



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**  
**PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**  
**Área de Administração e Política de Recursos Minerais**

**ANTONIO LUIZ PINHATTI**

**Aspectos Conceituais da Gestão de Recursos Hídricos  
e sua aplicação no caso das Bacias Hidrográficas dos  
rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, S.P.**

Dissertação apresentada ao Instituto de Geociências,  
como parte dos requisitos para obtenção do título de  
Mestre em Geociências.

**ORIENTADOR: Prof. Dr. Hildebrando Herrmann**

Este exemplar corresponde à  
redação final da tese defendida  
por Antonio Luiz Pinhatti  
e aprovada pela Comissão Julgadora  
em 26/03/98.

ORIENTADOR

**CAMPINAS - SÃO PAULO**

**Fevereiro - 1998**

**P654a**

**35497/BC**



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**  
**PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**  
**Área de Administração e Política de Recursos Minerais**

**ANTONIO LUIZ PINHATTI**

**Aspectos Conceituais da Gestão de Recursos Hídricos  
e sua aplicação no caso das Bacias Hidrográficas dos  
rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, S.P.**

Dissertação apresentada ao Instituto de Geociências como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geociências, Área de Administração e Política de Recursos Minerais.

**ORIENTADOR: Prof. Dr. Hildebrando Herrmann – IG/UNICAMP**

**CAMPINAS - SÃO PAULO**  
**Fevereiro - 1998**

9822200

UNIDADE	BC
N.º CHAMADA:	166510
V.º	Es.
TRANSO BC/	35497
PROC.	395798
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	22/10/98
N.º CPD	

CM-00117176-1

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA  
PELA BIBLIOTECA I.G. - UNICAMP**

Pinhatti, Antonio Luiz  
P654a Aspectos conceituais da gestão de recursos hídricos e sua aplicação no caso das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, SP. / Antonio Luiz Pinhatti.- Campinas, SP: [s.n.], 1998.

Orientador: Hildebrando Herrmann  
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas,  
Instituto de Geociências.

1. Recursos Hídricos. 2. Bacias Hidrográficas. 3. Águas Subterrâneas. 4. Legislação – Política. I. Herrmann, Hildebrando. II. Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências. III. Título.



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**  
**PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**  
**Área de Administração e Política de Recursos Minerais**

**AUTOR: ANTONIO LUIZ PINHATTI**

**Aspectos Conceituais da Gestão de Recursos Hídricos e sua aplicação no caso das Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, S.P.**

**ORIENTADOR: Prof. Dr. Hildebrando Herrmann**

Aprovada em : \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

**PRESIDENTE: Prof. Dr. Hildebrando Herrmann**

**EXAMINADORES:**

**Prof. Dr. Hildebrando Herrmann**

A handwritten signature in black ink, appearing to be "Hildebrando Herrmann", written over a horizontal line.

**- Presidente**

**Prof. Dr. Ricardo César Aoki Hirata**

A handwritten signature in black ink, appearing to be "Ricardo César Aoki Hirata", written over a horizontal line.

**Prof. Dr. Job Jesus Batista**

A handwritten signature in black ink, appearing to be "Job Jesus Batista", written over a horizontal line.

Campinas, de de 1998.

À minha esposa, Marcia,  
e aos meus filhos, Carime e Victor,  
pelo amor e carinho.

## Agradecimentos

Ao meu orientador, professor Dr. Hildebrando Herrmann, pelas valorosas sugestões e troca de idéias, pela paciência e por todo apoio recebido, ao longo da elaboração desta dissertação.

Ao professor Dr. Ricardo Hirata, pelos ensinamentos e importantes sugestões e pela participação como membro da banca examinadora.

Ao professor Dr. Job Jesus Batista, pela participação como membro da banca examinadora e, principalmente, pela amizade e acompanhamento, desde a graduação, de minha trajetória acadêmica.

Ao professor Dr. Celso Ferraz, pelo incentivo e pelas diversas colaborações e conversas, que marcaram o início do meu aprendizado no campo da pesquisa científica.

Ao CNPq pelo apoio financeiro.

À CPRM, empresa na qual trabalho, em especial, ao Superintendente Regional de São Paulo, Geól. José Carlos Garcia Ferreira, e ao Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial, Geól. Armando Teruo Takahashi, pelo incentivo e compreensão na etapa final desta dissertação.

Ao grande amigo, Miguel Nery, pela revisão desta e pelo apoio incondicional, no dia a dia da nossa convivência.

Aos amigos, César Leal, pela troca de artigos e publicações; Wagner, pelo constante fornecimento das matérias de jornal sobre águas; Penteado, pela aula de “CorelDraw”; Raimundo, pela amizade e estímulo;

e a todos os amigos do I.G., de todas as horas e lugares, pelas conversas e “cervejas”, indispensáveis para o decorrer sadio deste trabalho.

# Sumário

	página
Dedicatória .....	i
Agradecimentos .....	ii
Sumário .....	iii
Lista de Figuras .....	vi
Listas de Quadros e Tabelas.....	vii
Lista de Abreviaturas .....	viii
Lista de Siglas .....	ix
Resumo .....	x
Abstract .....	xi
Introdução .....	1
Capítulo I - O recurso natural água .....	3
I.1 - Os usos da água .....	4
I.2 - Princípios sobre os recursos hídricos .....	7
I.2.1 - A água como um recurso limitado .....	8
I.2.2 - Descentralização na administração dos recursos hídricos. A bacia hidrográfica como unidade de gestão .....	9
I.2.3 - A água como bem de valor econômico .....	10
I.2.4 - Agenda 21 .....	11
Capítulo II - Aspectos Jurídicos e Institucionais dos Recursos Hídricos .....	13
II.1 - A legislação sobre águas no Brasil .....	13
II.1.1 - Legislação pretérita .....	13
II.1.2 - A Constituição Federal de 1988 .....	14
II.1.3 - O Código de Águas de 1934 .....	16
II.1.4 - A Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997 .....	18
II.1.5 - A Constituição do Estado de São Paulo de 1989 .....	20
II.1.6 - A Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991 .....	21
II.2 - Aspectos da experiência estrangeira .....	23
II.2.1 - Alemanha .....	24
II.2.2 - Espanha .....	26
II.2.3 - Estados Unidos .....	27
II.2.4 - França .....	28

Capítulo III - Gestão de Recursos Hídricos .....	31
III.1 - Avaliação de recursos hídricos .....	31
III.1.1 - Disponibilidade de água .....	32
III.1.2 - Qualidade das águas .....	37
III.1.2.1 - Classificação das águas .....	38
III.1.2.2 - Índice de Qualidade das Águas - IQA .....	40
III.1.2.3 - Poluição das águas .....	40
III.1.3 - A demanda de água .....	41
III.2 - A gestão integrada dos recursos hídricos .....	46
III.2.1 - O uso conjunto das águas superficiais e subterrâneas .....	46
III.2.2 - Uso e ocupação do solo .....	51
III.2.3 - Proteção dos recursos hídricos .....	55
III.2.4 - Instrumentos de gestão de recursos hídricos .....	57
III.2.4.1 - Outorga de direito de uso das águas .....	60
III.2.4.2 - Cobrança pelo uso da água .....	61
Capítulo IV - A Gestão dos Recursos Hídricos das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá .....	64
IV.1 - Caracterização geral das bacias .....	64
IV.1.1 - Caracterização física .....	64
IV.1.2 - Características sócio-econômicas .....	65
IV.1.2.1 - Divisão territorial, população e urbanização .....	65
IV.1.2.2 - Atividade industrial .....	65
IV.1.2.3 - Atividade agropecuária .....	67
IV.1.3 - Geomorfologia .....	68
IV.1.4 - Hidrogeologia .....	68
IV.1.4.1 - Aspectos geológicos .....	69
IV.1.4.2 - Sistemas Aquíferos .....	70
IV.1.4.2.1 - Sistema Aquífero Cristalino .....	72
IV.1.4.2.2 - Aquífero Itararé .....	72
IV.1.4.2.3 - Aquífero Passa Dois .....	74
IV.1.4.2.4 - Aquífero Botucatu .....	75
IV.1.4.2.5 - Aquífero Serra Geral .....	76
IV.1.4.2.6 - Aquífero Diabásio .....	76
IV.1.4.2.7 - Aquífero Bauru .....	77
IV.1.4.2.8 - Depósitos Pós-Cretácicos .....	77
IV.2 - Avaliação dos recursos hídricos das bacias .....	77
IV.2.1 - Disponibilidade .....	78
IV.2.1.1 - Disponibilidade de águas superficiais .....	78
IV.2.1.2 - Disponibilidade de águas subterrâneas .....	80
IV.2.2 - Qualidade .....	83
IV.2.2.1 - Poluição .....	83
IV.2.2.2 - A qualidade das águas superficiais e subterrâneas .....	87

IV.2.3 - Demandas .....	91
IV.2.3.1 - Demanda de águas superficiais .....	91
IV.2.3.2 - Demanda de águas subterrâneas .....	94
IV.2.3.3 - Balanço demanda X disponibilidade .....	96
IV.2.4 - Zoneamento ambiental das bacias: síntese da avaliação dos recursos hídricos .....	102
IV.3 - A gestão dos recursos hídricos das bacias .....	107
IV.3.1 - Histórico .....	107
IV.3.2 - O Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos .....	109
IV.3.2.1 - O Comitê das Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí - CBH-PCJ .....	110
IV.3.2.2 - A Agência de Bacia .....	113
Considerações finais .....	114
Referências bibliográficas .....	130

## Anexos

## Lista de Figuras

	página
Figura I.1 - Categorias de utilização dos recursos hídricos	5
Figura III.1 -(a) Distribuição das águas no planeta; (b) Distribuição das águas doces	33
Figura III.2 - Demanda relativa de água para irrigação, indústria e abastecimento público	42
Figura III.3 - Demanda relativa de água para abastecimento público, indústria e irrigação, no Brasil	44
Figura III.4 - Intervenções sobre os recursos hídricos devido às várias formas de uso e ocupação do solo	52
Figura IV.1 - Mapas de isoietas e de localização das bacias no Estado de São Paulo	66
Figura IV.2 - Mapa de aquíferos simplificado	71
Figura IV.3 - Mapa de regionalização de vazões	79
Figura IV.4 - Disponibilidade hídrica dos aquíferos	81
Figura IV.5 - Índice de Qualidade das Águas - IQA	89
Figura IV.6 - Demanda de águas superficiais por tipo de uso ( em m <sup>3</sup> /s)	92
Figura IV.7 - Variação da demanda no período de 1994-1995	92
Figura IV.8 - Vazões captadas por aquífero ( em m <sup>3</sup> /s)	95
Figura IV.9 - Demanda de água subterrânea por tipo de uso	95
Figura IV.10 - Comparação entre demanda e disponibilidade por sub-bacia	97
Figura IV.11 - Comparação entre demanda e disponibilidade totais	98
Figura IV.12 - Relação demanda / disponibilidade por aquífero	99
Figura IV.13 - Mapa do zoneamento ambiental das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá	103

