim, acredita-se que o manejo das bacias seja uma solução provável para toda essa diversidade e adversidade encontrada.

3.10 Referências

- BRASIL. Lei 9.433/97, 8 jan.1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente /Secretaria de Recursos Hídricos. 1997.
- BROOKS, K. N.; P. F. FFOLLIO; H. M. GREGERSEN; J. L. THAMES. *Hydrology and the Management of Watersheds*. Iowa: State University Press. 1991. 391p.
- CALIJURI, M. C.; BUBEL, A. P. M. Conceituação de Microbacias. In: LIMA, W de P.; ZAKIA, M.J.B. (Orgs.). *As florestas plantadas e a água*. Implementando o conceito da microbacia hidrográfica como unidade de planejamento. São Carlos: Ed. RiMA, 2006. 226p.
- CAMPOS, J. D. *Desafios do gerenciamento dos recursos hídricos nas transferências naturais e artificiais envolvendo mudança de domínio hídrico*. 2005. 428 p. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Civil)–Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.
- DIAS, H. C. T. Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Florestal. Notas de Aula, *Hidrologia e Manejo de Bacias Hidrográficas*, Viçosa, MG, 2009.
- FAUSTINO, J. *Planificación y gestión de manejo de cuencas*. Turrialba: CATIE, 1996. 90p.
- LIMA, W. P.; ZAKIA M. J. B. Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES; R. R.; LEITÃO FILHO; H. F. (Ed.) *Matas ciliares: conservação e recuperação*. 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2000. p. 33-43.

- LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. Monitoramento de bacias hidrográficas em áreas florestadas. In: *Workshop sobre monitoramento ambiental em áreas florestadas*, 1, PIRACICABA, 1996. Memória. Série Técnica IPEF, v.10, n. 29, p.11-21, 1996.
- PINTO, N. L. S.; HOLTZ, A. C. T.; MARTINS, J. A.; GOMIDE, F. L. S. *Hidrologia Básica*. 1. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1976. 279 p.
- ROCHA, J. S. M. *Manual de Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas*. 2. ed. Santa Maria: UFSM, 1991. 181p.
- STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Trans. Am. Geophys. Un.*, 8 (6): p.913-920, 1957.
- TONELLO, K. C. *Análise Hidroambiental da Bacia Hidrográfica da Cachoeira das Pombas*, Guanhães, MG. 2005. 69 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)– Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.
- VALERI, S. V.; POLITANO, W.; SENÔ, K. C. A.; BARRETTO, A. L. N. M. Manejo e recuperação florestal: legislação, uso da água e sistemas agroflorestais. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2003. 180p.
- WALLING, D. E. Water in the catchment ecosystem. In: CÂMARA Critérios e indicadores para monitoramento hidrológico de florestas plantadas. Dissertação (Mestrado). São Carlos, 2004.

Roberta de Oliveira Aversa Valente
Carlos Alberto Vettorazzi
Rubens Angulo Filho

UNIDADE 4

Geotecnologias como suporte para o planejamento
e gestão de Bacias Hidrográficas

4.1 Primeiras palavras

O manejo sustentável de uma bacia hidrográfica pressupõe o conhecimento de sua estrutura, componentes e processos. As Geotecnologias dão suporte a este manejo, visto sua capacidade de coleta e análise de dados com referencial espacial, os quais subsidiam a posterior tomada de decisão a respeito da unidade de paisagem. Nesta unidade serão apresentadas algumas das principais tecnologias importantes ao manejo de bacias hidrográficas, como os Sistemas de Informação Geográficos, os Sistemas Globais de Posicionamento por Satélites e o Sensoriamento Remoto. Por fim um estudo de caso exemplificará a intrínseca relação entre estas duas áreas do conhecimento.

4.2 Problematizando o tema

Na atualidade é crescente a necessidade de informação espacial georreferenciada, para a tomada de decisão, nas diversas áreas de atuação. Comumente requer-se informação georreferenciada e no formato digital, em função da praticidade de armazenamento de dados, facilidade de manipulação, além da redução de custo quanto comparado ao material impresso.

Câmara & Davis (2001) mencionam que já na década de 1950, em especial nos Estados Unidos e Inglaterra, havia esta preocupação com automatização do processamento de dados com características espaciais e, ainda, que foi na década de 1980, com os avanços tecnológicos da microinformática e estabelecimento de centros especializados em informação espacial, é que se tornou possível armazenar e representar tais informações em ambiente computacional.

Neste contexto é que surgiu o termo Geotecnologias, o qual envolve as diferentes tecnologias relacionadas à coleta, ao armazenamento, ao processamento, a análise e representação de dados com expressão espacial, ou seja, passíveis de serem referenciados geograficamente (VETTORAZZI, 1996). Na literatura, são apresentadas diferentes definições para este termo, em especial, ao longo dos tempos em função justamente desta evolução tecnológica de equipamentos e das técnicas de processamento de dados.

De maneira geral, as definições abrangem desde a Topografia convencional à utilização dos produtos de Sensoriamento Remoto. Nesta unidade serão apresentadas algumas das principais tecnologias que dão suporte ao planejamento e gestão de bacias hidrográficas.

4.3 Geotecnologias

4.3.1 Sistemas Globais de Posicionamento e navegação por satélite

O levantamento cadastral é de grande importância no manejo de bacias e é tradicionalmente realizado por meio de técnicas topográficas convencionais. Modernamente, uma grande ajuda nesse tipo de trabalho é dada pelo emprego de sistemas de posicionamento e navegação por satélites, quer de forma isolada ou integrados às técnicas topográficas. Além do cadastro, o levantamento de feições pontuais (pontos de coleta de amostras de solo, de água, por exemplo), lineares (cursos d'água, caminhos, etc.) e poligonais (áreas erodidas, talhões, etc.), também podem ser executados com o auxílio de satélites específicos.

Durante muitos anos nos acostumamos a ouvir o termo GPS (sigla de *Global Positioning System*) e relacioná-lo, automaticamente, às atividades de posicionamento e navegação com auxílio de satélites. Esse sistema possibilitou uma verdadeira revolução nos campos da navegação e de posicionamento, favorecendo inúmeras aplicações, nas mais diversas áreas de atuação, e possibilitando o surgimento de várias outras.

Hoje em dia, outra revolução encontra-se em curso nessa área, com a reunião de sistemas diversos, sob a sigla GNSS, de *Global Navigation Satellite System*. O GNSS, em sua configuração atual, é, resumidamente, a junção dos sistemas GPS (americano) e GLONASS (russo). No futuro haverá a incorporação do sistema GALILEO (europeu) e, possivelmente, do BEIDOU (ou COMPASS, em inglês), que é o sistema chinês. Essa reunião de sistemas tem por finalidade garantir uma melhoria na geometria das constelações de satélites, disponibilidade de serviços para todas as regiões do globo, integridade e confiança aos usuários.

O GPS é o sistema mais antigo. Os satélites do Bloco I, já desativados, foram lançados a partir de 1978. Em 08 de dezembro de 1993 foi declarada a sua “Capacidade Operacional Inicial” e em 27 de abril de 1997, a sua “Capacidade Operacional Integral”.

O GPS foi desenvolvido e é operado pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos (DoD). Apresenta uma disponibilidade contínua, durante as 24 horas do dia; cobertura global; permite as determinações de latitude, longitude, altura elipsoidal e horário; para as coordenadas, sua exatidão nominal era de aproximadamente 100m até 02 de maio de 2000, quando passou a algo próximo a 16 m (em geral, menos que esse valor), com o desligamento da degradação intencional, chamada de Disponibilidade Seletiva (em inglês, *Selective Availability* – S.A.). No modo relativo a exatidão alcança valores subcentimétricos.

São dois os tipos de serviço oferecidos pelo GPS: o Standard Positioning Service (SPS) e o Precise Positioning Service (PPS):

SPS: oferecido para todos os usuários do globo, sem cobrança de qualquer tipo de taxa. Este serviço foi planejado para oferecer exatidão horizontal e vertical de 100m e 140m, respectivamente, e 340 ns na obtenção de tempo, com nível de confiança de 95%. Porém, testes demonstraram que seria possível o fornecimento de resultados melhores, isto levou o DoD a implementar a AS (Selective Availability). Com o crescente desenvolvimento dos receptores e de técnicas que visavam a contornar esse problema, além do surgimento de novos sistemas de posicionamento, ameaçando a hegemonia do GPS, o DoD decidiu desativar a SA às 04 horas TU do dia 2 de maio de 2000, o que causou uma melhora de 5-10 vezes na exatidão dos resultados.

PPS: proporciona melhores resultados que o SPS, entretanto é restrito ao uso militar e usuários autorizados. Este serviço proporciona melhores níveis de exatidão, mas não é do interesse do DoD americano disponibilizá-lo a todos os usuários do GPS, pois acabaria colocando em risco alguns aspectos de segurança.

O sistema GPS é dividido em três segmentos principais:

1. O segmento espacial, que é constituído pelos satélites que transmitem os sinais usados no posicionamento;
2. O segmento de controle, que é responsável pela manutenção do sistema;
3. O segmento de usuários, contendo todas as aplicações e tipos de receptores.

Quanto ao segmento espacial, é constituído de 24 satélites, na constelação final, mais reservas, em seis planos orbitais, com inclinação de 55°, com quatro satélites em cada plano. Sua órbita está a 20.183 km (12.545 milhas) de altitude, com um período de aproximadamente 12 horas.

O posicionamento, que consiste da determinação da posição de objetos, parado ou em movimento, na superfície terrestre ou próximo a ela, utilizando o GPS, pode ser realizado, basicamente, na forma absoluta ou relativa. O posicionamento é chamado de absoluto (ou por ponto), quando as coordenadas estão associadas diretamente ao geocentro; no posicionamento relativo às coordenadas são determinadas em relação a um referencial com coordenadas conhecidas, permitindo o cálculo de coordenadas corrigidas para o ponto a ser posicionado.

O GLONASS (*Global'naya Navigatsionnay Sputnikovaya Sistema* – Sistema de Navegação Global por Satélite) foi desenvolvido pela ex-URSS, no início dos anos 1970, sendo atualmente mantido pelo governo russo por meio

da *Russian Federation Space Force*. Tem como principal objetivo proporcionar posicionamento tridimensional, velocidade e tempo sob qualquer condição meteorológica e em todo o globo.

O sistema apresenta dois tipos de sinais de navegação: o sinal de precisão padrão (SP – *Standard Precision*) e o sinal de alta precisão (HP – *High Precision*). O posicionamento e serviço de tempo no módulo SP é fornecido a todos os usuários civis de maneira contínua e ao redor do globo com precisão horizontal de 57 m a 70 m, vertical de 70 m, velocidade de 15 cm/s e tempo com exatidão de 1ns, com probabilidades de 99,7%.

Da mesma forma que o sistema americano, o russo GLONASS também é composto por três segmentos: o espacial, de controle e de usuários. O segmento espacial foi planejado para uma constelação de 24 satélites ativos e um reserva. Os satélites são divididos em três planos orbitais separados de 120° e com inclinação de 64,8° em relação ao plano do Equador. Cada plano orbital contém oito satélites igualmente espaçados (com intervalos de 45°). As órbitas apresentam uma altitude de aproximadamente 19.100 km e período orbital de 11 horas e 15 minutos.

O GALILEO será um sistema de navegação global por satélites próprio da Europa, que fornecerá um serviço altamente exato, garantido sob o controle civil. Será compatível com GPS e GLONASS, oferecendo duplas frequências como padrão. Garantirá a disponibilidade do serviço, sobretudo nas circunstâncias mais extremas, e informará aos usuários, dentro de segundos, uma falha no satélite. Isto será importante para as aplicações onde a segurança é essencial.

O sistema completo terá 30 satélites (27 mais 3 sobressalentes operacionais), posicionados em três planos médios circulares da órbita da terra (MEO – *Medium Earth Orbits*) em 23.616 km de altitude, e em uma inclinação dos planos orbitais de 56° em referência ao plano equatorial. O grande número de satélites junto com a otimização da constelação, e a disponibilidade dos três satélites de reposição ativos, assegurarão que a perda de um satélite não tenha nenhum efeito para o usuário.

Além da questão de soberania, outras questões foram importantes para criação do GALILEO, entre elas:

1. A integração GPS e GLONASS inclui o GALILEO no sistema de navegação global (GNSS) que, com um maior número de satélites, permitirá a determinação de posições exatas para a maioria de lugares na terra, inclusive onde hoje existe a obstrução do sinal;
2. Colocando seus satélites em órbitas mais inclinadas em relação ao plano equatorial do que o GPS, o GALILEO conseguirá melhor cobertura em latitudes elevadas;

3. Com um sistema próprio, a Europa entra no mercado de exploração de navegação por satélite, o que é de grande importância para os usuários, pois a concorrência fará com que o custo dos receptores e a qualidade dos sistemas melhore cada vez mais.

A estrutura do sinal do GALILEO será baseada em até quatro portadoras da banda L. Dependendo de acordos internacionais, duas frequências poderão ser idênticas às do GLONASS e outras duas iguais às do GPS.

Quanto ao segmento de serviços e desempenho, três opções poderão ser disponibilizadas:

1. OAS (*Open Access Service* – Serviço de Acesso Aberto), que será o serviço básico oferecido ao público, sem custos diretos, pelo menos até que o SPS (*Standard Positioning Service*) do GPS, também o seja.
2. CAS1 (*Controlled Access Service 1* – Serviço 1 de Acesso Controlado), para usuários que exigem um serviço garantido e com contrato de responsabilidades. Sobre este serviço será cobrada uma taxa dos usuários que vierem a utilizá-lo.
3. CAS2 (*Controlled Access Service 2* – Serviço 2 de Acesso Controlado), para uso militar e aplicações críticas em segurança.

Quanto à performance, o GALILEO deverá proporcionar pelo menos o mesmo desempenho a ser alcançado com a modernização do GPS. Para usuários autônomos, realizando posicionamento por ponto em tempo real, utilizando apenas observáveis resultantes do código (pseudodistâncias), está prevista uma exatidão horizontal de 4,0 m, vertical de 7,0 m e de tempo 30 ns.

Como já comentado, há a possibilidade da China também participar do GNSS, com seu sistema, em desenvolvimento, BEIDOU (COMPASS).

Pelo menos no que diz respeito aos serviços básicos de posicionamento e navegação, deverá haver compatibilidade e interoperabilidade entre os sistemas, o que representará um ganho significativo para o usuário, com melhorias tanto na exatidão como precisão de posicionamento e praticamente a eliminação de períodos em que a operação é impossibilitada devido ao número insuficiente de satélites. Hoje, já existem no mercado receptores capazes de rastrear o GPS e o GLONASS, com melhora no desempenho da operação e no rendimento de trabalho, em função da capacidade de duplo rastreamento.

Outra novidade interessante no que diz respeito ao aumento no rendimento de trabalho, principalmente no mapeamento sob condições em que a recepção dos sinais dos satélites fica prejudicada, é a integração GPS / estação total topográfica.

A diversidade de equipamentos de medição e técnicas topográficas, hoje em dia disponíveis, permite que seja possível ao usuário escolher o melhor método para cada trabalho a ser executado. Deve ser possível fazer mudanças de um método para outro (ou complementações) sem perdas de dados e atrasos, prejudiciais ao andamento do projeto. A filosofia fundamental de uso de dois sistemas distintos deve ser única, para garantir que o usuário possa mudar rapidamente de método.

O uso integrado de estações totais e GPS tem-se intensificado em levantamentos e locações em algumas áreas de aplicação. Geralmente, esse tipo de levantamento baseia-se no rastreamento de pontos precisos com GPS em um determinado alinhamento ou linha-base, que servirão como poligonais de apoio continuadas pela estação total para cadastro, detalhamento, ou locação e materialização de determinado projeto.

O usuário deve tomar cuidado com o Datum, o Sistema de Coordenadas e de Projeção Cartográfica utilizados. Além disso, na execução de levantamentos e locações com estações totais, deve ser usado um sistema de coordenadas topográficas local, existindo a necessidade de conversão de coordenadas para um sistema comum.

4.3.2 Sensoriamento Remoto

Segundo Brooks et al., 1991, o manejo de bacias hidrográficas pode ser definido como o processo de organizar e orientar o uso da terra e de outros recursos naturais numa bacia hidrográfica, a fim de produzir bens e serviços, sem destruir ou afetar adversamente o solo e a água. Baseados nesta definição pode-se dizer que a utilização do Sensoriamento Remoto tem um lugar de destaque dentre as geotecnologias utilizadas no manejo de bacias hidrográficas. Os avanços tecnológicos ocorridos nos últimos anos permitiram o surgimento de diferentes tecnologias e sensores que substituíram, com vantagens, as fotografias aéreas verticais analógicas, que foram intensamente utilizadas, até o início da década de 1970 como sendo, praticamente, o único produto de sensoriamento remoto disponível. Hoje, câmaras digitais, fotográficas e de vídeo são utilizadas na obtenção de imagens aéreas, permitindo ao usuário uma maior flexibilidade em termos de períodos de aquisição e de resolução espectral.

As imagens obtidas dos sistemas de sensoriamento orbital disponíveis atualmente fornecem dados repetitivos e consistentes da superfície da Terra, que são de grande utilidade em diferentes aplicações, inclusive no manejo de bacias hidrográficas. Cada uma dessas aplicações exige, geralmente, resolução temporal, espacial, espectral e radiométrica adequadas ao seu uso. Para a aplicação

no manejo de bacias hidrográficas, essas imagens permitirão, com maior precisão, caracterizar o uso e cobertura do solo em diferentes épocas, bem como identificar a dinâmica das atividades antrópicas desenvolvidas na bacia, que servirão de subsídio para a definição de modelos hidrológicos, que consideram o uso e cobertura do solo como parâmetros que influenciam nas respostas hidrológicas da bacia.

Neste sentido os processos de classificação digital de imagens orbitais tornaram-se um aliado importante no estudo das bacias hidrográficas, pois o desenvolvimento de ferramentas de análise utilizados em geoprocessamento aproximou, ainda mais, os usuários de dados de sensoriamento remoto do processo de desenvolvimento de suas aplicações.

Atualmente, existem em órbita da Terra, vários satélites com sensores que registram a energia eletromagnética, refletida ou emitida pelos diferentes componentes da superfície terrestre, em diferentes comprimentos de onda, tais como: 0,4 μm a 0,7 μm (espectro visível); 0,75 μm a 1,5 μm (infravermelho próximo); 1,55 μm a 2,5 μm (infravermelho médio); 10,0 μm a 12,0 μm (infravermelho termal); e 1,0 mm a 1,0 m (microondas), com resoluções espaciais variando de 1,0 m (satélites IKONOS I e II) a 1,1 km (satélites NOAA), capazes de produzir imagens com resoluções radiométricas de 8 bits (256 níveis de cinza) até 11 bits (2048 níveis de cinza), aumentando o poder de contraste e de discriminação das imagens, e ainda com os mais variados períodos de revisita (resolução temporal) às áreas de interesse (Tabela 1).

Esses novos sensores, com as diferentes resoluções, citadas anteriormente, constituem um avanço tecnológico que permite ao usuário extrair informações de maior qualidade e em maior quantidade. Um bom exemplo dessa evolução tecnológica são os sensores de alta resolução espacial a bordo dos satélites IKONOS II e SPOT 5. A utilização deste tipo de imagem vem aumentando muito, em função de se aproximarem e, em alguns casos, superarem em qualidade as fotografias aéreas verticais, principalmente na caracterização do uso e cobertura do solo.

É importante ressaltar que o atual crescimento da utilização de imagens orbitais no Brasil, é, em grande parte, devido à disponibilização gratuita pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) das imagens CBERS (Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres). O programa CBERS é o resultado do acordo, assinado em agosto de 1988, entre a Academia de Tecnologia Espacial da China (CAST) e o INPE. Nestes 11 anos (o CBERS-1 foi lançado em 14 de outubro de 1999), o programa CBERS conquistou novos usuários de imagens orbitais e, hoje, seus dados são fundamentais para monitorar o meio ambiente, bacias hidrográficas, avaliar desmatamentos, áreas agrícolas e o desenvolvimento urbano. Encontrava-se em operação, até o dia 16 de abril de 2010, o

CBERS-2B quando os técnicos perderam contato com o satélite e não conseguiram mais restabelecê-lo, assim o programa deverá ficar com uma lacuna na produção de imagens até o segundo semestre de 2011, quando deverá ser lançado o CBERS-3.

Tabela 1 Características de alguns dos principais sistemas de sensoriamento orbital.

Satélite/Sensor	Resolução Espectral (μm)	Resolução Espacial	Resolução Radiométrica	Resolução Temporal
LANDSAT-5/TM	0,45-0,52	30 m 120 m (termal)	8 bits	16 dias
	0,52-0,60			
	0,63-0,69			
	0,76-0,90			
	1,55-1,75			
	10,4-12,5			
	2,08-2,35			
SPOT-5/HRVIR	0,50-0,59	20 m 10 m (pan)	8 bits	26 dias
	0,61-0,68			
	0,79-0,89			
	0,61-0,68			
IKONOS II	0,45-0,52	4 m 1 m (pan)	11 bits	3 dias
	0,52-0,60			
	0,63-0,69			
	0,76-0,90			
	0,45-0,90			
CBERS-2B/CCD	0,45-0,52	20 m	8 bits	26 dias
	0,52-0,59			
	0,63-0,69			
	0,77-0,89			
	0,51-0,73			
TERRA/MODIS	36 bandas 0,4 até 14,4	250 a 1000 m	12 bits	1 a 2 dias
ENVISAT/MERIS	15 bandas 0,4 até	300 a 1200 m		3 dias
ALOS/AVNIR-2	0,42-0,50	10 m	8 bits	
	0,52-0,60			
	0,61-0,69			
	0,76-0,89			

4.3.3 Sistemas de Informações Geográficas

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) são instrumentos computacionais do Geoprocessamento. Esses sistemas permitem a manipulação dos

dados de diversas fontes como mapas, imagens e cadastros, permitindo recuperar e combinar informações para efetuar os mais diversos tipos de análises sobre os dados (ALVES,1990). Os primeiros SIGs eram, contudo, semelhantes a bancos de dados cartográficos georreferenciado e, em outros casos, tinham a capacidade de análise espacial, mas não incluíam o processamento de imagens digitais de sensoriamento remoto.

O processamento digital de imagens foi, por sua vez, que motivou o desenvolvimento dos primeiros programas computacionais de Geoprocessamento. Neste caso, eles tinham a principal finalidade de extração de informações das imagens orbitais, ou seja, tinham o enfoque somente do Sensoriamento Remoto. Esses sistemas pretendiam agilizar as tarefas manuais realizadas durante a interpretação visual, permitindo ao analista obter informações que facilitassem a identificação de padrões espectrais. São exemplos, deste tipo de programas, o I-100 (Image One Hundred) e o SITIM, desenvolvidos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Com o aprimoramento de conceitos e tecnologias relacionados às áreas de Computação e Geoprocessamento, é que os programas computacionais passaram a integrar dados de diversas fontes e a criar banco de dados georreferenciados. Esses instrumentos computacionais foram, então, denominados de SIGs. Na atualidade a maioria desses sistemas têm o enfoque integrado do Sensoriamento Remoto, de análises espaciais, além de banco de dados georreferenciados.

As seguir são apresentadas as tradicionais definições de SIG, que expressam a multiplicidade de características e usos destes sistemas:

“Conjunto de ferramentas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados sobre o mundo real” (BURROUGH, 1986).

“Sistema de suporte à decisão que integra dados referenciados espacialmente em um ambiente de respostas a problemas” (COWEN, 1988).

“Um conjunto manual ou computacional de procedimentos utilizados para armazenar e manipular dados georreferenciados” (ARONOFF, 1989, p. 249).

A principal característica de um SIG é sua capacidade de análise espacial, a qual o diferencia de outros sistemas computacionais. De acordo com Câmara & Medeiros (1998), conceitualmente os SIGs apresentam, além desta característica, os seguintes componentes básicos: Interface com usuário; entrada e integração de dados; consulta e processamento de imagens; visualização e plotagem; e armazenamento e recuperação de dados de atributos espaciais e não espaciais (organizados sob a forma de um banco de dados geográficos), como ilustra a Figura 1.