## Listas de Quadros e Tabelas

	página
Quadro III.1 - Classificação das águas doces brasileiras	39
Quadro III.2 - Conflitos ou efeitos danosos em recursos hídricos	53
Quadro III.3 - Controle dos recursos hídricos	54
Quadro IV.1- Qualidade das águas subterrâneas	90
Quadro IV.2 - Vulnerabilidade relativa dos aquíferos na área das bacias	91
Quadro IV.3 - Síntese da avaliação dos recursos hídricos das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí.	104
Tabela III.1 - Tempo de residência da água em fases do ciclo hidrológico	33
Tabela III.2 - Produção hídrica terrestre de superfície	34
Tabela III.3 - Produção hídrica terrestre, de superfície, do Brasil	34
Tabela III.4 - Tempos de renovação das reservas de grandes aquíferos no mundo	36
Tabela III.5 - Estoque de água dos grandes aquíferos do Brasil	36
Tabela III.6 - Principais limites e condições estabelecidas para as classes de água doce	39
Tabela III.7 - Demanda de água por tipo de uso, no Brasil	43
Tabela IV.1 - Disponibilidade hídrica superficial	80
Tabela IV.2 - Características hidrogeológicas e potenciais dos aquíferos	82
Tabela IV.3 - Cargas orgânicas de origem doméstica e industrial	83
Tabela IV.4 - Resíduos sólidos domésticos	85
Tabela IV.5 - Resíduos sólidos industriais	86
Tabela IV.6 - Resíduos sólidos hospitalares	86
Tabela IV.7 - Perspectiva de aproveitamento de águas subterrâneas	100

## Lista de Abreviaturas

Art.	Artigo
Fm.	Formação geológica
g/l	grama por litro
hab.	habitante
km	quilômetro
km <sup>2</sup>	quilômetro quadrado
km <sup>3</sup>	quilômetro cúbico
l/s/ha	litro por segundo por hectare
m	metro
mm	milímetro
m <sup>2</sup>	metro quadrado
m <sup>3</sup>	metro cúbico
m <sup>3</sup> /s	metro cúbico por segundo
m <sup>3</sup> /h	metro cúbico por hora
m <sup>3</sup> /h/m	metro cúbico por hora por metro
mg/l	miligrama por litro
ml	mililitro
μs/cm	microsegundo por centímetro
Q <sub>(7,10)</sub>	vazão mínima média de 7 dias consecutivos e período de retorno de 10 anos
Q <sub>med</sub>	vazão média
Q <sub>int</sub>	vazão de demanda interna à bacia
Q <sub>rev</sub>	vazão de reversão
t	tonelada
t/dia	tonelada por dia
t/ano	tonelada por ano

## Lista de Siglas

ABAS	Associação Brasileira de Água Subterrânea
CBH	Comitê de Bacia Hidrográfica
CBH-PCJ	Comitê das Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá
CEEJAPI	Comitê Executivo de Estudos Integrados das Bacias dos rios Jaguari e Piracicaba
CERJN	Comitê de Recuperação do rio Jundiá
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CF	Constituição Federal
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CORHI	Comitê Coordenador do Plano Estadual de Recursos Hídricos
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CRH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DF	Distrito Federal
DPC	Depósito Pós-cretácico
DNAEE	Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
DNPM	Departamento Nacional da Produção Mineral
DOE	Diário Oficial do Estado
FEHIDRO	Fundo Estadual de Recursos Hídricos
IQA	Índice de Qualidade das Águas
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
MG	Minas Gerais
MINTER	Ministério do Interior
MME	Ministério de Minas e Energia
OD	oxigênio dissolvido
PERH	Plano Estadual de Recursos Hídricos
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
RJ	Rio de Janeiro
RST	Resíduo Sólido Total
SIGRH	Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SMA	Secretaria do Meio Ambiente
SP	São Paulo
UGRHI	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos
USA	<i>United States of America</i>
USGS	<i>United States Geological Survey's</i>



**UNICAMP**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS  
Área de Administração e Política de Recursos Minerais**

## **Aspectos Conceituais da Gestão de Recursos Hídricos e sua aplicação no caso das Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, S.P.**

**RESUMO**

### **DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Antonio Luiz Pinhatti**

O conceito de Gestão de Recursos Hídricos vem incorporando princípios consagrados sobre o uso das águas, que consistem, basicamente, na descentralização e na participação da sociedade na administração dos recursos hídricos, na consideração da Bacia Hidrográfica como unidade de gestão e no reconhecimento da água como um recurso de valor econômico.

Os países, gradativamente, estão adotando esses princípios em suas legislações e instituindo políticas adequadas ao novo conceito de gestão adquirido a partir de uma visão holística da água.

Este trabalho faz uma análise da adequação e da evolução da gestão de recursos hídricos no Brasil e aborda desde os aspectos políticos e jurídico-institucionais até as questões técnicas e sócio-econômicas, bem como, resgata alguns exemplos da experiência estrangeira para evidenciar a eficácia do modelo de gestão.

Todo o embasamento teórico reunido para essa análise é utilizado, também, para verificar a aplicação do modelo no caso das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, no Estado de São Paulo, que compõem uma Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos. A escolha dessa unidade, para esse estudo, se deu em função de sua importância como pioneira na implementação desse modelo no Brasil e, ainda, por representar uma das regiões mais desenvolvidas do País, com grande concentração urbana e industrial, sérios problemas de degradação de seus recursos hídricos e muitos conflitos pelo uso da água.

A partir desse estudo foi elaborado um zoneamento ambiental das bacias, como síntese da avaliação dos recursos hídricos e como subsídio à sua gestão, enfocando a importância do uso conjunto de águas superficiais e subterrâneas e a necessidade de que a gestão se realize de forma integrada, sem a dissociação dos aspectos quantidade e qualidade e considerando o uso e a ocupação do solo.



**UNICAMP**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS  
Área de Administração e Política de Recursos Minerais**

## **Aspectos Conceituais da Gestão de Recursos Hídricos e sua aplicação no caso das Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, S.P.**

**ABSTRACT**

### **DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Antonio Luiz Pinhatti**

The concept of Water Resource Management has been incorporating consolidated principles about water use, including decentralization and participation of the society in relation to the administration of water resources. The Hydrographic Basin is the management unit and the water is considered as a resource of economical importance.

Gradually, countries are applying these principles to their legislation and establishing suitable politics to the new concept of management obtained from a holistic view of the water.

The present investigation evaluates the adequacy and evolution of water resource management in Brazil, approaching political, juridical-institutional, technical and social-economical aspects. It draws some examples from foreign experience to highlight the efficacy of the management model.

The theoretical foundation brought together for this analysis is also used to verify the model application in the Piracicaba, Capivari and Jundiaí rivers' basins, in the São Paulo State, which comprise a Management Unit of Water Resources. The choice of this unit was due to its importance as pioneer in the implementation of this model in Brazil. It also represents one of the most developed regions in the country, with a large urban and industrial concentration, serious problems of degradation of its water resources and many conflicts for the use of water.

From this investigation, it was elaborated an environmental zoning of the basin, which provides a synthesis of the water resource assessment and subsidy to its management, emphasizing the importance of the combined use of the superficial and underground waters and the need for integrated management, without dissociation of the quantitative and qualitative aspects and considering the use and occupation of the soil.

# Introdução

A escassez generalizada e o agravamento da poluição dos recursos hídricos, em muitas regiões do globo, têm despertado a atenção dos governos e da sociedade civil para a necessidade da gestão integrada e participativa desse valioso recurso, visando à sua preservação.

A água, como uma das mais importantes substâncias do meio físico, é um fator condicionante do desenvolvimento social e econômico. O seu uso racional, ao possibilitar a conservação da quantidade disponível, ao permitir a sua preservação e a melhoria da sua qualidade, torna-se um fator primordial ao desenvolvimento sustentável, tão clamado nos dias atuais.

Nesse contexto, é que surgiu, a partir da experiência de países desenvolvidos, um novo conceito de Gestão dos Recursos Hídricos. Por essa nova conceituação, a bacia hidrográfica é a unidade básica de gestão, em que todas as fases do ciclo hidrológico devem ser consideradas em conjunto, assim como os aspectos relacionados à sua quantidade e à sua qualidade, e a água passa a ser considerada como um recurso de valor econômico.

Esse novo modelo de gestão, há alguns anos, vem sendo implantado no Brasil, tendo como base, uma política de recursos hídricos, a qual estabelece seus pressupostos doutrinários, reconhecendo o caráter multi-setorial da água. Para tanto, foi necessária a aprovação de uma legislação específica, abrangente, quanto ao conjunto dos aspectos relacionados e eficaz, pautando a sua aplicação, numa estrutura institucional democrática, acessível à todos os seguimentos envolvidos, inclusive de usuários, permitindo uma participação direta por meio das suas representações constituídas, no planejamento e na administração dos recursos hídricos da bacia.

Nesta dissertação, busca-se fazer uma análise da adequação e da evolução da gestão dos recursos hídricos no Brasil, abordando, desde os aspectos políticos e jurídico-institucionais, até as questões técnicas e sócio-

econômicas, com o objetivo principal de contribuir para o desenvolvimento dos recursos hídricos e para a otimização da sua gestão.

O presente trabalho foi dividido em cinco partes.

No Capítulo I, procura-se focar a água como recurso natural, destacando-se a sua importância frente aos seus usos múltiplos, discorrendo-se sobre os princípios que envolvem a gestão dos recursos hídricos.

O segundo Capítulo aborda os aspectos jurídicos e institucionais relacionados aos recursos hídricos. Assim, é apresentada a legislação vigente no Brasil sobre águas, comentando-se os principais textos legais, além de se fazer um relato das experiências de alguns países, consideradas principais, em termos de evolução para um conceito de gestão descentralizada e participativa.

As considerações técnicas sobre a gestão dos recursos hídricos são feitas no Capítulo III. Sob tal ponto de vista, gerir os recursos hídricos significa conhecer as quantidades de água disponíveis, bem como os seus aspectos qualitativos e as suas variadas demandas, e com base em que, efetuar o controle sobre o uso da água e promover a proteção dos mananciais hídricos. Tais ações são viabilizadas através da aplicação dos instrumentos de gestão, criados especificamente para essa finalidade.

O quarto Capítulo consiste num estudo de caso sobre a gestão dos recursos hídricos das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, no Estado de São Paulo. Baseado nos conceitos apresentados nos Capítulos anteriores, esse contempla, tanto as questões técnicas e socio-econômicas, quanto os aspectos institucionais da gestão. O caso dessas bacias hidrográficas é utilizado como exemplo da aplicação do modelo de gestão discutido ao longo de toda a dissertação.

Na última parte desse trabalho, algumas considerações são tecidas, envolvendo todo o conteúdo exposto anteriormente, em que o autor expressa a sua contribuição em direção a um uso da água, cada vez mais, racional.