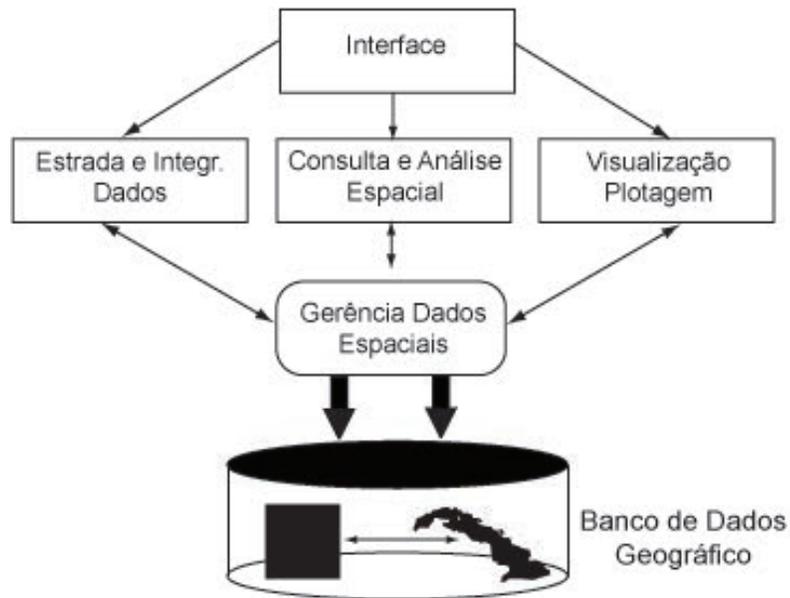


Figura 1 Arquitetura de Sistemas de Informações Geográficas.

Fonte: Câmara & Medeiros (1998).

Estes componentes estão organizados e relacionam-se com a mesma forma hierárquica nos diferentes SIGs, contudo, estes sistemas podem diferenciar-se entre si quanto à sua estrutura de dados (representação vetorial ou matricial); à sua organização do ambiente de trabalho (baseada em banco de dados geográficos ou projetos); e ao sistema de gerenciamento de dados (relacional ou proprietário, por exemplo).

No âmbito do manejo de bacias hidrográficas os SIGs são amplamente empregados justamente em função de sua capacidade de modelagem e análise de dados, que subsidiam a posterior tomada de decisão. Costuma-se dizer que, atualmente, em se tratando de SIG, as possibilidades de análise são limitadas somente pela imaginação dos analistas e pela disponibilidade de dados adequados (DAHL et al., 1996).

Outro aspecto a ser considerado é a interação entre os SIGs e a Internet. Vários SIGs estão disponíveis, mesmo que em versões simplificadas, para a visualização de imagens de sensoriamento remoto, mapas cartográficos e também modelos tridimensionais de determinadas regiões. Esse material pode auxiliar, de diferentes formas, em algumas das etapas do manejo de uma bacia hidrográfica.

4.4 Exemplos de aplicação: definição de áreas prioritárias à conservação florestal por meio do método da média ponderada ordenada

Valente & Vettorazzi (2008) definiram áreas prioritárias à conservação florestal na bacia do rio Corumbataí (SP), visando ao incremento da biodiversidade

regional, utilizando a Avaliação Multicriterial (AM), com o método da Média Ordenada (MPO).

A AM é uma das técnicas empregadas para a tomada de decisão e sua integração com os SIGs foi considerada um avanço em relação ao procedimento convencional de cruzamento de planos de informação para a priorização de áreas (MALCZEWSKI, 1999; THILL, 1999). Com essa integração a AM pode ser considerada um processo que combina e transforma dados espaciais (planos de informação de entrada) em mapas finais para a tomada de decisão, sendo as regras de decisão é que definem as relações entre os dados de entrada e os mapas finais (MALCZEWSKI, 1999).

Segundo Malczewski (2004), essa avaliação envolve a utilização de dados georreferenciados, os conceitos dos tomadores de decisão e a manipulação desses dados e conceitos com base em regras específicas. Para esse autor duas considerações são importantes: (I) a capacidade do SIG de adquirir, armazenar, recuperar, manipular e analisar dos dados georreferenciados e (II) a capacidade de combinar esses dados e os conceitos dos tomadores de decisão em alternativas de decisões.

A base do processo de tomada de decisão, com a AM são os critérios. Eles são a evidência sobre a qual um indivíduo pode ser designado a um conjunto de decisão. Podem ser de dois tipos fatores e restrições, podendo referir-se tanto a atributos do indivíduo quanto ao conjunto todo de decisão (EASTMAN, 2001). Os fatores que representaram as características da paisagem importantes aos objetivos do estudo foram: proximidade à rede hidrográfica; proximidade à cobertura florestal; proximidade entre fragmentos de maior área nuclear; distância aos centros urbanos; distância à malha viária; e vulnerabilidade à erosão.

Na produção destes fatores foram necessários os planos de informação rede hidrográfica, fragmentos florestais, áreas urbanas, estradas, declividade e erodibilidade do solo. Com exceção destes dois últimos planos, os demais foram extraídos do mapa de uso e cobertura do solo produzido por Valente & Vettorazzi (2008), por meio de uma classificação digital supervisionada de imagens do satélite LANDSAT 7, apresentando exatidão de classificação de 93%. Todos os planos de informação e fatores compõem o banco de dados cartográfico do Laboratório de Geoprocessamento da ESALQ/USP e foram produzidos com 20 m de resolução espacial, no sistema de projeção UTM 23 S (Datum Córrego Alegre).

O método MPO pressupõe a definição de dois grupos de pesos: os pesos de fatores e os de ordenação. Os pesos de fatores expressam a importância, ou ordem de importância, dos fatores no processo de tomada de decisão (MALCZEWSKI, 2004). Valente & Vettorazzi (2008) os definiram (Tabela A) com base no Método da Comparação Pareada, no contexto do Processo Hierárquico

Analítico e com auxílio da Técnica Participatória. O segundo grupo de pesos, os de ordenação (Tabela B), controla a maneira pelo qual os fatores são agregados e o nível de compensação entre eles (YAGER, 1988). De acordo com Jiang & Eastman (2000) eles controlam a posição de operador de agregação em um *continuum* existente entre a aversão a risco e o risco total, além do nível de compensação entre fatores. Consideraram-se, assim, os parâmetros risco e compensação, sendo avaliados mapas de áreas prioritárias com riscos médio, alto e baixo.

Valente & Vettorazzi (2008) por meio de uma amostragem (52 pontos definidos estatisticamente, como sugerido por Eastman, 2001) avaliaram os mapas de fatores e prioridades e, sobretudo, qual mapa de prioridades representou a melhor interação entre fatores. Os autores obtiveram que o mapa associado a um alto risco ($r = 0,40$) e com compensação de 78% entre os fatores representou a melhor alternativa na priorização de áreas.

Para esta melhor alternativa, os autores realizaram uma análise de sensibilidade (método exploratório), sendo a matriz pareada reorganizada à medida que se eliminava os fatores. Como anteriormente, avaliaram-se os diferentes mapas gerados por meio de pontos amostrados. A análise de sensibilidade indicou um novo cenário à priorização de áreas, o qual foi produzido com riscos baixo, médio e alto (Tabelas C e D).

Tabela A Matriz de comparação pareada entre os mapas de fatores e pesos de fator.

Fatores	Vulner.	Dist. urb.	Dist. malha	Prox. rede	Prox. frag.	Prox. área	Pesos de fator
Vulner.	1						0,0725
Dist. urb.	2	1					0,1171
Dist. malha	2	1	1				0,1171
Prox. rede	2	2	2	1			0,1736
Prox. frag.	2	2	2	1	1		0,1736
Prox. área	4	2	2	3	3	1	0,3462
Taxa de Consistência (TC) = 0,03						Total	1,0000

Sendo: Vulner.: vulnerabilidade à erosão; Dist. urb: distância aos centros urbanos; Dist. malha: distância à malha viária; Prox. rede: proximidade à rede hidrográfica; Prox. frag.: proximidade aos fragmentos florestais; Prox. área: proximidade entre fragmentos com maior área nuclear.

Tabela B Pesos de ordenação para a matriz de comparação pareada.

Fatores	Peso de ordenação		
	Risco médio	Risco baixo	Risco alto
Vulner.	0,1667	0,1200	0,0800
Dist. urb.	0,1667	0,2200	0,1800
Dist. malha	0,1667	0,2200	0,1800
Prox. rede	0,1667	0,0500	0,0800
Prox. frag.	0,1667	0,0500	0,0800
Prox. área	0,1667	0,3400	0,4000
Total	1,0000	1,0000	1,0000
Risco	0,5000	0,6200	0,4000
Compensação	1,0000	0,7000	0,7800

Tabela C Matriz de comparação pareada e pesos de fator: sem proximidade à rede hidrográfica.

Fatores	Vulner.	Dist. urb.	Dist. malha	Prox. frag.	Prox. área	Pesos de fator
Vulner.	1					0,0867
Dist. urb.	2	1				0,1520
Dist. malha	2	1	1			0,1520
Prox. frag.	2	2	2	1		0,2198
Prox. área	4	2	2	3	1	0,3895
Taxa de Consistência (TC) = 0,03					Total	1,0000

Tabela D Pesos de ordenação : sem proximidade à rede hidrográfica.

Fatores	Peso de ordenação		
	Risco médio	Risco baixo	Risco médio-alto
Vulner.	0,1667	0,0800	0,0800
Dist. urb.	0,1667	0,2300	0,1800
Dist. malha	0,1667	0,2300	0,1800
Prox. frag.	0,1667	0,1300	0,1600
Prox. área	0,1667	0,3300	0,4000
Total	1,0000	1,0000	1,0000
Risco	0,5000	0,5400	0,4600
Compensação	1,0000	0,7800	0,7300

Valente & Vettorazzi (2008) descrevem que, de acordo com este novo cenário, o fator proximidade à rede hidrográfica não deve ser empregado na priorização de áreas à conservação florestal na bacia do rio Corumbataí. Dentre os três mapas produzidos, foi aquele com risco médio-alto ($r= 0,46$) e compensação de 73% entre os demais fatores.

Segundo os autores, a presença do mapa de proximidade à rede hidrográfica promovia a priorização, predominantemente, em função dos corpos d'água. Mesmo na região marcada pela presença dos fragmentos de maior área nuclear, definida em função dos maiores pesos (compensação e ordenação) atribuídos ao fator proximidade entre fragmentos de maior área nuclear. Quando esse fator foi eliminado passou-se a priorizar as regiões associadas à presença dos fragmentos de floresta e, principalmente, daqueles com maiores áreas nucleares.

No caso da Bacia do Rio Corumbataí o principal problema da priorização em função, principalmente, da rede hidrográfica está em algumas de suas regiões onde corpos d'água não possuem vegetação ciliar ou então somente fragmentos pequenos e distantes uns dos outros. A importância de ações nas regiões ao longo dos corpos d'água é amplamente discutida na literatura (DURIGAN & SILVEIRA, 1999; FORMAN, 1997; FORMAN & COLLINGE, 1997), contudo, quando se deseja incremento da biodiversidade, por meio de ações de conservação, não se pode desconsiderar os fragmentos de floresta e, sobretudo, os fragmentos com uma estrutura mais bem definida. Esses últimos são, segundo McNeely et al. (1990), os retentores de maior diversidade em uma paisagem e quando conectados (especialmente ou por meio de outros fragmentos menores) é que irão subsidiar a reestruturação de toda a paisagem.

Os autores ressaltam, também, que os pesos de ordenação desse mapa de prioridades promoveram a definição de áreas prioritárias de acordo com o preestabelecido para o processo de tomada de decisão. Promovendo, dessa forma, a conexão florestal, principalmente daqueles fragmentos com maiores áreas nucleares, em locais mais sensíveis da bacia (maiores declividade e erodibilidade do solo) e, na medida do possível, distantes de fontes de distúrbios (estradas e áreas urbanas, por exemplo). Grande parte das áreas com maior prioridade estão em regiões da bacia que concentram as maiores áreas de floresta nativa. Essas regiões (sub-bacias do rio Passa-Cinco e Alto Corumbataí), segundo Valente & Vettorazzi (2008), além da concentração de floresta nativa, possuem os melhores fragmentos (maiores, mais próximos uns dos outros, com melhor forma e maior área nuclear) da Bacia do Rio Corumbataí.

No que diz respeito aos dois outros mapas de prioridades, com riscos médio ($R= 0,50$, compensação=100%) e médio-baixo ($R= 0,54$, compensação=78%), os autores verificaram que eles não se mostraram adequados a priorização de áreas porque a relação mapa de prioridades e importância dos fatores foi alterada. No primeiro caso, a priorização considerou, na maioria das situações, a proximidade entre fragmentos, mas não a proximidade entre fragmentos de maior área nuclear, que são necessários para o incremento da biodiversidade de uma paisagem (GENELLETTI 2004; METZGER, 2003; MCNEELY et al. 1990). No segundo caso o principal problema foi a excessiva influência dos mapas de

distâncias à malha viária e aos centros urbanos. Para que se obtivesse risco baixo (ou próximo ao baixo) foi necessária uma alta compensação (baixo peso de compensação e alto peso de ordenação) dos mapas de distâncias e, assim, (I) algumas regiões, da bacia receberam alta/muito alta prioridade, mesmo sem a presença e/ou proximidade de fragmentos de floresta (independentemente de seu tamanho) e (II) a priorização de algumas regiões independentemente se estão distantes ou não de fontes de distúrbios (estradas e centros urbanos).

Valente & Vettorazzi (2008) concluíram, dentre outros aspectos, que mesmo um processo decisório perfeitamente estruturado pode levar a decisões não coerentes, se empregado um método inadequado de agregação de fatores. O MPO é, por sua vez, adequado a priorização de áreas, sendo flexível, fácil de implementar no ambiente SIG e, mais importante, permite a interação de conhecimentos e características da paisagem, no processo de tomada de decisão.

4.5 Considerações finais

O planejamento conservacionista pressupõe o diagnóstico da situação atual da bacia hidrográfica assim como o prognóstico de suas condições futuras, isto baseado em uma abordagem multidisciplinar e na coleta e análise de dados com referencial espacial. Estabelece-se, assim, uma intrínseca relação entre o manejo em nível de bacias hidrográficas e as Geotecnologias.

As vantagens de utilização destas tecnologias independem dos sistemas adotados (SIG, por exemplo), em especial se forem empregadas de maneira integrada. Dessa forma, colaboram para a robustez do banco de dados cartográfico georreferenciado, visto que permitem representar a bacia hidrográfica como um modelo mais próximo do real. Modelo que pode ter suas variáveis atualizadas e modeladas de maneira mais rápida e eficiente.

As Geotecnologias estão associadas ao crescente desenvolvimento tecnológico e, em especial, a facilidade de acesso por meio de usuários. Para que possam subsidiar o manejo de bacias hidrográficas devem ser empregadas de modo coerente, por especialistas que conheçam suas vantagens e limitações, bem como, saibam obter dados confiáveis e coerentes com os objetivos do manejo, tecnologias e realidade da unidade de paisagem.

4.6 Estudos complementares

Para mais informações, consulte:

MONICO, J. F. G. *Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS: Descrição, fundamentos e aplicações*. 2. ed. São Paulo: Editora UNESP, 2008. 475p.

NOVO, E. M. L. M. *Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações*. 3. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2008.

MIRANDA, J. I. *Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas*. 2. ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2010.

4.7 Referências

ALVES, D. S. Sistema de informação geográfica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEO-PROCESSAMENTO, 1., 1990, São Paulo, Anais... São Paulo:USP, Escola Politécnica, 1990. p.66-78.

ARONOFF, S. *Geographical information systems: a management perspective*. Ottawa: WDI Publications, 1989.

BROOKS, K. N.; FFOLLIOTT, P. F.; GREGERSEN, H.M. ; THAMES, J. L. *Hydrology and the management of watersheds*. Ames: Iowa State University Press, 1991. 392p.

BURROUGH, P. A. *Principles of geographical information systems*. Oxford University Press, Oxford, 1986. 193p.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. Apresentação. In: Câmara, G.; Davis, C.; Monteiro, A. M. V. *Introdução à ciência da geoinformação*. São José dos Campos: INPE, 2001. cap. 01. p.1.

COWEN, D. J. *GIS versus CAD versus DBMS: what are the differences?* Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1988. 54 v. p. 1551-1554.

DAHL, T. E.; YOUNG, R. D.; CALDWELL, M. C. *Monitoring wetlands across large-scale ecosystems*. Philadelphia: GIS World, 1996. v.9, n.7, p.58-60.

DURIGAN, G.; SILVEIRA, E. R. Recomposição da mata ciliar em domínio de cerrado, Assis, SP, Brasil. *Scientia Forestalis*, n. 56, p. 135-144, 1999.

EASTMAN, J. R. *IDRISI 32 release 2: guide to GIS and image processing*. Worcester: Clark Labs, Clark University, 2001.

FORMAN, R. T. T. *Land mosaics: the ecology of landscapes and regions*. New York: Cambridge University, 1997.

FORMAN, R. T. T.; COLLINGE, S. K. Nature conserved in changing landscapes with and without spatial planning. *Landscape and Urban Planning*, v. 37, p. 129-135, 1997.

GENELETTI, D. Using spatial indicators and value functions to assess ecosystem fragmentation caused by linear infrastructures. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, v. 5, p.1-15, 2004.

JIANG, H.; EASTMAN, J. R. Application of fuzzy measures in multi-criteria evaluation in GIS. *International Journal of Geographical Information Science*, v.14 (2), p.173-184, 2000.

MALCZEWSKI, J. *GIS and multicriteria decision analysis*. New York: John Wiley, 1999.

_____. GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview. *Progress in Planning*, v.62, n.1, p.3-65, 2004.

MCNEELY, J. A.; MILLER, K. R.; REID, W.W.; MITTERMEIER, R.A.; WERNER, T.B. *Conserving the world's biological diversity*. New York: The World Bank, 1990.

METZGER, J. P. Como restaurar a conectividade de paisagens fragmentadas? In: Kageyama, P. Y.; Oliveira, R. E.; Moraes, L. F. D.; Engel, V. L.; Gandara, F. B. (Eds.) Res-

tauração ecológica de ecossistemas naturais. Botucatu: FEPAF, 2003, p.51-76.

THILL, J. C. *Multicriteria decision-making and analysis: A Geographic Information Sciences approach*. New York: Ashgate, 1999.

VALENTE, R. O. A; VETTORAZZI, C. A. Definition of priority areas for forest conservation through the Ordered Weighted Averaging method. *Forest Ecology and Management*, v. 256, p.1408-1417, 2008.

VETTORAZZI, C. A. Técnicas de geoprocessamento no monitoramento de áreas florestadas. Piracicaba: IPEF, 1996. v.10, n.29, p.45-51, 1996 (Série Técnica IPEF).

YAGER, R. R. On ordered weighted averaging aggregation operators in multi- criteria decision making. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, v.18, n.1, p.183-190, 1988.

Kelly Cristina Tonello
Luiz Carlos de Faria

UNIDADE 5

A Produção de Água como um
Serviço Ambiental Remunerado

5.1 Primeiras palavras

Esta unidade tem por objetivo abordar a importância do manejo integrado de bacias hidrográficas para a produção de água e aspectos atualmente inseridos na gestão de bacias hidrográficas, como, por exemplo, o pagamento por serviços ambientais. Apresentaremos também a experiência, até o momento, do comitê das bacias hidrográficas dos Rios Sorocaba e Médio Tietê, no Estado de São Paulo, na elaboração de um programa de pagamento por serviços ambientais.

5.2 Problematicando o tema

A disponibilização de água para a população em quantidade e qualidade adequadas é atualmente um dos mais graves problemas ambientais enfrentado pelos governantes. Apesar de ser considerado um recurso natural renovável, seu manejo e utilização inadequados causam grandes problemas, e tem deixado um grande número de países em alerta.

A quantidade de água no planeta permanece inalterada por milhões de anos. Apesar de ser volumetricamente abundante, sua disponibilização para consumo humano é reduzida, e em algumas localidades considerada rara. O consumo *per capita* de água entre os países é muito desigual. Nos desenvolvidos, como Canadá e EUA, ultrapassa 300 litros diários, enquanto em regiões áridas africanas não chega a 20 litros, em média. No Brasil as atividades agropecuárias são as maiores consumidoras de água. Em termos mundiais, estima-se que atualmente mais de 10 milhões de pessoas não têm acesso à água, fato que não se deve unicamente ao aumento da demanda, mas principalmente à sua degradação pelo mau uso, tanto dos mananciais como do próprio curso d'água.

Estudos revelam que a manutenção da vegetação nativa é a melhor forma de retenção de água em bacias hidrográficas, ela evita a erosão e alimenta mananciais subterrâneos. Sua supressão, entretanto, normalmente está associada às inundações, aos deslizamentos e erosão do solo nas estações chuvosas, e às secas severas durante os períodos de estiagem.

As leis ambientais, e a fiscalização de seu cumprimento, surgem como instrumentos para coibir a degradação e, supostamente, garantir uma qualidade ambiental mínima para a população. O arcabouço legal busca estabelecer certa ordem no uso dos recursos ambientais, por meio de normas e regras, promovendo seu uso sustentável. Mas será que a obrigatoriedade legal é suficiente para garantir a preservação ou conservação dos recursos naturais? A resposta a essa questão passa por diversos aspectos, mas em um país como o Brasil, que atualmente apresenta muitos problemas estruturais, certamente a resposta é negativa.

5.3 A bacia hidrográfica e a produção de água

A utilização da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gerenciamento ambiental não é recente. Há tempos os hidrólogos têm reconhecido as ligações entre características físicas de uma bacia hidrográfica e a quantidade de água que chega aos corpos hídricos. Por outro lado, os limnólogos têm considerado que as características do corpo d'água refletem as características de sua bacia de drenagem. Neste sentido, as abordagens de planejamento e gerenciamento ambiental utilizando a bacia hidrográfica como unidade de estudo têm evoluído bastante.

A bacia hidrográfica deve ser considerada como uma unidade quando se deseja a preservação dos recursos hídricos, já que as atividades desenvolvidas no seu interior têm influência sobre a quantidade e qualidade da água. A bacia hidrográfica constitui-se na mais adequada unidade de planejamento para o uso e exploração dos recursos naturais porque seus limites são imutáveis, dentro do horizonte de planejamento humano, o que facilita o acompanhamento das alterações naturais ou introduzidas pelo homem na área. Por isso o disciplinamento do uso e da ocupação dos solos em bacias hidrográficas é o meio mais eficiente de controle dos recursos hídricos que a integram. O manejo de bacias hidrográficas representa o processo que permite formular um conjunto integrado de ações sobre o meio ambiente, incluindo a estrutura social, econômica, institucional e legal de uma bacia, a fim de promover a conservação aliado ao desenvolvimento sustentável.

Muito se tem falado sobre a importância ambiental das florestas, nos seus mais diversos aspectos. Elas desempenham diversas funções, tais como: conservação dos solos, controle dos ventos, melhora na qualidade de vida humana, recreação, belezas cênicas, diminuição do aquecimento global, dentre outras. Tradicionalmente tem se considerado seu efeito no aumento, manutenção e regularização do volume e qualidade dos recursos hídricos como sendo umas das mais importantes.

As matas ciliares, também denominadas de zonas ripárias ou matas de galeria, localizam-se à margem dos corpos d'água e desempenham uma importante função nesse microambiente, geralmente caracterizado por solos encharcados em boa parte do ano. Esses locais apresentam solos mais estratificados e heterogêneos em termos de textura, estrutura e fertilidade, com a zona saturada mais próxima da superfície. O entorno dos corpos d'água também apresentam boas condições de temperatura e umidade do ar. Estas e outras características fazem com que o ambiente das proximidades dos cursos d'água seja diferenciado dos adjacentes, o que favorece o desenvolvimento de vegetação com uma composição, tanto florística como faunística, um pouco diferente dos outros ecossistemas florestais.

Devido ao seu alto poder de adsorver e absorver poluentes químicos, as matas ciliares funcionam como verdadeiros filtros de lâminas de água que escoam das partes mais altas em direção ao curso d'água (DIAS et al., 2005). A serapilheira e o sistema radicular destas matas retêm o solo das margens, impedindo sua remoção por desbarrancamento, o que pode levar ao aumento de turbidez e assoreamento dos cursos d'água. Além disso, a mata ciliar retém sedimentos oriundos de áreas agrícolas, os quais diminuem a penetração da luz na água e afeta o crescimento e a reprodução de plantas aquáticas benéficas, bem como na alimentação e reprodução de peixes e insetos aquáticos. A mata ciliar também desempenha um importante papel como corredor ecológico, interligando fragmentos florestais e contribuindo com o fluxo gênico entre as populações de espécies animais e vegetais.

Esses efeitos atribuídos a cobertura florestal foram amplamente estudados e documentados. Os exemplos apresentados nada mais são do que “funções ambientais” ou, como em voga atualmente, “serviços ambientais” desempenhados pelas florestas e não devem, de modo algum, serem ignorados quando o objetivo é o manejo da bacia hidrográfica.