## Capítulo I

### O recurso natural água

A água, dentre os recursos naturais que o homem dispõe, aparece como um dos mais importantes. A vida, em nosso planeta, não se concebe sem a presença de água, que constitui, ainda, um suporte básico para o desenvolvimento econômico e social.

Sendo utilizada nos mais diversos setores e atividades, a água desempenha funções básicas que vão desde o suprimento das necessidades e demandas do homem, que além de utilizá-la em sua própria dessedentação, necessita desse recurso natural para produção industrial e agrícola, geração de energia, transporte e recreação e na disposição e tratamento de resíduos domésticos e industriais, até a função ecológica, ou seja, como meio de vida aquático e como fator vital no solo para a vegetação terrestre.

Quando o abastecimento de água é inadequado ao consumo, quando o recurso torna-se escasso, ou mesmo, quando sua abundância está relacionada a inundações, em tais situações extremas, percebe-se de forma evidente a sua real importância para a sociedade. Em tais circunstâncias, diversos problemas se apresentam carecendo, assim, de medidas que estimulem o seu desenvolvimento e regulem a sua distribuição, o seu uso e gestão (BURAS, 1990).

O século 21 aproxima-se, levando a humanidade a deparar-se com seus próprios desafios: crescimento populacional (ainda que mitigado), acredita-se que mais de um bilhão de pessoas somar-se-ão à população da Terra até a virada do século); aumento da demanda de água para satisfazer as necessidades das populações, na agricultura e nos centros urbanos; poluição e falta de qualidade de água gerando graves impactos à saúde; e esgotamento da água subterrânea. Nesse ritmo, conflitos internacionais podem repartir os recursos de água (EL-ASHRY, 1994). O Oriente Médio e a África do Norte são as regiões mais críticas. As maiores tendências de conflito são observadas no Egito e Etiópia, pelo rio Nilo; e na Síria, Iraque e Turquia, pelos rios Tigre e Eufrates (FOLHA DE SÃO PAULO, 07/02/96).

## I.1 - Os usos da água

Pelas muitas utilizações da água, o conceito de recursos hídricos envolve, não somente, a quantidade disponível, mas, também, outras várias características da água, incluindo sua composição química, temperatura e vida aquática, a extensão e a forma dos corpos d'água, profundidade, perfil e materiais da linha de costa e as características dos ambientes adjacentes (ORLÓCI & SZESZTAY, 1982).

As propriedades econômicas potenciais da água (úteis ou nocivas), segundo ORLÓCI & SZESZTAY (*op. cit.*), podem ser agrupadas da seguinte maneira: (a) propriedades da água como bem natural - quantitativa e qualitativamente; (b) propriedades da água como energia - geração de energia elétrica ou térmica; e (c) água como meio de vida aquático.

(a) a água presta-se aqui para uma série de utilizações, que vai desde o consumo humano, propriamente dito, para beber e banhar; para a produção e preparação de alimentos, irrigação, precipitação pluviométrica e água armazenada no solo, lavagem e cozimento dos alimentos; até as águas industriais;

(b) principalmente nos países tropicais como o Brasil, onde os cursos d'água são bastante volumosos, a utilização da água para geração de energia elétrica é muito intensa, aproveitando a "força" da água, através de usinas hidro-elétricas;<sup>1</sup>

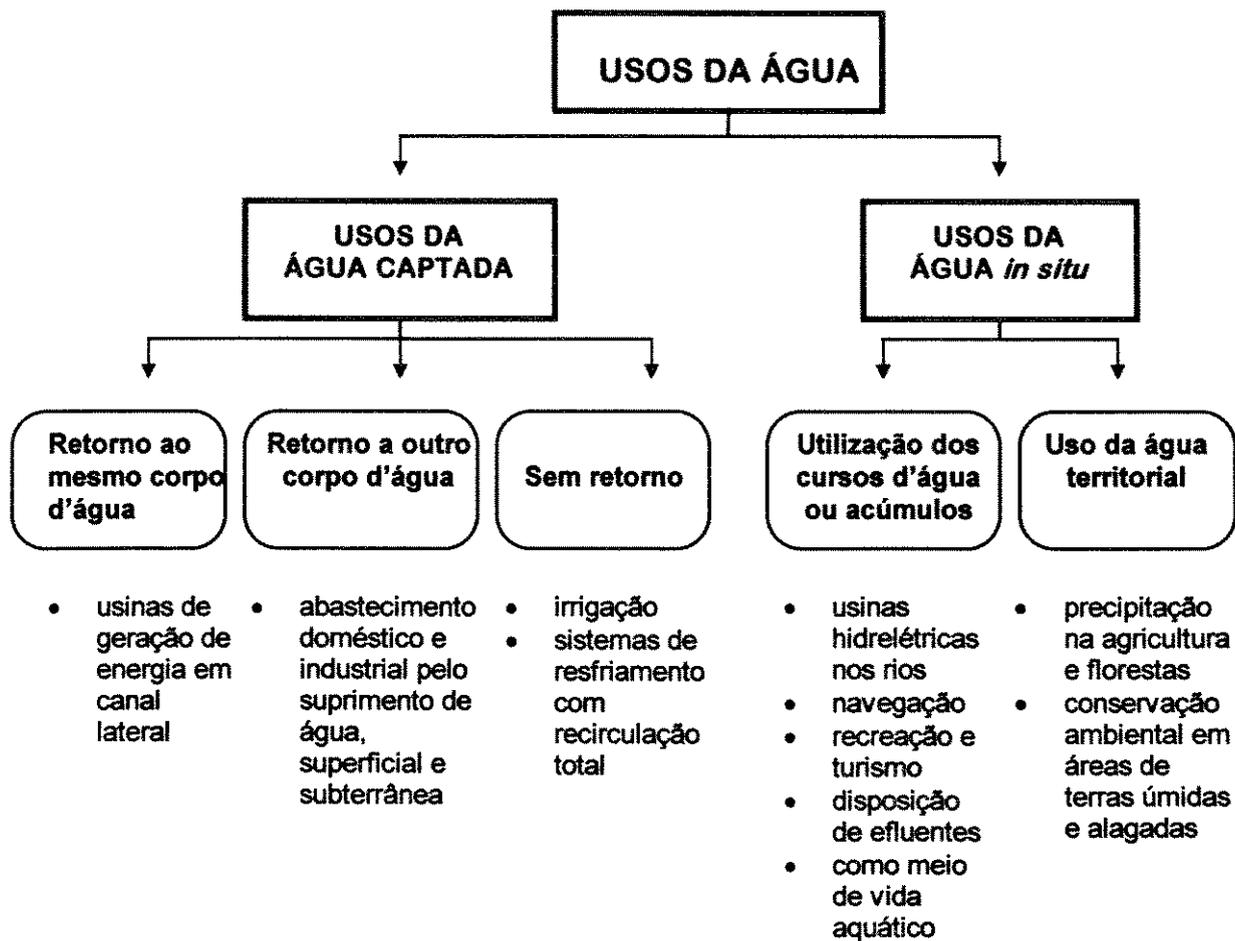
(c) as águas dos rios, dos lagos e ,principalmente, do mar constituem o maior e melhor meio de vida do nosso planeta; primeiro pelo fato de a Terra ter sua superfície, predominantemente, coberta por água e, se considerarmos que a vida teve sua origem na água, torna-se fácil concluir que os melhores e mais ricos ecossistemas são os aquáticos. Esses ecossistemas estão sendo, constantemente, agredidos pelo homem: além de todos os impactos causados pela captação da água, o homem não avalia os riscos que corre ao lançar na

---

<sup>1</sup> Uma outra forma de utilização da água como energia, adotada em várias partes do mundo, consiste no aproveitamento da "temperatura" da água, utilizando as altas temperaturas de águas subterrâneas como fonte de energia térmica. Essa água, aquecida naturalmente, é usada na indústria, ou no turismo e lazer, tendo um papel importante na otimização de energia elétrica, carvão ou petróleo, que são os combustíveis normalmente usados quando se necessita aquecer a água.

água os seus detritos sem nenhum tratamento, poluindo de forma indiscriminada os valiosos meios de vida aquáticos, e pior, seus próprios recursos naturais. Esses ecossistemas são utilizados, ainda, para o lazer e transporte, completando a multiplicidade de uso da água.

Os princípios e categorias de utilização dos recursos hídricos são mostrados na Figura I.1, onde observa-se os usos das águas captadas e sua utilização *in situ*.



**Figura I.1- Categorias de utilização dos recursos hídricos**  
 Fonte: ORLÓCI & SZESZTAY (1982).

Na Figura I.1, a primeira categoria de uso da água está relacionada à captação a partir de um corpo d'água, com retorno ao mesmo ou a outro corpo, ou sem retorno. Uma avaliação quantitativa da água deve levar em conta a relação entre retirada e retorno de água ao corpo. O efeito de diminuição na

qualidade da água no corpo d'água é um componente importante. Dentro desta categoria, os principais tipos de recursos hídricos são: (a) estocados não renováveis (grandes aquíferos confinados, cujas reservas não são renováveis na escala de tempo da existência humana ou da vida útil de seus projetos);<sup>2</sup> (b) correntes e renováveis (rios e nascentes); e (c) estocados e renováveis (lagos e açudes).

A segunda grande categoria de uso da água é representada por sua utilização *in situ*, para qual a avaliação deve incluir fatores hidrogeológicos adicionais. Os tipos de uso nesta categoria aproveitam a energia da água nas usinas hidrelétricas e para a navegação, e como meio de vida aquático, ambiente de inúmeras espécies animais e vegetais, com grande interesse para recreação e turismo.

Uma última categoria está relacionada, também, à utilização *in situ*, mas indiretamente, ou seja, baseada na terra. Esta categoria inclui as águas armazenadas no solo, pântanos e áreas inundadas e o aproveitamento dos resultados positivos das precipitações, pela agricultura e florestas.

Certos usos da água, praticamente, não alteram sua quantidade. Por isso, são chamados não-consuntivos, como, por exemplo, a geração de energia elétrica, a navegação, recreação etc. Outros, ao contrário, consomem parte ou toda a água requerida. São os usos consuntivos. Dentre esses destacam-se, principalmente, a irrigação, que é o tipo de uso que consome a maior quantidade de água, e o abastecimento urbano e industrial. Tendo em vista a demanda crescente de água para os múltiplos usos a que se destina, é imperativo que a sociedade se preocupe em usá-la eficientemente.

Todas as categorias de usos da água dependem do potencial hídrico de uma determinada região, que está relacionado com os dotes naturais e com os processos de balanço das águas de tal região. Desse modo, o suprimento de água total de uma região, ou mesmo, de um país, será representado por: 1) precipitações dentro do território do país; 2) cursos d'água superficiais ou fluxos de água subterrânea que entram no território; e 3) estoques de águas superficiais e subterrâneas (ORLÓCI & SZESZTAY, *op. cit.*).

---

<sup>2</sup>Ver Capítulo III, Item III.1.1 - Disponibilidade de água.

Porém, um potencial elevado, por si só, não é suficiente para suprir a demanda e satisfazer às necessidades da população, sem causar nenhum tipo de impacto. O gerenciamento adequado desses recursos, mesmo com um potencial mínimo, é que permitirá condições, indiscutivelmente maiores, de se vencer os desafios da demanda, sem violar os aspectos naturais dos recursos em água e o ambiente. Contudo, a poluição acelerada das águas superficiais, bem como, o assoreamento dos cursos d'água, açudes ou represas, estão obrigando o homem, cada vez mais, a buscar novas fontes de abastecimento. Além disso, o aproveitamento dessas águas superficiais necessita de sistemas de captação e tratamento, os quais requerem, sempre, grandes investimentos.

Nesse contexto, a utilização dos recursos hídricos subterrâneos tem sido apontada como a solução para muitos dos problemas. Entretanto, em várias regiões do mundo, devido à super-exploração e à falta de planejamento, até os recursos subterrâneos estão sendo esgotados e degradados.

Existe, então, uma necessidade de se aumentar a provisão de água, que não está relacionada, somente, à diminuição das quantidades disponíveis, mas também à degradação de sua qualidade.

## **1.2 - Princípios sobre os recursos hídricos**

Apresenta-se aqui alguns dos princípios fundamentais aplicáveis à água, formulados em fóruns internacionais de discussão realizados em vários países, com o objetivo de promover o desenvolvimento dos recursos hídricos. Esses princípios, que constituíram, inicialmente, recomendações a serem observadas pelos países em todo o mundo, com o passar do tempo, foram sendo adotados nas legislações internas de cada país, tendo em vista as necessidades prementes de se proteger os recursos hídricos, estabelecendo-se normas de uso, gestão e proteção. O capítulo II, deste trabalho, trata da legislação sobre águas do Brasil e de alguns países considerados importantes em termos dos seus avanços e inovações na gestão dos recursos hídricos.

## **I.2.1 - A água como um recurso limitado**

*“Os recursos hídricos não são inesgotáveis. É indispensável preservá-los, controlá-los e, se possível, aumentá-los.”*

Assim declara, em seu Artigo 2º, a Carta Européia da Água (*in* BODELÓN, 1988), proclamada pelo Conselho da Europa em Estrasburgo, França, em maio de 1968, que definiu doze princípios para orientar as legislações de seus países membros.

Também, a Conferência das Nações Unidas reunida em Estocolmo-Suécia em junho de 1972 menciona, em seus princípios, a necessidade de planejamento e gestão convenientes dos recursos naturais visando sua preservação e controle (*apud* GRANZIERA, 1993).

Sobre o uso eficiente da água, a declaração exarada pela Conferência das Nações Unidas sobre a Água (*in* BODELÓN, *op. cit.*), em Mar del Plata, Uruguai, em março de 1977, tratou em detalhe, nas quatro primeiras resoluções, de todos os usos principais da água, dando ênfase ao abastecimento, à disposição de rejeitos e às utilizações na agricultura e na indústria; e destaca a importância da avaliação dos recursos hídricos em todos os países do mundo, para que se possa planejar e gerir de forma eficiente esses recursos.

Com relação ao equilíbrio entre os usos da água, as Recomendações sobre Planejamento dos Recursos Hídricos a Longo Prazo do seminário organizado pelo Comitê de Problemas da Água da Comissão Econômica para a Europa, da ONU, em 1976, dizem o seguinte (*apud* GRANZIERA, *op. cit.*):

*“na elaboração de planos a longo prazo de gestão da água, deve-se dar prioridade aos aproveitamentos de recursos hídricos para fins múltiplos e objetivos múltiplos, tendo em vista designadamente a otimização dos investimentos; em particular, a construção de novos aproveitamentos hidrelétricos deve ser precedida de um estudo pormenorizado das necessidades agrícolas, industriais e municipais da área interessada”*

Ressalta-se, no entanto, que esse entendimento do uso múltiplo como prioridade, não estabelece ordem ou hierarquia para as diversas utilizações, mas procura, apenas, otimizar os investimentos. De outra forma, concepções mais modernas apontam para uma visão holística da água, ou seja, um entendimento que considere não só as águas superficiais, mas também as subterrâneas e as marítimas costeiras, avaliando-se, sempre, o binômio qualidade e quantidade em qualquer projeto hídrico. Pelo Artigo 1º da Declaração de Amsterdã, de março de 1992, os membros das presentes e futuras gerações têm o direito fundamental à sobrevivência sustentada, incluindo a disponibilidade de água em quantidade e qualidade suficientes (*apud* GRANZIERA, *op. cit.*).

A gestão dos recursos hídricos, portanto, deverá considerar conjuntamente a quantidade e a qualidade, levando em conta os aspectos sociais, ambientais e econômicos como prioridades governamentais e atuando num contexto de desenvolvimento sustentável.

### **1.2.2 - Descentralização na administração dos recursos hídricos. A bacia hidrográfica como unidade de gestão.**

No desenvolvimento e administração dos recursos hídricos, as políticas centralizadoras têm-se demonstrado ineficazes e mesmo incapazes de gerir tais recursos de maneira coerente aos princípios já mencionados. A descentralização administrativa, de outro lado, se utiliza de todos os níveis institucionais e envolve todos os interessados no aproveitamento da água, para efetivar a preservação do recurso e garantir o acesso de todos, através do controle, cuja regulamentação, sim, deve ser centralizada para que seja justa e equânime. O papel dos governos, portanto, deve ser mudado, no sentido de se promover uma maior participação de pessoas e instituições locais, públicas e privadas.

Dessa forma, a bacia hidrográfica deve ser considerada como a unidade básica de gestão, unidade indivisível, cujo aproveitamento deve ser otimizado ao máximo, visando um melhor desenvolvimento econômico e social da região, o que só é possível a partir do profundo conhecimento das características e

necessidades da região, através da colaboração e participação da comunidade e dos usuários da água.

Nesse sentido, a Declaração de Amsterdã, em 1992, enfatiza, na maioria dos princípios elencados, o direito assegurado às pessoas afetadas por um corpo de água, de serem informadas sobre todo projeto ou obra que venha a utilizar esse manancial e, inclusive, participarem das decisões que envolvem tais recursos (*apud GRANZIERA, op. cit.*).

A Carta da Água do Conselho da Europa refere-se à questão de forma clara e objetiva. O Artigo 11º afirma o seguinte: *“A administração dos recursos hídricos enquadra-se melhor nos limites naturais das bacias hidrográficas, que nos das fronteiras administrativas e políticas”*. E detalha que, dentro dos limites de uma bacia, os diversos usos das águas, superficiais ou subterrâneas, são interdependentes e que, portanto, sua administração também o deve ser.

A citada Carta, no Artigo 8º, recomenda: *“Para uma administração eficiente dos recursos hídricos, é preciso que as autoridades competentes estabeleçam um plano correspondente.”* A autoridade competente em matéria de gestão de recursos hídricos é o Poder Executivo Federal ou Estadual, que deverá atuar no planejamento e gerenciamento através de organismos específicos, relativos às “administrações de bacias”, organismos esses, dotados de capacidade técnica e financeira e com poderes de decisão.

### **1.2.3 - A água como bem de valor econômico**

Quando se abre uma torneira e se sacia a sede com um copo d'água, não se costuma imaginar o trabalho e o custo agregado à água, ao longo do caminho que ela percorre desde a natureza, captação, tratamento e distribuição. O conceito de que a “água é gratuita” está profundamente consolidado nas culturas de vários povos e isso acaba por estimular o consumo excessivo, o desperdício e o desprezo para com a necessidade de conservação e de proteção dos recursos. Ao contrário disso, a aceitação, pelos governos, de que a água deva ser um bem econômico com um valor que

reflita o seu uso mais produtivo, é um pré-requisito para que se pratique uma administração sustentável (GRANZIERA, 1993).

A Carta Européia da Água, em seu Artigo 10º, dispõe: *“A água é um patrimônio comum, cujo valor deve ser reconhecido por todos. Cada um tem o dever de utilizá-la com cuidado e de não desperdiçá-la”*.

O Plano de Ação da Conferência das Nações Unidas sobre a Água de 1977, em seu Artigo 44º, recomenda aos países que: *“Avaliem as políticas de tarifas de água, conforme as políticas gerais em matéria de desenvolvimento, e disponham das medidas de ajustes e reestruturação necessárias, para que se possa empregá-las eficazmente como instrumento de política e de gestão.”*

Verifica-se, portanto, que a cobrança do uso da água deve ser criteriosamente planejada para evitar distorções, mas deve ser efetiva, para não haver abusos, os quais devem ser coibidos. Sendo essa a condição *sine qua non* para que qualquer planejamento de utilização de recursos hídricos possa ter sucesso (GRANZIERA, *op.cit.*).

#### **I.2.4 - Agenda 21**

A Agenda 21 - documento exarado da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento realizada no Rio de Janeiro em 1992 menciona todos esses princípios em seu Capítulo 18 - *“Proteção da qualidade e do abastecimento dos recursos hídricos: aplicação de critérios integrados no desenvolvimento, manejo e uso dos recursos hídricos”*.

Apesar de não ter sido um Fórum específico sobre águas, como aqueles já citados aqui, a ECO-92 (forma mais comum para se referir à Conferência) tratou profundamente a questão dos recursos hídricos, devido à incontestável importância da água como fator primordial de desenvolvimento para todos os países.

Ítem 18.2: *“A água é necessária em todos os aspectos da vida. O objetivo geral é assegurar que se mantenha uma oferta adequada de água de boa qualidade para toda a população do planeta, ao mesmo tempo em que se preserve as funções hidrológicas, biológicas e*

*químicas dos ecossistemas, adaptando as atividades humanas aos limites da capacidade da natureza e combatendo vetores de moléstias relacionadas com a água. Tecnologias inovadoras, inclusive o aperfeiçoamento de tecnologias nativas, são necessárias para aproveitar plenamente os recursos hídricos limitados e protegê-los da poluição*".<sup>3</sup> CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (Rio de Janeiro, 1992).

A Agenda 21 reconhece o caráter multissetorial do desenvolvimento dos recursos hídricos no contexto do desenvolvimento sócio-econômico e os interesses múltiplos na utilização desses recursos (item 18.3); e ainda, que o seu manejo integrado deve ser feito no nível de bacia ou sub-bacia de captação (18.8) e cita várias atividades que podem ser implementadas pelos Estados, com o objetivo de melhorar esse manejo integrado, dentre elas, *"Promover planos de uso racional da água por meio de conscientização pública, programas educacionais e imposição de tarifas sobre o consumo de água e outros instrumentos econômicos"* (18.12.1).

Vários outros aspectos ligados aos recursos hídricos, discutidos detalhadamente durante a ECO-92, tanto no âmbito legal e institucional, como no âmbito técnico e sócio-econômico, estarão sendo abordados ao longo deste trabalho.

---

<sup>3</sup> Grifos do autor.