5.4 O serviço ambiental “Produção de Água”

O reconhecimento da importância dos serviços ambientais não é recente. Contudo, o conceito de pagamentos por serviços ambientais tem recebido considerável interesse nos últimos anos como uma forma de incentivo à gestão sustentável de recursos naturais nas propriedades rurais por meio de financiamento sustentável. A ideia básica é que aqueles que “fornecem” serviços ambientais, por meio da conservação dos ecossistemas naturais, devam ser compensados pelos beneficiários do serviço, o princípio provedor-recebedor (WWF, 2006).

Os ecossistemas naturais fornecem uma ampla gama de serviços ambientais a partir do qual as pessoas se beneficiam, e sobre o qual toda a vida depende. Dentre estes, também chamados de serviços ecossistêmicos, destacam-se: a regulação do clima (sequestro de carbono atmosférico pela vegetação), a formação de solos, ciclagem de nutrientes e proteção contra processos erosivos (serviços que favorecem a produção agrícola e pecuária), a proteção das áreas de recarga de recursos hídricos e a prevenção contra o aporte de poluição difusa que resulte em assoreamento de corpos d'água – serviço de produção e conservação da água (CONSTANZA, 2005).

Fundamentalmente, a provisão de serviços ecossistêmicos depende da diversidade biológica, já que esta, junto com o componente físico local, compreende a essência de um ecossistema. Preservar e restaurar a biodiversidade,

portanto, é essencial para que se restabeleçam os processos ecológicos essenciais e que os serviços ecossistêmicos sejam assegurados.

Nesse contexto, uma política de pagamentos por serviços ambientais que estimule a conservação e restauração de florestas nativas, assim como o incentivo de sistemas produtivos de baixo impacto (por exemplo, agroflorestas e silvipastoris) contribuirão diretamente para preservação e recuperação da diversidade biológica local, além de mitigar os efeitos nocivos das mudanças climáticas por meio do sequestro de carbono atmosférico. A recuperação da cobertura florestal, além de garantir maior proteção dos solos e minimizar perdas por erosão, garantirá maior proteção aos recursos hídricos, reduzindo o aporte de poluição difusa aos mesmos.

O exemplo pioneiro de pagamentos por serviços ambientais é da Costa Rica, que em meados da década de 1990 categorizou os principais serviços oferecidos pelas florestas: liberação de oxigênio, proteção à biodiversidade, fornecimento das águas e belezas naturais, fundamentais ao turismo no país. Uma lei estabeleceu pagamentos aos proprietários de terra para o gerenciamento sustentável de suas áreas e taxou em 15% a venda de combustíveis. O dinheiro arrecadado foi para um fundo nacional criado justamente para efetuar os pagamentos.

Outro exemplos bem-sucedido também surgiu na década de 1990, na cidade de Nova York, que implementou o *Watershed Agricultural Program* (WAP) para proteger seus mananciais. O programa promoveu a adoção de práticas ambientalmente sustentáveis para atividades agrícolas e demais usos do solo nas bacias hidrográficas no entorno da cidade. Há 20 anos, o abastecimento de água de Nova York é garantido por produtores rurais localizados num raio de até 200 quilômetros de distância da cidade. Para garantir o abastecimento humano o governo firmou acordos com esses produtores rurais, iniciando o pagamento por serviços ambientais para que adotassem práticas menos intensivas de uso do solo, reflorestassem a área ou construíssem sistemas para armazenar estrume para não contaminar a água. Os custos do WAP foram estimados em US\$ 1,5 bilhões, aproximadamente US\$ 167 milhões por ano. Muito inferior ao custo da solução alternativa, construção de uma estação de tratamento da água, estimado entre US\$ 8 a US\$ 10 bilhões, aproximadamente US\$ 6 bilhões em infraestrutura e outros US\$ 250 milhões anuais de manutenção.

Contudo, a preservação e a recuperação dos benefícios que os serviços ecossistêmicos representam não dependem unicamente dos governos. As tradicionais políticas de comando e controle adotadas no trato de questões ambientais não se mostram mais suficientes para garantir a conservação e restauração dos ecossistemas naturais e de seus serviços. Não é suficiente a conservação dos remanescentes destes ecossistemas em unidades de conservação de domínio

público, mas, de forma complementar, os proprietários de terras em regiões onde os ecossistemas foram excessivamente reduzidos e fragmentados têm um papel preponderante nessa lógica.

Historicamente, a visão da humanidade sobre as florestas nativas era de inesgotabilidade, tendo em vista a sua extensão, exuberância e capacidade autorregenerativa. Entretanto, com sua utilização em níveis além de sua capacidade de resiliência, constatou-se que isso não era verdadeiro.

No Brasil, um grande marco na proteção das florestas foi o surgimento do Código Florestal Brasileiro. Yassu (2005), em um resgate de histórico de seu surgimento, lembra que a primeira manifestação surgiu em 1920. Na época o presidente Epitácio Pessoa criou uma comissão para desenhar os contornos de uma lei de proteção ambiental. Isso soava como um absurdo, sem sentido prático, afinal terra, mata e água eram os recursos considerados mais abundantes no País. Apesar disso, o primeiro Código Florestal Brasileiro (Lei Federal nº23.793), surgiu em 1934 e o seu conteúdo chocou a sociedade da época. Baseada no Código de Napoleão, raiz de todas as legislações ambientais europeias, a lei obrigava o produtor rural a manter intactas 25% da área de vegetação de cada propriedade. Semelhantemente ao que ocorre atualmente, os produtores rurais protestaram. Sua justificativa era a de que ao impor a limitação de uso de suas terras, o governo feria o direito de propriedade.

Ainda de acordo com Yassu (2005), o primeiro Código Florestal sancionado pelo presidente Getúlio Vargas não foi levado a sério nem pelo próprio governo, a quem cabia aplicá-lo. Os produtores rurais permaneceram insensíveis a nova legislação, uns por não acreditar que a lei os alcançasse, outros por desconhecer a limitação de uso que ela impunha. A maior parte, afundada no interior do País, por ignorar a existência dela. Atente o leitor que essas questões persistem até hoje, mesmo que em intensidade menor. O próprio governo se encarregou de desmoralizar o principal instrumento de controle ambiental da época. Entre as décadas de 1940 e 1960, para combate à malária, o governo autorizou os produtores rurais a desmatar até a área de 25% que tinham de preservar nas propriedades localizadas nas regiões em que a incidência da doença era mais grave.

Em 1965, o governo sancionara uma legislação ambiental ainda mais dura, dando origem ao segundo e atual Código Florestal Brasileiro (Lei Federal nº4.771), denominado de o Novo Código Florestal Brasileiro. Apesar de ele contemplar instrumentos para coibir o desmatamento, não prevê incentivos para que proprietários rurais tomem iniciativas de recuperar remanescentes de ecossistemas em suas terras, nem mesmo nas áreas consideradas de preservação permanente. Apesar de importantes alterações no Código Florestal, proporcionadas, principalmente, por medida provisória editada em 2001, esse importante instrumento de regulação ambiental ainda não resulta em efeitos significativos práticos.

Em grande parte isso se deve a insuficiente estrutura de fiscalização e pela falta de consenso sobre qual a melhor combinação entre produção e conservação, mesmo entre integrantes dos diferentes órgãos governamentais.

Atualmente, é consenso que apenas medidas de comando e controle não são suficientes para garantir a tão sonhada qualidade ambiental, prevista até mesmo em nossa lei maior, a Constituição Federal. Associadas a medidas de comando e controle, devem ser delineadas políticas capazes de incentivar, e mesmo induzir, particulares a tomarem iniciativas para restaurar os ecossistemas e assegurar os benefícios prestados por estes à sociedade. A certificação ambiental/florestal e o pagamento por serviços ambientais vão de encontro a essa lógica que, em vez de punição aos que degradam, incentivam os que preservam.

A maior parte dos projetos de pagamentos por serviços ambientais no Brasil refere-se à conservação de água, iniciada com o pioneirismo em Extrema, sul de Minas Gerais em 2007. Esta foi a primeira iniciativa municipal brasileira a implantar o Pagamento por Serviços Ambientais baseada na relação existente entre a floresta e os serviços prestados por ela em relação à qualidade e quantidade de água a toda a sociedade. Além da iniciativa de Extrema, existem outros projetos como o de Joanópolis e Nazaré Paulista, no interior de São Paulo, e o do rio Guandu, no interior do Rio de Janeiro.

Como iniciativas estaduais, existem exemplos em São Paulo, onde está em tramitação a legislação Estadual sobre pagamentos por serviços ambientais. No Espírito Santo, foi sancionada a lei que institui o Pagamento por Serviços Ambientais que visa contribuir para a recuperação das bacias hidrográficas do Espírito Santo. Outro projeto neste Estado é o “Florestas para a Vida”, em que receberão recursos financeiros os proprietários rurais que estão em áreas prioritárias, como as bacias hidrográficas dos Rios Santa Maria da Vitória e do Jucu, responsáveis pelo abastecimento de água para a população da Grande Vitória. É uma parceria público-privada firmada entre o Governo do Espírito Santo, organizações não governamentais e setor empreendedor. Para possibilitar o financiamento de ações e programas relacionados à água, foi sancionado em 2010, o Fundo Estadual de Recursos Hídricos que receberá recursos provenientes dos royalties do petróleo, do setor elétrico e do orçamento do Estado. A administração ficará a cargo do Instituto Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Iema). Uma porcentagem dos recursos do Fundágua – 60% – será direcionada a programas que utilizam o PSA. Os outros 40% serão destinados a projetos referentes à água (Secretaria da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca, 2010).

5.5 Estudo de caso: Comitê das Bacias Hidrográficas dos rios Sorocaba e Médio-Tietê

O Comitê das bacias hidrográficas dos rios Sorocaba e Médio Tietê (CBH-SMT) foi criado em agosto de 1995. Nessa época definiu-se que dentre as 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) do Estado de São Paulo (Figura 1), o Tietê/Sorocaba seria identificado como UGRHI 10. O CBH-SMT localiza-se no centro-oeste do Estado de São Paulo, abrangendo um total de 53 municípios. Destes, 34 apresentam sede em seu território e os restantes possuem apenas porções rurais.

A bacia do Médio Tietê compreende o trecho do Rio Tietê, desde o Reservatório de Pirapora até a Barragem de Barra Bonita, com extensão de 367 quilômetros e uma área de drenagem de 6.830 quilômetros quadrados. Os principais afluentes da margem direita são os Rios Jundiá, Capivari e Piracicaba. O principal afluente da margem esquerda é o Rio Sorocaba, formado pelos rios Sorocabuçu e Sorocamirim com suas cabeceiras localizadas nos municípios de Ibiúna, Cotia, Vargem Grande Paulista e São Roque. Ocupa uma área de drenagem de 5.269 quilômetros quadrados e percorre uma distância de 180 quilômetros em zona rural, desembocando no Rio Tietê no município de Laranjal Paulista. A área total da UGRHI 10 é de aproximadamente 11.800 km², subdividida ainda em sub-bacias, compostas por drenagens de pequeno a médio porte: médio Tietê inferior, médio Tietê meio, baixo Sorocaba, médio Sorocaba, médio Tietê Superior e alto Sorocaba.



Figura 1 Divisão territorial dos Comitês de Bacias Hidrográficas do Estado de São Paulo.

Fonte: Adaptado de Rede das Águas, 2010.

Os Serviços Ambientais no âmbito do CBH-SMT

O CBH-SMT promoveu, em março de 2009, o I Encontro sobre Serviços Ambientais juntamente com a Agência de Bacias e o apoio da Prefeitura Municipal de Sorocaba e do FEHIDRO. O encontro teve por objetivo apresentar projetos bem-sucedidos que remuneraram proprietários rurais que se preocupam em conservar áreas de mananciais (Pagamentos por Serviços Ambientais). O evento contou com a participação de professores da Universidade Federal de São Carlos/Campus Sorocaba, Secretaria de Meio Ambiente dos municípios de São José dos Campos e Extrema, Fundação Boticário e The Nature Conservancy (TNC), os quais expuseram suas experiências e dúvidas relativas à questão.