## **Capítulo II**

### **Aspectos Jurídicos e Institucionais dos Recursos Hídricos**

#### **II.1 - A legislação sobre águas no Brasil**

Fazendo-se uma análise da evolução no tratamento legal da questão dos recursos hídricos no Brasil, considerando-se os aspectos mais importantes na normatização e regulamentação desse recurso, pretende-se ressaltar os avanços no entendimento e no desenvolvimento dos recursos hídricos, com o objetivo de justificar e destacar a adoção dos, já citados, princípios aplicáveis à água, inseridos em algumas leis, e demonstrar, em linhas gerais, a base legal que sustenta a política e gestão dos recursos hídricos no Brasil e no Estado de São Paulo.

##### **II.1.1 - Legislação pretérita**

A água, devido seu caráter multissetorial de uso, insere-se em vários assuntos diferentes, como irrigação, solo, indústria, energia, saúde, pesca, navegação, zoneamento ambiental, saneamento, florestas e outros. E apresenta, portanto, uma legislação composta por grande número de diplomas legais.

Sendo assim, foram selecionados e listados nos Anexos 1 e 2 alguns desses diplomas aqui considerados os mais relevantes para uma representação geral da evolução da legislação brasileira sobre águas. O Anexo 1 refere-se à Legislação Federal e Anexo 2 à Legislação Estadual de São Paulo.

Dentre os diplomas listados, merecem destaque e comentários os seguintes: o Código de Águas de 1934, a Lei Federal nº9433/97 e a Lei Estadual de São Paulo nº7663/91.

## **II.1.2 - A Constituição Federal de 1988**

O Brasil, embora seja uma República Federativa desde 1889, sempre privilegiou a centralização da administração pública. Pela Constituição de 88, é privativo à União legislar sobre águas, o que dificulta a aplicação da base legal, de forma coerente com situações regionais, pois deve-se aguardar iniciativas de instituições federais, geralmente, inoperantes, burocráticas e desorganizadas. Mas, há previsão constitucional para eventual descentralização de alguns aspectos, como será visto mais adiante.

Uma questão de fundamental importância para o gerenciamento dos recursos hídricos é a definição do domínio das águas. O Código de Águas de 1934 estabeleceu, como bens da União, as águas que servem de limite entre dois ou mais Estados ou que percorrem parte dos territórios de dois ou mais Estados; como bens dos Estados, as que servem de limite entre dois ou mais Municípios ou que percorrem os territórios de dois ou mais Municípios; como bens dos Municípios, as águas situadas, exclusivamente, em seus territórios e que sejam navegáveis ou fluviáveis ou façam outras navegáveis ou fluviáveis.

A dominialidade das águas, como definida pelo Código de Águas, foi mantida pelas Constituições de 1934 e 1937. A constituição de 1946 manteve as disposições relativas às águas da União e, ao declarar como bens estaduais as águas dos rios que têm nascente e foz no território estadual, eliminou a categoria de rios municipais (POMPEU, 1988 *in* : CAMPOS & VIEIRA, 1993). A Constituição Federal de 1988 estabelece:

*“Art.20 - São bens da União: (...)*

*III - os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terreno de seu domínio, ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países, ou se estendam a território estrangeiro ou deles provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais;”*

*“Art.26 - Incluem-se entre os bens dos Estados:*

*I - as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da União;”*

Segundo POMPEU (1990), a disciplina constitucional das águas é falha, confusa e centralizadora. Mas muitas emendas apresentadas por alguns constituintes, quando da elaboração da atual Constituição, foram rejeitadas. Essas importantes emendas objetivavam: (a) incluir entre os bens da União as águas subterrâneas cujos depósitos naturais estivessem subjacentes a mais de um Estado, assim como as águas superficiais e subterrâneas situadas nos Territórios; (b) facultar à União e aos Estados a transferência, aos Municípios, das águas de interesse exclusivamente local, o que, relativamente aos Estados, seria feito pelas respectivas Constituições; (c) dar à União competência para definir, por lei, as águas particulares e os direitos e deveres de seus proprietários; (d) disciplinar o domínio hídrico do Distrito federal.

Entretanto, POMPEU (*op. cit.*) em sua análise, comenta que a Constituição, em redação muitas vezes confusa: (a) acertadamente, assegurou, nos termos do §1º do Art. 20 da C.F., aos Estados, ao Distrito Federal e aos Municípios, bem como a órgão da administração direta da União, participação no resultado da exploração de recursos hídricos, para fins de geração de energia elétrica no respectivo território, plataforma continental, mar territorial ou zona econômica exclusiva, ou compensação financeira por exploração<sup>4</sup>; (b) com respeito aos Estados e Municípios, dentro do espírito federativo, restringiu a antiga competência da União, obrigando-a a articular-se com os Estados onde se situam os potenciais hidro-energéticos, quando da exploração dos serviços e das instalações de energia elétrica e do aproveitamento energético dos cursos de água; (c) de modo centralizador e incoerente, pois, ela mesma ampliou, como será visto, o domínio hídrico dos Estados, declarou competir, privativamente, à União legislar sobre águas, podendo, por lei complementar, autorizar os Estados a fazê-lo, assim mesmo, sobre questões específicas<sup>5</sup>; (d) se, por um lado, ampliou demasiadamente o domínio hídrico dos Estados, eliminando as antigas águas municipais, as comuns e as particulares, mostrando-se centralizadora relativamente ao

---

<sup>4</sup> A Lei 7990/89 resolveu a alternativa constitucional estabelecendo a compensação financeira de 6% sobre o valor da energia produzida, a ser paga pelos concessionários de serviço de energia elétrica (Art.2º); os percentuais de distribuição para Estados, D.F. e Municípios foram definidos pela Lei 8001/90 e alterados pela Lei 9433/97.

<sup>5</sup> O § único do Art. 22 diz que "Lei complementar poderá autorizar os Estados a legislar sobre questões específicas das matérias relacionadas neste artigo."

Estado, por outro, restringiu totalmente o domínio dos Estados situados nas regiões periodicamente assoladas pelas secas, ao retirar-lhes a dominialidade sobre as águas em depósito decorrentes de obras da União; (e) previu, com razão, lei complementar dispendo sobre prioridade para aproveitamento econômico e social dos rios e das massas de água represadas ou represáveis das regiões periodicamente assoladas pelas secas e que, em tais áreas, a União incentivará a recuperação de terras áridas e cooperará com os pequenos e médios proprietários rurais, para estabelecer, em suas glebas, fontes de água e pequena irrigação; (f) estabeleceu, acertadamente, que o aproveitamento dos recursos hídricos, incluídos os potenciais energéticos, em terras indígenas, só pode ser efetivado com autorização do Congresso Nacional, ouvidas as comunidades afetadas, ficando-lhes assegurada participação nos resultados desse aproveitamento, na forma da lei; e (g) previu a aplicação, durante quinze anos, dos recursos destinados à irrigação, de 20% na Região Centro-Oeste e 50% na Região Nordeste, principalmente no semi-árido (POMPEU, *op. cit.*).

### **II.1.3 - O Código de Águas de 1934**

Com visão essencialmente direcionada para o setor hidrelétrico, a partir da década de 20, tiveram início no Brasil estudos sistemáticos de hidrologia, através de campanhas de avaliação de quedas d'água na região Sudeste. Em 1933, foi criado o Serviço de Águas, na Diretoria da Produção Mineral, transformada em Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), em 1934, ano em que foi decretado o Código de Águas (CPRM, 1993).

O Código dispõe sobre a classificação e utilização das águas, dando ênfase ao aproveitamento do potencial hidrelétrico que, na década de 30, representava uma condicionante do progresso industrial que o Brasil almejava. Não houve muita preocupação com a água enquanto recurso natural, passível de proteção contra a poluição, e cuja utilização deve observar os princípios de utilização e gerenciamento internacionalmente aceitos (GRANZIERA, *op.cit.*).

Mesmo assim, o Código de Águas contemplou alguns dispositivos tendentes à utilização múltipla dos recursos hídricos:

*“Art.37. O uso das águas públicas se deve realizar, sem prejuízo da navegação,“*

*“Art. 143. Em todos os aproveitamentos de energia hidráulica serão satisfeitas exigências acauteladoras dos interesses gerais: a) da alimentação e das necessidades das populações ribeirinhas; b) da salubridade pública; c) da navegação; d) da irrigação; e) da proteção contra as inundações; f) da conservação e livre circulação do peixe; g) do escoamento e rejeição das águas;”*

Com referência à poluição das águas:

*“Art. 98. São expressamente proibidas construções capazes de poluir ou inutilizar para o uso ordinário a água do poço ou nascente alheia, a ela preexistentes.”*

*“Art. 109. A ninguém é lícito conspurcar ou contaminar as águas que não consome, com prejuízo de terceiros.”*

*“Art. 110. Os trabalhos para a salubridade das águas serão executados à custa dos infratores, que, além da responsabilidade criminal, se houver, responderão pelas perdas e danos que causarem e pelas multas que lhes forem impostas nos regulamentos administrativos.”*

O Código de Águas representa um marco na legislação brasileira (note-se como há indícios no Art. 110 do princípio do “poluidor-pagador”), mas, se hoje é considerado obsoleto em alguns aspectos como a proteção das águas, ele estava adequado aos interesses e necessidades da época. Desde sua elaboração até os tempos atuais, as condições econômicas, tecnológicas e hidrológicas foram constantemente alteradas, e a norma existente deixou de se adequar à realidade (GRANZIERA, *op.cit.*).

Segundo POMPEU (1988), o Código de Águas não pôde ser aplicado em sua totalidade, porque muitas de suas disposições, que deveriam ter sido tratadas por leis complementares e regulamentos, até então não o foram. E aponta, como aguardando tratamento legal desde 1934, as questões relativas a: 1) desobstrução dos cursos de águas públicas, pela Administração à custa dos infratores (Art.53, parágrafo único; 54 parágrafo único); 2) multas

(Art.189); 3) fixação de sanções pelo descumprimento de suas normas; 4) reposição do leito e margens no estado anterior, quando indevidamente ocupados; 5) salubridade das águas à custa dos infratores (Art.110); 6) servidões urbanas de aqueduto, canais, fontes e esgotos sanitários e pluviais; 7) zonas periodicamente assoladas pelas secas; 8) uso comum das águas, gratuito ou retribuído; e 9) disciplina das águas nascentes (Capítulo V, Art. 89 a 95). Também, não se legislou sobre a exploração de águas subterrâneas (Título IV - Águas Subterrâneas - Capítulo único). Em vez de serem tomadas medidas para tanto, prega-se, há mais de vinte anos, que o Código está muito antigo, sendo necessário elaborar outro.

Com a recente sanção no Brasil da “Lei das Águas” (Lei nº9433, de 08/01/97, apresentada no item II.1.4 deste capítulo), o disciplinamento do uso das águas terá um novo impulso, tendo como base a Política de Recursos Hídricos instituída pela Lei, cujas regulamentações, certamente, devem incluir as questões há pouco citadas.

#### **II.1.4 - A Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997**

Após tramitar por quase sete anos no Congresso Nacional, foi promulgada a “Lei das Águas”. Com uma concepção atual, baseada numa visão holística da água, essa lei, que *“Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos”* (SENADO FEDERAL, 1997b), confere aos recursos hídricos do Brasil o tratamento legal necessário ao seu desenvolvimento e à sociedade brasileira as condições de participar do gerenciamento de seus recursos.

Apesar da divergência de opiniões e das críticas, por parte da comunidade envolvida com os recursos hídricos no Brasil, em relação a alguns aspectos da lei, os quais serão discutidos no final deste trabalho, ela vem preencher a lacuna que existia na legislação sobre águas, ao instituir a Política Nacional de Recursos Hídricos, que é a base para o gerenciamento das águas em todo o país.

Esta Política tem como fundamentos que (Art. 1º):

- I. a água é um bem de domínio público;*
- II. a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;*
- III. em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;*
- IV. a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;*
- V. a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;*
- VI. a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades”.*

Como instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos são mencionados (Art. 5º):

- I. os Planos de Recursos Hídricos;*
- II. o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água;*
- III. a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos;*
- IV. a cobrança pelo uso de recursos hídricos;*
- V. a compensação a Municípios;*
- VI. o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.”*

Além de instituir a Política Nacional de Recursos Hídricos, a Lei 9433 regulamenta o inciso XIX do Art.21 da Constituição Federal<sup>6</sup>, criando o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, com os objetivos principais de (Art. 32): coordenar a gestão integrada das águas (inciso I) e implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos (inciso III). O Art. 33 estabelece os órgãos que integrarão o sistema de gerenciamento: I - Conselho Nacional de Recursos Hídricos; II - Conselhos Estaduais e do Distrito Federal; III - Comitês de Bacia Hidrográfica; IV - Agências de Água e V - órgãos dos poderes públicos federal, estaduais e municipais, cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos.

---

<sup>6</sup> Art.21 - Compete à União: (...) XIX - instituir sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e definir critérios de outorga de direitos de seu uso;

Ao tratar dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, a Lei estabeleceu critérios para a outorga de direito de uso das águas de domínio federal e algumas diretrizes para a implantação da cobrança pelo uso dessas águas. Porém, esse assunto será discutido no Capítulo III (item III.2.4).

Em complemento à Lei nº9.433, os Estados deverão ter suas legislações próprias na área de recursos hídricos, para os rios de seu domínio. Como salienta o Senador Bernardo Cabral ( *in SENADO FEDERAL, op. cit.*), “somente os Estados da Bahia, Ceará, Minas Gerais, Pará, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo, Sergipe e o Distrito Federal aprovaram, até o momento, sua legislação”. O Estado de São Paulo foi o primeiro na implementação de uma Política e de um Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

#### **II.1.5 - A Constituição do Estado de São Paulo de 1989**

A Constituição do Estado de São Paulo, de 5 de outubro de 1989, com características bastante modernas, adota vários dos princípios aqui mencionados. A Seção II do Capítulo IV trata, exclusivamente, dos recursos hídricos. Assim, com relação aos usos múltiplos da água, o Artigo 212 dispõe que: *“Na articulação com a União, quando da exploração dos serviços e instalações de energia elétrica, e do aproveitamento energético dos cursos de água em seu território, o Estado levará em conta os usos múltiplos e o controle das águas, a drenagem, a correta utilização das várzeas, a flora e a fauna aquáticas e a preservação do meio ambiente.”* O Artigo 208, vedou o lançamento de efluentes e esgotos urbanos e industriais, sem o devido tratamento, em qualquer corpo de águas.

O Artigo 205, no *caput*, prevê a instituição de um sistema integrado de gerenciamento de recursos hídricos, e menciona, nos seus itens, a utilização racional e a descentralização na administração de tais recursos, além de considerar a bacia hidrográfica como unidade de gestão.

A Constituição paulista estabelece, ainda, os critérios para a cobrança pela utilização dos recursos hídricos. Assim:

*“Art.211. Para garantir as ações previstas no artigo 205, a utilização dos recursos hídricos será cobrada segundo as peculiaridades de cada bacia hidrográfica, na forma da lei, e o produto aplicado nos serviços e obras referidos no inciso I, do parágrafo único, deste artigo.*

*Parágrafo único - O produto da participação do Estado no resultado da exploração de potenciais hidroenergéticos em seu território, ou da compensação financeira, será aplicado, prioritariamente:*

*I - em serviços e obras hidráulicas e de saneamento de interesse comum, previstos nos planos estaduais de recursos hídricos e de saneamento básico;*

*II - na compensação, na forma da lei, aos Municípios afetados por inundações decorrentes de reservatórios de água implantados pelo Estado, ou que tenham restrições ao seu desenvolvimento em razão de leis de proteção de mananciais.”*

## **II.1.6 - A Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991**

Considerada o melhor exemplo, no Brasil, da incorporação dos princípios internacionalmente aceitos para água à legislação, a lei paulista nº 7663/91 estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos, bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. E, ainda, através dessa lei, ficam criados órgãos de coordenação e de integração participativa, como o Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CRH e os Comitês de Bacias Hidrográficas (Art. 22).

Pelo Artigo 8º, o Estado articulará com a União, com os Estados vizinhos e com os Municípios, atuação para o aproveitamento e controle dos recursos hídricos em seu território, inclusive para fins de geração de energia elétrica. E privilegia, no inciso I deste artigo, *“a utilização múltipla dos recursos hídricos, especialmente para fins de abastecimento urbano, irrigação, navegação, aquicultura, turismo, recreação, esportes e lazer”.*

Os princípios da Política Estadual de Recursos Hídricos, descritos no Artigo 3º, confirmam a concepção moderna da Lei: o gerenciamento descentralizado, participativo e integrado (inciso I); a adoção da bacia hidrográfica como unidade físico-territorial de planejamento e gerenciamento (inciso II); e o reconhecimento do recurso hídrico como um bem público, de

valor econômico, cuja utilização deve ser cobrada, observados os aspectos de quantidade, qualidade e as peculiaridades das bacias hidrográficas (inciso III).

Além disso, a citada lei estadual dispõe que o Estado incentivará a formação de consórcios entre os municípios, tendo em vista a realização de programas de desenvolvimento e de proteção ambiental, de âmbito regional (art. 5º., parágrafo 3º.), e realizará programas conjuntos com os municípios, mediante convênios de mútua cooperação, assistência técnica e econômico-financeira com vistas a (art. 7º.): *"I - instituição de áreas de proteção e conservação das águas utilizáveis para abastecimento das populações; II - implantação, conservação e recuperação das áreas de proteção permanente e obrigatória; III- zoneamento das áreas inundáveis, com restrições a usos incompatíveis nas áreas sujeitas a inundações freqüentes e manutenção da capacidade de infiltração do solo; IV - implantação de sistemas de alerta e defesa civil para garantir a segurança e a saúde públicas, quando de eventos hidrológicos indesejáveis; V - racionalização do uso das águas destinadas ao abastecimento urbano, industrial e à irrigação; VI - combate e prevenção das inundações e da erosão; VII- tratamento de águas residuárias, em especial dos esgotos urbanos."*

Como Instrumentos da Política Estadual de Recursos Hídricos, são mencionados: a outorga de direito de uso (Art. 9º); a cobrança pelo uso, obedecendo os critérios estabelecidos no Artigo 14 e o rateio de custos das obras de uso múltiplo, ou de interesse comum ou coletivo, dos recursos hídricos (Art.15).

A definição dos instrumentos técnicos e jurídicos necessários à implantação da cobrança deve ater-se à realidade brasileira, ainda que se inspirem em exemplos de outros países. Nas Disposições Transitórias dessa Lei, o art. 8º. determina que a implantação da cobrança pelo uso da água seja feita de forma gradativa, atendendo-se, obrigatoriamente, às seguintes fases: conscientização e educação da sociedade, a partir de 1991, sobre a necessidade da utilização racional e proteção da água (inciso I); implantação, em 1992, do Sistema Integrado de Outorga de Direito de Uso dos Recursos Hídricos (inciso II); cadastramento dos usuários da água, durante a

implantação do Primeiro Plano Estadual de Recursos Hídricos 1992/1995 (inciso III); articulação com a União e Estados vizinhos para implantação da cobrança pelo uso da água nas bacias de rios de domínio federal (inciso IV); proposição de critérios, normas e instrumentos técnicos e jurídicos para implantação da cobrança pelo uso da água, no Projeto de Lei referente ao Segundo Plano Estadual de Recursos Hídricos (inciso V).

O Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SIGRH, mencionado no Art. 21, visa à execução da Política Estadual de Recursos Hídricos e a formulação, atualização e aplicação do Plano Estadual de Recursos Hídricos, congregando órgãos estaduais e municipais e a sociedade civil, nos termos do Artigo 205 da Constituição do Estado.

## **II.2 - Aspectos da experiência estrangeira**

A experiência internacional de gestão de recursos hídricos apresenta uma diversidade em função das peculiaridades culturais e das políticas de gestão dos recursos hídricos de cada país ou região.

Segundo Cid Tomanik Pompeu (*in* BARTH *et al.*, 1987): *“Sempre que possível, a edição das normas legais sobre águas deverá ser precedida da fixação, por lei ou em virtude de lei, da política de gestão a ser adotada pelo país, a fim de que sirva de baliza para as referidas normas e de guia para a ação coordenada e uniforme dos vários órgãos e entidades envolvidos na gestão ou nos usos dos recursos hídricos, em qualquer esfera ou grau de atuação da Administração Pública.”*

De um modo geral, os vários sistemas de direito de água existentes no mundo tiveram como principal condicionante a quantidade de água disponível, e a sua redução tem aproximado o conteúdo das legislações. Organismos internacionais e entidades supranacionais têm trabalhado, visando reduzir a diferença entre as leis dos diversos países.

Outro aspecto causador de diferenças entre países é o institucional. Cada país possui uma organização ou estrutura institucional peculiar, também,

às suas cultura, política e economia. A diferença mais significativa reside na forma de administração dos recursos hídricos. Pelo que já foi visto neste trabalho, a descentralização administrativa é a forma mais eficaz de gerenciamento desses recursos, porém muitos países, ainda mantêm um sistema de administração centralizado num único órgão filiado ao governo federal.

Na Holanda, por exemplo, os rios e canais de expressão nacional e internacional são administrados pelo governo central. No Japão, conforme a importância do curso d'água, a responsabilidade de gerenciamento recai sobre o governo central ou às prefeituras. Portugal, também possui um sistema centralizado, que embora com forte intervenção do governo local, registra, ainda, sensível ineficiência, estando em curso tentativas de aprimoramento (ASSIS, 1995).

Para uma análise mais detalhada da experiência estrangeira, neste trabalho foram selecionados quatro países - Alemanha, Espanha, Estados Unidos e França - que merecem destaque por suas características pioneiras e inovadoras na gestão dos seus recursos hídricos.