A demanda por informações sobre o tema na região, aliada ao grande interesse por parte da comunidade local, culminou com a criação de um grupo de trabalho, vinculado à Câmara Técnica de Planejamento, para discussão do assunto no âmbito do CBH-SMT. A formalização Grupo Técnico sobre Pagamentos por Serviços Ambientais (GT-PSA) ocorreu na 25ª Reunião do CBH-SMT, realizada em abril de 2009, no Município de Cerquilha, SP. O GT-PSA é composto por membros da Sociedade Civil, Estado e Município. O objetivo do GT-PSA é definir as estratégias para implantação e coordenar os programas para os pagamentos por serviços ambientais na bacia dos rios Sorocaba e Médio-Tietê. Desde então o GT-PSA realiza reuniões periódicas a fim de estruturar um programa para o pagamento por serviços ambientais no CBH-SMT. Já foram obtidos avanços importantes, como por exemplo, a definição de que o programa a ser desenvolvido pelo CBH-SMT abordará a questão “produtor de água” e a escolha da microbacia piloto na Área de Proteção Ambiental de Itupararanga para implantação do programa.

A escolha da área piloto: A Área de Proteção Ambiental de Itupararanga

Há anos, os moradores dos municípios de Alumínio, Cotia, Ibiúna, Mairinque, Piedade, São Roque, Vargem Grande Paulista e Votorantim, lutam para preservar a qualidade das águas da Represa Itupararanga, principal manancial de abastecimento público da região. Esse manancial abastece aproximadamente 63% da população da região, dentre estes o de Sorocaba, maior consumidor individual.

Desde a sua implantação, o Comitê estabeleceu como prioridade a área da represa localizada na Área de Proteção Ambiental (APA). A APA de Itupararanga foi criada por meio da Lei estadual 10.100/98, com o objetivo de proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais da Bacia da Represa. Seu perímetro foi ampliado pela Lei 11.579/03, passando a abranger os municípios de Ibiúna, Piedade, Votorantim, Vargem Grande Paulista, São Roque, Mairinque, Alumínio e o distrito de Caucaia do Alto. O território da APA possui 936,51 km², sendo aproximadamente 29,9 km² ocupados com a represa.

Apesar da ótima qualidade de água observada na barragem de Itupararanga, este manancial apresenta-se hoje sob sérios riscos ambientais devido ao uso e ocupação inadequados do solo. As ações voltadas à preservação da água, do solo, do ar, da fauna e da flora são ainda muito tímidas e insuficientes à intensidade e à velocidade da degradação. Há de se destacar que algumas iniciativas partidas do CBH-SMT, como a criação da Área de Proteção Ambiental, a realização desse estudo e a criação de um grupo gestor no âmbito do CBH-SMT, representam importantes ações frente aos aspectos negativos da degradação ambiental verificada nos últimos anos.

A represa de Itupararanga contribui para a formação dos rios Sorocaba, Sorocamirim e Sorocabuçu. Na área de drenagem destes dois últimos rios concentram, atualmente, os maiores problemas ambientais da região, principalmente os relacionados aos recursos hídricos. Seu uso agrícola é intensivo, e basicamente executado por pequenos proprietários (em média 10 hectares) que se dedicam ao cultivo de morango, cebola, batata, tomate e outras olerícolas. Destacam-se os plantios intensivos próximos aos corpos de água sem a preocupação com práticas de conservação do solo e que não observam as distâncias mínimas de preservação permanentes que constam no Código Florestal.

A agricultura praticada na região é, na sua grande maioria, irrigada por meio de sistemas por aspersão. A fim de facilitar o manejo da cultura a tubulação do sistema de irrigação e os canteiros das hortaliças são, na maioria dos casos, dispostos “morro abaixo”. Essa prática inadequada provocava carreamento dos horizontes superficiais do solo para os corpos de água e contribui para seu assoreamento, eutrofização e contaminação por pesticidas. A falta de um planejamento conservacionista das estradas vicinais existentes também contribui para a erosão do solo.

A atividade pecuária na região caracteriza por ser um sistema extensivo de baixa produtividade, observando-se frequentemente uma má conservação das pastagens, na sua maioria infectadas por plantas invasoras. Atualmente a especulação imobiliária é a maior ameaça aos recursos naturais da região, induzida por uma crescente valorização da terra devido à proximidade com a capital do Estado (SOS Itupararanga, 2009).

A cidade de Ibiúna destaca-se como a maior aglomeração populacional dentro da área de drenagem da represa de Itupararanga. Sua economia é baseada na agricultura e no turismo. Hoje, com uma população de mais de 74 mil habitantes, é uma das 20 cidades de São Paulo que levam o título de “Estância Turística”. Dos 1.093 Km² de Ibiúna, apenas de 10% é de zona urbana. Os outros 90% correspondem às áreas rurais de agricultura e pecuária de pequenos produtores e a áreas de preservação ambiental. A margem esquerda da represa está sendo ocupada com maior intensidade, principalmente por chácaras isoladas

e condomínios de alto padrão com vias asfaltadas e abrigos para embarcações do tipo lanchas e jet-ski.

Na escolha da microbacia piloto para início das atividades GT-PSA foram priorizados os seguintes aspectos:

- zonas de importância hídrica de acordo com o plano de bacias;
- regiões com maior fragilidade socioambiental;
- relevância e potencial de geração de serviços ambientais, assim como na necessidade de mecanismos que viabilizem a restauração e conservação do ambiente;
- estudos e práticas sociais, ambientais e econômicos já realizados ou em andamento.

Dada a sua importância socioambiental, a Microbacia do Ribeirão Murundú, em Ibiúna, foi escolhida por unanimidade pelos membros do GT-PSA para o início do programa de pagamentos por serviços ambientais. Essa microbacia abrange as principais nascentes do Rio Sorocabuçu, inserido na APA de Itupararanga.

A Microbacia do Ribeirão Murundú está localizada na sub-bacia 4 – Médio Sorocaba dentro da UGRHI 10. A Universidade Estadual Paulista (UNESP) campus Sorocaba), mantém um projeto de mapeamento e caracterização de nascentes e vegetação ciliar do Ribeirão Murundú. Ao longo do estudo foram visitadas 127 nascentes, representando cerca de 90% das principais nascentes presentes na região. O estudo evidenciou que devido ao uso indevido do solo, principalmente pela remoção parcial ou total de vegetação, 15% das nascentes visitadas estavam secas. Das restantes, 33% encontraram-se preservadas, 38% sofreram alguma forma de perturbação e 29% foram classificadas como degradadas. O levantamento de dados e o trabalho de campo originaram mapas de uso e ocupação de solo, fragilidade ambiental e delimitação das áreas de preservação permanente, as quais serão utilizadas na escolha das propriedades que comporão o programa piloto e para a valoração ambiental do programa.

5.6 Considerações finais

Já foi exaustivamente comprovado que a produção e manutenção da qualidade de água dependem de uma gestão que respeite as áreas hidrologicamente frágeis nas bacias hidrográficas, como por exemplo, as matas ciliares ou zonas ripárias. O sucesso dessa empreitada não pode ser dependente apenas do cumprimento das obrigações legais a que o proprietário rural deve observar. Adicio-

nalmente, devem ser viabilizadas alternativas que incentivem a preservação ou recuperação dos recursos ambientais da propriedade.

O pagamento por serviços ambientais é um processo que vai de encontro a essa proposta, e é especialmente importante para os nossos pequenos produtores que em sua maioria são descapitalizados. Nesses casos, a remuneração oriunda do PSA pode até ser o fator de viabilização econômica da propriedade rural, e conseqüentemente a manutenção do homem no campo. Do ponto de vista da sociedade, nada mais justo que os beneficiários dos serviços ambientais contribuam economicamente para a manutenção da qualidade ambiental. Para viabilizar essa proposta, o GT-PSA do CBH-SMT vem se articulando para elaboração e implementação de um programa de pagamento por serviços ambientais, com enfoque aos “Produtores de Água” na bacia hidrográfica.

5.7 Referências

BISHOP, J.; MILLS, N. L. Serviços Ambientais das Florestas: Informações Gerais. In: PAGIOLA, S.; BISHOP, J.; MILLS, N.L. *Mercados para Serviços Ecosistêmicos*. Instituto Rede Brasileira Agroflorestal – REBRAF, p.45-76, 2005.

CONSTANZA, R. Ecosystem services: If they're so important, why do we continue to abuse them? Fourth Henry Wallace Scientific Conference, 1–3 November 2005, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

DIAS, H. C.; SILVA, A. S.; TONELLO, K. C.; CARDOSO, C. A.; ALVES, M. R.; OLIVEIRA Jr.; J. C. *Proteção de Nascentes*. Brasília: Senar. 2005. 80p.

PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E.; DEL PRETTE, M. E. A utilização do conceito bacia hidrográfica para a conservação dos recursos naturais. In: SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. (Ed.). *Conceitos de Bacias Hidrográficas: Teorias e Aplicações*. Ilhéus: Editus, 2002. p.17-35.

REDE DAS ÁGUAS. Disponível em: <http://www.rededasaguas.org.br/comite/comite_05.asp>. Acesso em: 1 out. 2010.

SECRETARIA DA AGRICULTURA, ABASTECIMENTO, AQUICULTURA E PESCA. Governador sanciona Lei que institui Pagamento por Serviços Ambientais. Disponível em: <<http://www.seag.es.gov.br/?p=2037>>. Acesso em: 10 mai. 2010.

SOS ITUPARARANGA. Caracterização geoambiental da bacia da represa de itupararanga, bacia hidrográfica do rio Sorocaba - SP. Disponível em: <<http://www.sositupararanga.com.br/biblioteca/index.asp>>. Acesso em: 1 out. 2009.

WWF. *Payments for Environmental Services: An equitable approach for reducing poverty and conserving nature*. 2006, 18p.

YASSU, F. *Proteção Ambiental*. DBO – A Revista de Negócios da Pecuária. São Paulo - SP, ano 24, n°299, set. 2005. p.80-92.

Kelly Cristina Tonello
Herly Carlos Teixeira Dias

UNIDADE 6

A Bacia Hidrográfica como unidade de
planejamento: estudo de caso

6.1 Primeiras palavras

Esta unidade tem por objetivo apresentar um estudo de caso de diagnóstico de uso e ocupação de uma bacia hidrográfica, alguns impactos ambientais, assim como o monitoramento de produção de água da mesma em dois períodos distintos. Ou seja, entender o comportamento hidrológico de uma dada bacia hidrográfica, os efeitos e os cuidados na alteração de uso do solo e suas consequências sobre os recursos hídricos. Essas observações permitirão o melhor entendimento do conceito de unidade de planejamento.

6.2 Problematizando o tema

A água é um recurso peculiar, não somente pela sua amplitude de utilização, mas também por ser exímio indicador ambiental da qualidade da manipulação do solo pelo homem. As águas dos cursos que drenam uma região apresentam características físico-químicas próprias, que refletem as atividades do solo da respectiva bacia hidrográfica.

A bacia hidrográfica deve ser considerada como uma unidade quando se deseja a preservação dos recursos hídricos, já que as atividades desenvolvidas no seu interior têm influência sobre a quantidade e qualidade da água. Constitui-se na mais adequada unidade de planejamento para o uso e exploração dos recursos naturais, pois seus limites são imutáveis dentro do horizonte de planejamento humano, o que facilita o acompanhamento das alterações naturais ou introduzidas pelo homem na área. Assim, o disciplinamento do uso e da ocupação dos solos da bacia hidrográfica é o meio mais eficiente de controle dos recursos hídricos que a integram.

6.3 O caso da Bacia Hidrográfica da Cachoeira das Pombas

A bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas pertence à bacia do rio Corrente Grande, afluente pela margem esquerda do rio Doce e drena parcialmente a região onde se inserem os municípios de Guanhões, Virginópolis, São João Evangelista, Gonzaga, Santa Efigênia de Minas, São Geraldo da Piedade, Açucena, Periquito, Governador Valadares e Divinolândia de Minas.

Segundo a classificação climática de Köppen, o clima predominante na região é Aw – Clima Tropical chuvoso de savana, ou seja, inverno seco e chuvas máximas no verão (SOUZA et al., 2003).

Conforme registros da Estação Meteorológica da CENIBRA S.A., localizada em Guanhões (42°58'WGr, 18°38'S e altitude 801 m), para o período de

1990 a 2004, a temperatura média anual foi de 21,7°C e variou de 17,8°C em julho a 24,3°C em fevereiro. A temperatura mínima média anual neste período foi de 15,9°C, sendo que o menor valor ocorre em julho (11,7°C), e o maior em janeiro e fevereiro (18,6°C). A média anual das máximas foi 27,0°C, o mês de maior valor foi fevereiro (29,6°C) e o de menor julho (24,2°C). A umidade relativa média variou de 66,5 % em outubro a 81,2 % em janeiro, sendo a média anual de 73,9 %.