### **II.2.1 - Alemanha**

Na Alemanha, a administração dos recursos hídricos é de competência concorrente. Os Estados possuem capacidade normativa, ainda que as normas e princípios básicos, comuns a todos os Estados, sejam estabelecidos pelo governo central. Assim, as leis estaduais sobre os recursos hídricos completam a legislação básica de nível federal (BODELÓN, 1988).

Dentro da perspectiva de aproveitamento dos recursos hídricos, incluindo o lançamento de esgotos e substâncias diversas à água, todo o tipo de utilização dos recursos hídricos necessita de autorização. Esta é obtida sob certas condições e está sujeita a prescrições administrativas. O controle sobre essas utilizações é feito por uma polícia administrativa, através da via penal ou administrativa.

A lei sobre descarga de resíduos na água - *Abwassrabbgaben Gesets* (apud BODELÓN, *op. cit.*), de 13 de setembro de 1976, modificada em 1981, determina o pagamento de uma taxa pela descarga de resíduos na rede hidrográfica, segundo o potencial de nocividade dos resíduos lançados. Esta taxa representa um incentivo econômico para diminuir a contaminação das águas. Com isso, os usuários investem em procedimentos e técnicas de tratamento de efluentes mais eficazes, pois as obras públicas para depuração dos cursos d'água têm seus custos cobertos pelos poluidores - Princípio "poluidor-pagador".

Segundo ASSIS (*op.cit.*), a Alemanha é pioneira na aplicação desse princípio através das Associações de usuários no Estado da Renânia do Norte - *Westphalia*, existentes desde o início do século nessa região industrial, com predominância dos próprios usuários no planejamento, financiamento e construção de obras. O Estado da Renânia do Norte - *Westphalia*, tem o distrito industrial com a maior concentração de indústrias e de áreas residenciais do país, o qual apresenta, também, uma concentração singular de tarefas envolvendo o gerenciamento hídrico; este é o mundialmente conhecido distrito do Ruhr.

Na bacia hidrográfica do Ruhr, o *Ruhrverband* (Associação do rio Ruhr) é o órgão responsável pelo gerenciamento do volume, bem como, da qualidade da água. Seus associados são tanto os que poluem o rio e seus tributários, como, por exemplo, as comunidades urbanas e as indústrias, quanto as agências de água, como empresas públicas de abastecimento de água, que se beneficiam com o trabalho do *Ruhrverband*, podendo transferir água potável para bacias hidrográficas adjacentes (ALBRECHT, 1992).

Os associados são obrigados a pagar contribuições ao *Ruhrverband* para que este desempenhe suas funções legais. A tarifa anual, aplicada ao poluidor, baseia-se no volume e na composição dos resíduos despejados e, em relação às agências de água, o cálculo da tarifa é feito com base no volume de água derivada do rio.

## II.2.2 - Espanha

A Espanha possui uma lei geral sobre águas, que estabelece as normas de utilização dos recursos hídricos. Porém, as Comunidades Autônomas (exemplo: Cataluña, Comunidade Valenciana, Madrid) possuem capacidade e autonomia de controle sobre as águas de seus territórios.

A Lei de Águas ( Lei nº 29, de 2 de agosto de 1985, regulamentada pelo Real Decreto nº 849, de 11 de abril de 1986) (*in* BODELÓN, *op. cit.*) tem, também, uma concepção moderna baseada nos princípios aplicáveis à água, explicitados no Capítulo I. No preâmbulo da lei consta:

*“A água é um recurso escasso, indispensável à vida e ao exercício da imensa maioria das atividades econômicas; (...) constitui um recurso unitário, que se renova através do ciclo hidrológico e que conserva em termos práticos, magnitude constante, dentro de cada bacia hidrográfica do país. (...) Não cabe distinção entre as águas superficiais e subterrâneas. Ambas estão intimamente relacionadas e apesar de possuírem propriedades e funções próprias, no conjunto, devem estar subordinadas ao interesse geral da nação.”*

A Espanha é um dos países que mais valorizam a utilização conjunta das águas superficiais e subterrâneas. A recarga artificial de aquíferos é uma prática muito difundida nesse país, que muitas vezes, utiliza os excedentes de água superficial “tratada”, durante os períodos de menor demanda, para recarregar os aquíferos, aumentando o estoque de água subterrânea para utilizá-la na época de “pico” das demandas.

A lei das águas anterior à nº 29, de 13 de junho de 1879, dava ao proprietário do solo plena propriedade sobre as águas subterrâneas abaixo de seu terreno. Com a Lei nº 29/1985 as águas subterrâneas são inseridas no domínio público.

Com relação à descentralização e à atuação das Comunidades Autônomas, ditas há pouco, a Lei das Águas de 1985, ainda em seu preâmbulo, diz:

*“ Faz-se imprescindível uma nova legislação, que aproveite ao máximo os incontestáveis acertos da legislação precedente e contemple instituições tradicionais para regulamentação dos direitos dos usuários, a exemplo do Tribunal das Águas da Comunidade Valenciana, mas que leve em consideração as transformações ocorridas e, de maneira especial, a nova configuração autônoma do Estado, para que o exercício das competências das distintas Administrações produza-se de forma a buscar uma utilização racional e uma proteção adequada ao recurso.”*

Cada Comunidade Autônoma possui um Estatuto de Autonomia regulado por uma Lei Orgânica. Para que se tenha uma idéia das competências das comunidades, toma-se como exemplo a Cataluña e Madrid, capital da Espanha :

*CATALUÑA: Estatuto de Autonomia para Cataluña. Lei Orgânica nº4, 18/12/79. É de competência desta Comunidade Autônoma: Artigo 16º - Aproveitamentos hidráulicos, águas minerais, termais e subterrâneas, quando estas ocorrem integralmente dentro do território da Cataluña; sem prejuízo do estabelecido no Artigo 149 da Constituição (in BODELÓN, op.cit., p.422).*

*MADRID: Estatuto de Autonomia para Madrid. Lei Orgânica nº3, 23/02/83. É de competência desta Comunidade Autônoma: Artigo 8º - Projetos e construção das obras de aproveitamento hidráulico e exploração de águas minerais e termais de interesse da comunidade (in BODELÓN, op.cit., p.424).*

### **II.2.3 - Estados Unidos**

Nos Estados Unidos não existe uma lei federal de águas, os Estados têm competência normativa e possuem suas próprias leis sobre águas. Essas leis individuais de cada Estado, segundo RICE & WHITE (1987; *apud* BURAS, 1990), estão condicionadas a, pelo menos, dois fatores importantes: 1) a procedência da água, se é superficial ou subterrânea e 2) se o Estado tem recursos hídricos escassos ou abundantes. Mas em qualquer que seja o Estado, o princípio fundamental da Lei das Águas é o direito das populações à

utilização da água, desde que sob certas condições, convenientemente, especificadas pelo Estado.

No sudoeste dos Estados Unidos, onde o clima é árido, o desenvolvimento dos recursos hídricos foi impulsionado por atividades mineiras. A primeira pessoa numa região, que se dedicava à mineração, adquiria o direito de apropriação e de uso da água necessária ao seu trabalho. Desse modo estabeleceu-se o princípio pelo qual "o mais antigo é o que tem o direito de uso".<sup>7</sup> Como exemplo disso, observa-se o caso dos Estados do Arizona e da Califórnia, que extraem água de um mesmo reservatório alimentado pelo Rio Colorado. Em 1963, a Suprema Corte dos Estados Unidos estabeleceu que, no caso de ocorrência de uma "seca" que resulte em escassez de água em tal represa, a Califórnia tem prioridade, em relação ao Estado do Arizona, sobre o uso da água do Rio Colorado, uma vez que construiu seu aqueduto para transportar água até a cidade de Los Angeles, muitos anos antes da construção do "Central Arizona Project" (BURAS, *op. cit.*).

#### II.2.4 - França

A França possui uma Lei Federal, que focaliza, unitariamente, o recurso água, demonstrando uma preocupação muito forte com a proteção e a preservação do recurso, bem como, com os seus usos múltiplos. A Lei de Águas n° 92-3, de 3 de janeiro de 1992 (*apud* MACHADO, 1994), em seu Artigo 2°, diz:

*"As disposições da presente lei têm por objeto uma gestão equilibrada do recurso hídrico. Esta gestão equilibrada visa assegurar: a preservação dos ecossistemas aquáticos, dos sítios e zonas úmidas; a proteção contra qualquer poluição e a restauração da qualidade das águas superficiais, subterrâneas e das águas do mar no limite das águas territoriais; o desenvolvimento e a proteção do recurso hídrico; a valorização da água como recurso econômico e a repartição deste*

---

<sup>7</sup> Esse princípio é adotado, também, na Inglaterra: "first come, first served" (*apud* ASSIS, *op. cit.*).

*recurso. Com referência aos diversos usos, atividades ou obras, a gestão da água deve satisfazer ou conciliar as exigências de : saúde, salubridade pública, segurança civil e a alimentação em água potável da população; da conservação e do livre fluxo das águas e da proteção contra inundações; da agricultura, das pescas e das culturas marinhas, da pesca em água doce, da indústria, da produção de energia, dos transportes, do turismo, dos lazeres e esportes náuticos, assim como de todas as outras atividades legalmente exercidas”.*

Apesar de a Lei de Águas ter sido implementada recentemente, a França, também, demonstra um caráter pioneiro na gestão de recursos hídricos, uma vez que, já adotava na Lei precedente, de 1964, vários princípios importantes exarados nas Declarações internacionais, como por exemplo, a cobrança pelo uso da água, a descentralização administrativa e a gestão por bacia hidrográfica.

O governo central da França, ao enfrentar na década de 60 uma situação de degradação dos recursos hídricos, associada a conflitos institucionais, revolucionou a gestão de recursos hídricos, com a criação, através de Lei Federal de 1964, de novos organismos técnicos e financeiros, denominados Agências Financeiras de Bacias. O objetivo dessas Agências da Água, assim denominadas após janeiro de 1992, era dar suporte à implantação de planos de ação, periódicos, aprovados pelos, respectivos, Comitês de Bacias, integrados pelos principais interessados na recuperação dos recursos hídricos (ASSIS, *op.cit.*).

Desse modo, foram criadas seis Agências de Bacias, cada qual cobrindo uma grande bacia hidrográfica - *Adour-Garoune, Artois-Picardie, Loire-Bretagne, Rhin-Meuse, Rhône-Méditerranée-Corse* e *Seine-Normandie*. Respectivamente, para cada Agência (órgão executivo) foi criado um Comitê de Bacia (órgão deliberativo).

Essa estrutura, cujo modelo vem sendo implantado no Brasil, permite gerir a água não setorialmente, mas considerando os problemas de cada bacia hidrográfica e consiste em decidir os trabalhos de despoluição pelos próprios usuários, que estão representados nos Comitês de Bacia. Enquanto, a base

econômico-financeira visa induzir à despoluição através da aplicação do princípio poluidor-pagador.

O Comitê de Bacia opina relativamente às bases de cálculos e aos valores dos impostos susceptíveis de serem captados pela Agência da Água. São previstos dois tipos de impostos: os impostos pela deterioração da qualidade da água - comumente denominados Impostos Poluição, e os impostos de consumo - também denominados Impostos Fonte de Abastecimento (TIEN DUC, 1992).