A precipitação média anual foi de 1183 mm, sendo o trimestre mais chuvoso o de novembro, dezembro e janeiro, com um total precipitado de 679 mm. O trimestre mais seco foi o de junho a agosto, com um acúmulo de 35 mm.

De acordo com Thornthwaite & Mather (1955), têm-se como balanço hídrico para Guanhães, no período de 1990 a 2004: evapotranspiração potencial (ETP) de 1038 mm, evapotranspiração real média anual (ETR) de 886 mm, deficiência hídrica anual (DEF) de 152 mm e excesso hídrico anual (EXC) de 299 mm.

6.3.1 Morfometria da Bacia Hidrográfica

A bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas possui área de drenagem pequena (698,1 ha), altitude média igual a 921 m, alta declividade (33,9 % – relevo forte ondulado) e forma alongada (fator de forma, coeficiente de compacidade e índice de circularidade iguais a 0,409, 1,587 e 0,397, respectivamente). A densidade de drenagem ($Dd = 1,049 \text{ km/km}^2$) é baixa e grande porcentagem do terreno da bacia em estudo possui exposição do terreno para a face Norte - Oeste (aproximadamente 41 %), indicando deficiência na retenção de umidade.

As cinco sub-bacias são morfometricamente distintas, como por exemplo, as sub-bacias 2, 3, 4 e 5 apresentam maior declividade do que a sub-bacia 1; as sub-bacias 1,2 e 3 com áreas maiores e semelhantes e as sub-bacias 4 e 5 com áreas menores e também semelhantes, muito embora a forma das sub-bacias seja aproximadamente igual.

6.3.2 Características Biológicas

A cobertura vegetal original onde se insere a área de estudo, ao leste do Estado de Minas Gerais, está situada nos limites da Floresta Atlântica (FUNDAÇÃO S.O.S MATA ATLÂNTICA; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS; INSTITUTO SÓCIO AMBIENTAL, 1998). Entretanto, devido à proximidade com o cerrado, a cobertura florestal desta região sofre interferências deste ecossistema, evidenciado pela existência de diversas espécies típicas deste tipo de ambiente como *Byrsonima* sp., *Cordia sellowiana*, *Machaerium villosum*, *Machaerium opacum*, dentre outras (CENIBRA, 2003).

O Mapa de Vegetação do Brasil (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 1993), coloca as formações florestais de ocorrência natural da região como pertencentes à Região Ecológica da Floresta Estacional Semidecidual (Mata Semicaducifólia), assinalando que nessa região florestal são dominantes os gêneros neotropicais *Tabebuia*, *Paratecoma*, *Cariniana*, entre outros, em mistura com os gêneros paleotropicais *Terminalia* e *Erithrina*, e com gêneros austrálicos *Cedrela* e *Sterculia* (CENIBRA, 2003).

De acordo com um estudo realizado pela CENIBRA (2003), a alta diversidade de espécies encontrada na área de estudo ($H' = 4,205$ nats/espécie), quando comparada aos valores encontrados para outras áreas estudadas no Estado de Minas Gerais, está associada à elevada diversidade de nichos existentes e ao fato da área de estudo estar inserida em região de transição entre Cerrado e Floresta Atlântica (CENIBRA, 2003).

Na região de estudo, encontraram-se ainda, quatro espécies citadas na Lista de Espécies da Flora Ameaçada de Extinção publicada pelo IBAMA: Braúna (*Melanoxylon brauna*), Jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra*), Gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium*) e Peroba-rosa (*Aspidosperma polyneuron*).

O uso do solo citado permitiu a regeneração de vegetação arbórea nativa, nas áreas preservadas, sendo que, segundo CENIBRA (2003), 38 % da área encontram-se nos estágios de sucessão secundária inicial e 51 % em estágio médio de sucessão secundária. Os 11 % restantes compreendem áreas com afloramentos rochosos e vegetação rupestre, caracterizados pela ocorrência de solos rasos, ilhados pela vegetação arbórea, permitindo a ocorrência de ambientes rupestres, com árvores baixas e retorcidas e, espécies das famílias Cyperaceae, Bromeliaceae, Gramineae e Orchidaceae.

Estas características, aliada a elevada diversidade florística, conferem à área de estudo condições de abrigar espécies de grande porte da fauna silvestre regional e ainda receber, por meio de projetos de reintrodução, espécies extintas na região (CENIBRA, 2003).

6.3.3 Características Socioeconômicas

Como proprietária da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas e visando aproveitar a beleza natural do local, principalmente pela existência da cachoeira que se tornou uma grande referência para as comunidades próximas, a CENIBRA (empresa do ramo florestal) fundou um clube social de lazer em sua foz, sendo uma de suas piscinas natural, correspondendo à cachoeira. A princípio, o clube seria aberto somente a funcionários da empresa e seus familiares nos finais de semana. Mas na época, devido à grande carência de lazer na cidade

de Guanhães, foi decidida a sua abertura também para os sócios contribuintes da comunidade local e visitantes.

Sendo assim, a bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas possui funções ecológicas, ambientais, sociais e estéticas, uma vez que as áreas verdes urbanas proporcionam melhorias no espaço excessivamente antropizado das cidades e benefícios para os habitantes das mesmas.

A função ecológica deve-se à preservação da vegetação, do solo não impermeabilizado e de uma fauna mais diversificada nessas áreas, promovendo melhorias no clima do lugar e na qualidade do ar, água e solo. A função social está intimamente relacionada com a possibilidade de lazer que essas áreas oferecem à população. Com relação a este aspecto, deve-se considerar a necessidade de hierarquização, segundo as tipologias e categorias de espaços livres. A função estética diz respeito à diversificação da paisagem construída e o embelezamento do Clube. Nesse contexto deve ser ressaltada a importância da vegetação como elemento ambiental e ornamental.

Outro aspecto que acaba por ser conseqüentemente enfatizado é a função educativa, que está relacionada com a possibilidade que essas áreas oferecem como ambientes para o desenvolvimento das atividades de educação ambiental. A função psicológica ocorre quando as pessoas em contato com os elementos naturais desses espaços relaxam, funcionando como antiestresse. Esse aspecto está relacionado com o exercício do lazer e da recreação nas áreas verdes.

6.3.4 Caracterização das nascentes e análise hidroambiental

Toda a bacia hidrográfica foi percorrida para um reconhecimento *in loco* de seus detalhes a respeito do uso do solo e conservação da bacia, assim como para a realização de medições de vazão das nascentes.

As nascentes foram caracterizadas quanto ao seu tipo e persistência, onde avaliou-se também o seu estado de conservação, sendo estas classificadas como preservadas (quando da presença de vegetação nativa em um raio maior ou igual a 50 m), perturbadas (quando não apresentam 50 metros de vegetação nativa no seu entorno, mas se encontram em bom estado de conservação) e degradadas (presença de eucalipto no entorno, estradas, erosões e assoreamentos).

Foram coletados valores de vazões mínima (outubro/2004) e máxima (janeiro/2005) das nascentes. Tais vazões foram obtidas por meio de método indireto, pelo uso de micromolinetes modelo FP201 – Global Flow Probe.

As constatações feitas em campo (assoreamentos, erosão, mudança de cor da água, etc.), por estarem tão explicitadas visualmente na paisagem das

sub-bacias, não exigiram a aplicação de metodologias de amostragem para constatar a ocorrência ou não do impacto, semelhantemente ao realizado por Mosca (2003).

Percorrendo-se a área de estudo, foram identificadas três nascentes perenes, três nascentes intermitentes e cinco represas.

Apesar das áreas de plantio possuírem seu sub-bosque protegido com a própria serapilheira, foram constatadas algumas falhas relacionadas à conservação de solo e água.

Para Mosca (2003), os indicadores visuais expressam o resultado das ações humanas ao longo do tempo, facilmente percebidas na paisagem. Ainda de acordo com o mesmo autor, como os parâmetros da qualidade da água, os atributos visualmente percebidos na paisagem permitem integrar respostas às práticas de manejo na escala de microbacia.

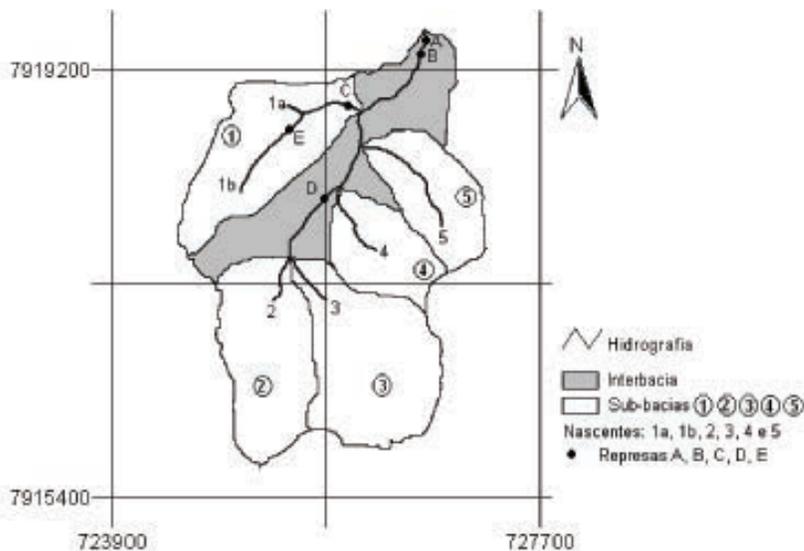


Figura 1 Delimitação das sub-bacias, nascentes e represas, Cachoeira das Pombas, Guanhães, MG, 2004.

Fonte: adaptado de Tonello, 2005.

As nascentes 2 e 3 possuem vazão durante todo o ano e encontram-se preservadas, ao passo que a nascente 4, embora perene, apresentou-se perturbada. As demais nascentes são caracterizadas como intermitentes e variam quanto ao tipo e estado de conservação.

Tabela 1 Caracterização das nascentes, Cachoeira das Pombas, Guanhães, MG.

Nascente	Persistência	Tipo	Vegetação	Vazão estação seca (l/s)	Vazão estação chuvosa (l/s)
1 a	Intermitente	Difusa	Degradada	-	-
1 b	Intermitente	Encosta	Preservada	0,00	0,53
2	Perene	Encosta	Preservada	0,19	1,01
3	Perene	Encosta	Preservada	0,06	0,78
4	Perene	Encosta	Perturbada	0,12	0,59
5	Intermitente	Encosta	Degradada	0,00	0,08

A represa D recebe a água das nascentes 2 e 3. Por meio de um diagnóstico visual, observou-se um aspecto amarelado (barrento) da água, indicando a ocorrência de perda de solos, nutrientes e matéria orgânica nas áreas a montante da represa, ao contrário do que pôde ser observado na mesma durante a época de estiagem.

No divisor de águas da sub-bacia 1, foi possível identificar a presença de plantios de eucalipto. Há uma forte presença de rochas, muitas vezes expostas, formando um vale onde é notável a presença de floresta nativa. A variação de vazão da nascente 1b entre as estações pode estar relacionada ao afloramento de rochas como o granito, passando a escoar superficialmente toda a água precipitada, contribuindo para as altas vazões no período chuvoso.

De acordo com Lima et al. (2002), o traçado inadequado de estradas e carreadores afeta o funcionamento hidrológico de toda a bacia. Os problemas mais graves causados pela má locação da rede viária estão associados à captação, condução e deságüe concentrado de enxurrada em determinados pontos do terreno, ocasionando erosão laminar e, ou em sulcos na própria estrada e em talhões adjacentes. Além das quedas de produtividade ocasionadas pela erosão, o assoreamento de cursos d'água e a perda de valores estéticos e paisagísticos são danos possíveis da má locação e manutenção viária (GONÇALVES, 2002), revestindo-se de grande importância a captação e o disciplinamento dessas águas, de forma a eliminar seu efeito destruidor, acumulando-as em locais determinados e forçando sua penetração na terra, favorecendo o abastecimento do lençol freático e, conseqüentemente, alimentando as fontes e nascentes naturais. Ao percorrer as áreas de contribuição das sub-bacias, esta situação foi visualizada em vários pontos.

O diagnóstico realizado na nascente 1a, localizada um pouco abaixo da 1b, constatou que esta possui vazão somente na estação de chuva e é do tipo difusa. Verificou-se ainda que se apresenta degradada, uma vez que a estrada de contorno acaba sobrepondo parte de sua zona ripária. Este fato, aliado à presença de rochas impermeáveis nesta sub-bacia, acarreta na diminuição de infiltração de água no solo, impedindo o abastecimento do lençol subterrâneo.

Sob a ótica da hidrologia florestal, ou seja, levando em conta a integridade da microbacia hidrográfica, as zonas ripárias ocupam as áreas mais dinâmicas da paisagem, tanto em termos hidrológicos, como ecológicos e geomorfológicos. Sua função hidrológica é representada pela ação direta numa série de processos importantes para a estabilidade da microbacia, para a manutenção da qualidade e da quantidade de água, assim como para a manutenção do próprio ecossistema aquático. Tem sido demonstrado que a recuperação da vegetação ciliar contribui para o aumento da capacidade de armazenamento da água na microbacia ao longo da zona ripária, o que contribui para o aumento da vazão na estação seca do ano. Assim, a destruição da mata ciliar pode, a médio e longo prazos, diminuir a capacidade de armazenamento da microbacia, e conseqüentemente a vazão na estação seca, como provavelmente ocorre na bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas.

A nascente 5, caracterizada como intermitente e degradada, está localizada à cerca de 20 m da estrada, com remanescentes de eucalipto dentro do raio de 50 m, apresentando em grande parte do curso d'água, a deposição de sedimentos e permanecendo, até mesmo na estiagem, assoreada.

O curso d'água da sub-bacia 4 é cortado pela estrada e embora esta possua um dispositivo de drenagem da água (manilha), não foi suficiente para suportar a vazão da nascente durante a estação de chuva, inundando a estrada. Este fluxo excessivo de água pode causar o empobrecimento do solo da bacia por meio da lixiviação de nutrientes, matéria orgânica e microfauna, resultando em perda de solo, água e nutrientes, além de originar processos de erosão e assoreamento de cursos d'água a jusante, que, por fim, repercutirá na vazão da Cachoeira das Pombas.

Ao percorrer a bacia hidrográfica, também foram observados vários desmoronamentos de taludes, principalmente na estação chuvosa. Alguns destes chegavam a bloquear totalmente o acesso às estradas. Essas conseqüências, além de exigirem soluções de alto custo para corrigi-las, trazem danos aos mananciais hídricos pelo assoreamento das nascentes e cursos d'água e pela elevação do nível de turbidez das águas, nas áreas adjacentes às estradas. De acordo com Arruda (1997) estes problemas são conseqüentes da ausência de padrões técnicos construtivos, deficiência do sistema de drenagem (ausência de dispositivos de drenagem superficial, profunda e de transposição de taludes), falta de suporte da camada de rolamento e do subleito (superfície da estrada muito defeituosa) e exposição do horizonte C.

As represas A e B são as mais próximas a montante da Cachoeira das Pombas; estão diretamente conectadas e recebem toda a água produzida pela bacia hidrográfica, direcionando-a para a Cachoeira das Pombas.

Como já era esperado, a coloração da água nestas represas entre as estações de chuva e seca, reflete os impactos a montante. Nas chuvas, a água alcança a foz da bacia, ainda com o aspecto barrento como identificado nas áreas a montante. Nota-se um acúmulo de sedimentos em algumas partes da represa B, provocando seu assoreamento.

Embora não tenham sido mensurados, observou-se uma nítida alteração, não somente da cor, mas também da turbidez da água da bacia em estudo. Estas alterações estão relacionadas à presença de partículas em suspensão nos corpos d'água, o que pode gerar uma considerável redução na quantidade de luz penetrada, com conseqüente diminuição da produtividade global do ecossistema aquático e com implicações sobre o seu conjunto de organismos.

Observa-se na Figura 2, grande variação na vazão entre as estações seca e chuvosa. Na estação seca (Figura 2 b), a vazão foi de 0,34 l/s enquanto que na estação chuvosa (Figura 2 a) a vazão obtida foi de 6,10 l/s. Segundo depoimentos de moradores da região, a Cachoeira das Pombas possuía um volume de água maior que o atual, no entanto não existe um histórico da vazão da bacia registrado.



Figura 2 Cachoeira das Pombas, Guanhães, MG, 2004. (a) estação chuvosa e (b) estação seca.

6.4 Considerações finais

Nas condições atuais analisadas na bacia hidrográfica pode-se concluir que o estado de conservação hídrico e ambiental indica necessidade de integração dos recursos naturais por meio de um manejo integrado.

Das seis nascentes caracterizadas, cinco são do tipo encosta e uma do tipo difusa. A verificação do estado de conservação permitiu concluir que das seis nascentes, três encontram-se preservadas, duas degradadas e uma perturbada.

A vazão dos cursos d'água apresentou-se desregularizada, durante o período avaliado, com grandes valores na estação chuvosa e posterior redução na estiagem.

Foram verificadas represas bastante assoreadas e com uma visível alteração na cor e turbidez da água entre os períodos de estiagem e cheia.

Verificou-se ainda que apesar do plantio de eucalipto ser considerado uma prática de proteção do solo contra o processo erosivo, em determinadas condições este não ofereceu proteção suficiente a ponto de impedir o escoamento superficial na bacia hidrográfica, comprometendo os recursos hídricos da área. Isto evidencia a necessidade urgente da realização de práticas conservacionistas de solo e água, assim como o monitoramento hidrológico.

Desta forma, torna-se imprescindível que se faça um planejamento em relação ao uso da terra, e que este seja embasado no conhecimento científico dos recursos existentes na bacia hidrográfica, de suas estruturas e interdependências.

6.5 Estudos complementares

Para mais informações, consulte:

TONELLO, K. C.; DIAS, H.C T.; SOUZA, A. L.; RIBEIRO, C. A. A. S.; FIRME, D. J. ;LEITE, F. P. Diagnóstico hidroambiental da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, município de Guanhães, MG, Brasil. *Revista Ambiente e Água – an Interdisciplinary Journal of Applied Science*, Taubaté, v.4, n.1, p. 156-168, 2009.

TONELLO, K. C. *Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhães, MG*. 2005. 69p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

6.6 Referências

ARRUDA, P. R. R. *Uma contribuição ao estudo ambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa, MG*. 1997. 108p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

CENIBRA – CELULOSE NIPO-BRASILEIRA. *Estudo florístico, fitossociológico e paramétrico das áreas de reserva legal e de preservação permanente da Cenibra*. Projeto Cachoeira das Pombas – Região de Guanhães. Belo Oriente: 2003. 143p. (Relatório Final).

GONÇALVES, J. L. M. Conservação do solo. In: GONÇALVES, J.L.M & STAPE, J.L. (ed.). *Conservação e cultivo de solos para plantações florestais*. Piracicaba: IPEF. 2002. p.47-129.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. *Recursos Naturais e Meio Ambiente: uma visão do Brasil*. Rio de Janeiro, 1993. 154p.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B.; CÂMARA, C. D. Implicações da colheita florestal e do preparo do solo na erosão e assoreamento de bacias hidrográficas. In: GONÇALVES, J. L. M & STAPE, J. L. (Ed.). *Conservação e cultivo de solos para plantações florestais*. Piracicaba: IPEF. 2002. p.373-391.

MOSCA, A. A. O. *Caracterização hidrológica de duas microbacias visando a identificação de indicadores hidrológicos para o monitoramento ambiental do manejo de florestas plantadas*. 2003. 96p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

FUNDAÇÃO S.O.S MATA ATLÂNTICA/ INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS/ INSTITUTO SÓCIO AMBIENTAL - SOS MATA ATLÂNTICA/ INPE/ ISA. Atlas da evolução dos Remanescentes Florestais e Ecossistemas Associados no Domínio da Mata Atlântica. São Paulo: Fundação S.O.S. Mata Atlântica, 1998. 54p. (Relatório Nacional).

SOUZA, M. J. H.; RIBEIRO, A.; LEITE, F. P. Balanço hídrico e caracterização climáticas de Guanhões, Nova Era e Rio Doce. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12., 2003, Santa Maria. *Anais...* Santa Maria: UNIFRA, SBA, UFSM, 2003. p.99-100.

THORNTON, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. *Publications in Climatology*. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 104p. 1955.

SOBRE O(S) AUTOR(ES)

Ana Paula Vilela Carvalho

Engenheira Florestal graduada pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Tem experiência na área de Recursos Florestais, com ênfase em Hidrologia Florestal, Manejo de Bacias Hidrográficas e Extensão Florestal. Atualmente é mestranda no curso de Ciência Florestal na área de Hidrologia Florestal (UFV).

Alexandre Simões Lorenzon

Engenheiro Florestal formado pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), e atualmente é mestrando em Ciência Florestal (UFV). Atua na área de Recursos Florestais e Meio Ambiente com ênfase em Hidrologia Florestal e Manejo de Bacias Hidrográficas.

Carlos Alberto Vettorazzi

Professor Associado da Universidade de São Paulo (USP/ESALQ – Departamento de Engenharia de Biosistemas). Engenheiro Agrônomo formado pela Universidade de São Paulo (USP/ESALQ) em 1979; mestre em Irrigação e Drenagem (USP/ESALQ) em 1981; doutor em Agronomia (USP/ESALQ) em 1983; Pós-doutoramento na Purdue University, nos Estados Unidos em 1993/94. Livre-Docente na área de Topografia e Geoprocessamento (USP/ESALQ) em 2005.

Herly Carlos Teixeira Dias

Engenheiro Florestal pela Universidade Federal de Lavras (UFLA), mestre em Manejo Ambiental (UFLA), possui o doutorado em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), especialização em Manejo de Bacias Hidrográficas pela Food and Agriculture Organization (FAO). Docente no curso de Engenharia Florestal da UFV (graduação e pós-graduação), e atua nas áreas de Hidrologia Florestal, Manejo de Bacias Hidrográficas com ensino, pesquisa e extensão.

Kelly Cristina Tonello

Formada em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), mestre em Hidrologia Florestal (UFV) e doutora em Planejamento e Gerenciamento de Recursos Hídricos pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Docente no curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar campus Sorocaba) e atua nas áreas de Meteorologia e Climatologia Florestal, Manejo de Bacias Hidrográficas e Recuperação de Áreas Degradadas.

Luiz Carlos de Faria

Formado em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), mestre em Ciências Florestais pela Universidade de São Paulo (USP/ESALQ), doutor em Recursos Florestais (USP/ESALQ). É docente no curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar campus Sorocaba) e atua nas áreas de Economia e Planejamento Florestal, Gestão Ambiental e Produção Sustentável.

Otávio Surian Gambá

Possui graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), e atualmente é mestrando em Ciência Florestal (UFV). Atua na área de Recursos Florestais e Meio Ambiente com ênfase em Hidrologia Florestal e Manejo de Bacias Hidrográficas

Rafael Mingoti

Engenheiro Agrônomo formado pela Universidade de São Paulo (USP/ESALQ), mestre e doutorando em Irrigação e Drenagem. É professor substituto do curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar campus Sorocaba) e atua nas áreas de Topografia, Fotogrametria, Fotointerpretação, Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento, Conservação de Água e Solo e Modelagem Hidrológica.

Roberta de Oliveira Aversa Valente

Professora Adjunta da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar campus Sorocaba), no curso de Engenharia Florestal. Formada em Engenharia Florestal

pela Universidade de São Paulo (USP/ESALQ) em 1998; mestre e doutora em Recursos Florestais (USP/ESALQ) em 2005. Atua nas áreas de Topografia, Geoprocessamento e Conservação da Natureza.

Rubens Angulo Filho

Professor Associado da Universidade de São Paulo (USP/ESALQ – Departamento de Engenharia de Biosistemas). Engenheiro Agrônomo formado pela USP/ESALQ em 1977; mestre em Irrigação e Drenagem (USP/ESALQ) em 1981; doutor em Agronomia pela mesma universidade em 1986; Pós-doutoramento na The Ohio State University, nos Estados Unidos em 1990/91; Livre-Docente na área de Topografia e Geoprocessamento (USP/ESALQ) em 2001.

Vanessa Pataro Maffia

Graduada em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Mestranda em Ciência Florestal (UFV), na área de Meio Ambiente, com ênfase em Manejo de Bacias Hidrográficas e Hidrologia Florestal.