Esses impostos específicos, comenta TIEN DUC (*op. cit.*), "constituem, no novo sistema francês, um instrumento econômico, que ocupa um lugar central na política da luta contra a poluição das águas. Sua originalidade reside em estimular os que poluem a garantir o interesse coletivo e de responsabilizá-los, dando-lhes possibilidade de opinar na determinação e utilização dos impostos. Uma outra originalidade está em permitir a obtenção de um recurso estável e adaptado, utilizado para o financiamento de uma política de programa. Uma terceira originalidade, enfim, está em prever a criação de um gerente único, independente dos gerentes da administração orçamentária do Estado".

## **Capítulo III**

### **Gestão de Recursos Hídricos**

A gestão dos recursos hídricos de um país, estado ou bacia hidrográfica deve sempre partir do conhecimento do seu nível de desenvolvimento social, econômico e tecnológico, além do conhecimento criterioso do seu potencial hídrico, que deve ser inventariado e, constantemente, avaliado no tocante à disponibilidade e qualidade das águas e às suas várias demandas.

Partindo dessa premissa, o planejamento e o gerenciamento desses recursos vão necessitar de uma base política bem definida para o setor, bem como da implantação e da estruturação de mecanismos de ordenamento institucional, que permitirão orientar e definir a participação dos diversos segmentos envolvidos, sejam federais, estaduais, municipais, privados ou usuários do recurso.

Neste capítulo, procura-se discutir os aspectos mais importantes da avaliação, controle e proteção dos recursos hídricos e dos instrumentos de gestão existentes.

#### **III.1 - Avaliação de recursos hídricos**

Entende-se por avaliação dos recursos hídricos, o conhecimento pleno do potencial hídrico e suas condições de aproveitamento e qualidade, para que, ao serem confrontados com suas variadas demandas, permitam um gerenciamento eficiente desses recursos. Essa avaliação deve estabelecer-se em três níveis: a) avaliação do potencial e disponibilidade de água, b) avaliação e controle da qualidade das águas e c) avaliação, controle e minimização dos impactos.

### III.1.1 - Disponibilidade de água

As águas superficiais e subterrâneas são fases do ciclo hidrológico e, por isso, interligadas e interdependentes. Suas disponibilidade e qualidade são características indissociáveis, que vão condicionar a sua utilização.

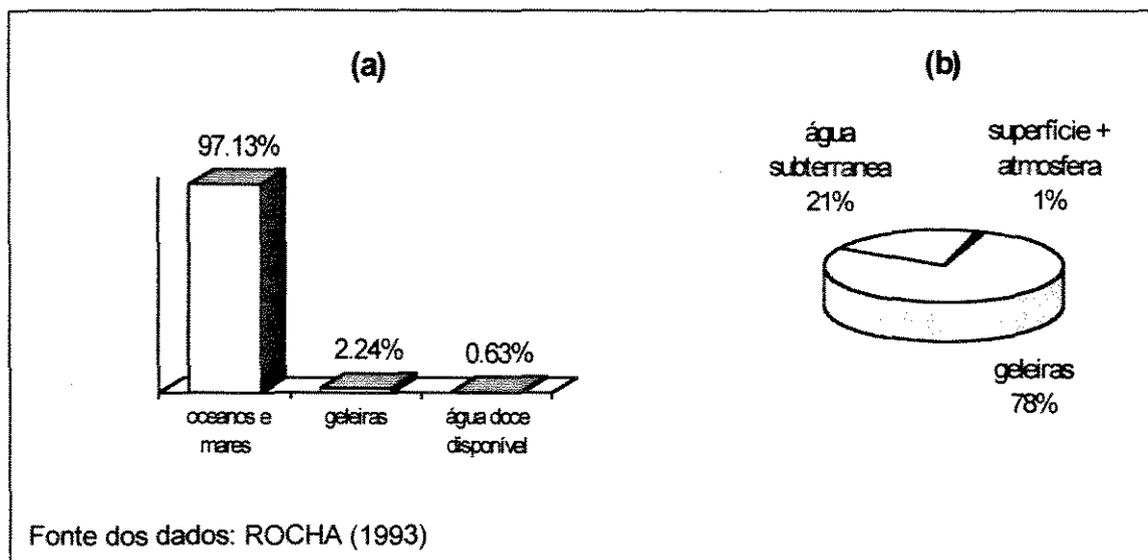
Os recursos hídricos disponíveis, em escala planetária, são abundantes, mas sua distribuição espacial é irregular e, considerando-se o ciclo hidrológico, observa-se que, ao longo do tempo, a água sofre mudanças e percorre caminhos que alteram, também, a disponibilidade desse recurso no tempo. O Brasil, por exemplo, possui uma disponibilidade de água extremamente abundante - segundo BENEVIDES & COIMBRA (1993) representa quase um quinto da água doce do mundo. Embora com extensa área de bacias hidrográficas e de costa marítima, e devido à dimensão territorial do país, verifica-se, facilmente, uma distribuição irregular desse recurso, principalmente, em relação ao abastecimento.

Quando se pensa em água para abastecimento doméstico, industrial ou agrícola, essa abundância é relativa, uma vez que a maior parte da água existente no planeta, cerca de 97,13%, está concentrada nos oceanos e mares; 2,24% encontra-se no estado sólido nas geleiras das calotas polares; e a parcela de água doce realmente disponível representa menos de 1% das águas existentes, distribuída da seguinte maneira (ROCHA, 1993): 0,612% em depósitos subterrâneos; 0,0089% sob a forma de vapor nas nuvens; 0,009% nos lagos e 0,0001% nos rios (cerca de uma sétima parte concentrada na bacia do rio Amazonas). A Figura III.1 (a, b) ilustra a distribuição relativa das águas no planeta e as proporções de distribuição considerando somente a água doce (a que mais atende às necessidades do homem), respectivamente.

Apesar de a água utilizada para fins domésticos representar menos de um centésimo dos volumes dos rios do mundo, em 1988, somente 43% da população dos países em desenvolvimento teve acesso à água potável (BURAS, 1990).

Tanto a disponibilidade, quanto a qualidade das águas estão diretamente relacionadas ao ciclo hidrológico e a questão da renovabilidade da água é extremamente importante. A depender do meio em que a água se

encontra, o seu tempo de residência ou o tempo necessário a sua renovação pode exceder em muito a própria existência humana, como é o caso das águas subterrâneas, cujo tempo de renovação pode atingir milhares de anos (Tabela III.1).



**Figura III.1:(a) Distribuição das águas no planeta;  
(b) Distribuição das águas doces.**

**Tabela III.1 - Tempo de residência da água em fases do ciclo hidrológico.**

	Volume ( em km <sup>3</sup> )	Tempo de residência
águas atmosféricas	13.000	10 - 12 dias
águas superficiais	200.000	da ordem de meses
águas subterrâneas	8.400.000	dezenas a milhares de anos

Fonte: Rebouças (1994)

Considerando as águas superficiais, a disponibilidade hídrica mundial é de 1.448.000 m<sup>3</sup>/s (metros cúbicos por segundo), dividida entre os vários continentes conforme mostra a Tabela III.2. O Brasil apresenta uma disponibilidade hídrica de 177.900 m<sup>3</sup>/s, ou seja, 12 % do total mundial e 53 % da disponibilidade relativa à América do Sul, conforme dados da Tabela III.3.

**Tabela III.2 - Produção hídrica terrestre de superfície**

Região	Vazão média (m <sup>3</sup> /s)
América do Sul	334.000
América do Norte	260.000
África	145.000
Europa	102.000
Antártica	73.000
Oceania	65.000
Austrália e Tasmânia	11.000
Ásia	458.000
Total	1.448.000

Fonte: Carta de "Disponibilidade Hídrica do Brasil"- DNAEE, 1984 (in BARTH *et al.*, 1987)

**Tabela III.3 - Produção hídrica terrestre, de superfície, do Brasil**

Região	Vazão média		
	(m <sup>3</sup> /s)	(%)	(%)
Brasil	177.900	53	12
América do Sul	334.000	100	23
Total mundial	1.448.000	-	100

Fonte: Carta de "Disponibilidade Hídrica do Brasil"- DNAEE, 1984 (in BARTH *et al.*, 1987)

A disponibilidade hídrica superficial apresenta variações ao longo do tempo, tem um caráter sazonal e aleatório, e por isso, é avaliada, usualmente, por indicadores como a vazão média, vazão mínima ou vazão regularizada, no caso da existência de barragens e reservatórios para regularização de vazões.

No caso das águas subterrâneas, cujas reservas são consideradas pouco renováveis, principalmente quando se trata de grandes aquíferos<sup>8</sup> confinados, sua utilização também remonta os primórdios da civilização; relata-se que os chineses já perfuravam poços cerca de 3.500 anos a.C. Segundo REBOUÇAS (1994): "Até meados do século XIX os poços eram perfurados com sondas a percussão, movidas a força humana e/ou animal, destacando-se os *poços jorrantes de Artois*, na França, perfurados em 1711, de onde derivou a denominação de *artesianos* para esse tipo de obra de captação."

<sup>8</sup> Aquífero é o termo usado para definir uma camada, formação ou grupo de formações geológicas, ou seja, um domínio geológico específico ou sistema de fluxo subterrâneo, cuja continuidade hidráulica, características hidrodinâmicas, condições de recarga, circulação e descarga e de qualidade da água, são relativamente semelhantes (FREEZE & CHERRY, 1979; REBOUÇAS, 1994).

A disponibilidade de água subterrânea está associada ao volume estocado e à capacidade de recarga do aquífero. As maiores reservas encontram-se estocadas em grandes aquíferos, cujos tempos de renovação são tão longos, que essas reservas são consideradas não-renováveis.

Enquanto um aquífero livre aluvial tem um sistema de fluxos estreitamente relacionado com o rio que realiza sua drenagem, os grandes aquíferos livres ou confinados (por camadas sobrejacentes impermeáveis) constituem meios de estocagem de água, em função das baixas velocidades de fluxos, que variam entre ordens de grandeza de centímetros e milímetros por dia. Conseqüentemente, os seus sistemas de fluxos subterrâneos são considerados em estado de equilíbrio ou em regime permanente, isto é, liberam nas zonas de descarga as mesmas quantidades de água que se infiltram, por unidade de tempo, nas zonas de recarga (REBOUÇAS, *op. cit.*).

Desse modo, as taxas de renovação das reservas dos grandes aquíferos podem ser expressas pela relação entre as recargas anuais que recebem e suas respectivas reservas permanentes. Portanto, o tempo de renovação está condicionado ao tempo necessário para que a acumulação das recargas atinja o estoque total. Conforme mostra a Tabela III.4, esses tempos de renovação podem variar de centenas a dezenas de milhares de anos. O menor tempo de renovação observado refere-se ao aquífero Botucatu, na Bacia Sedimentar do Paraná, e equivale a 300 anos, o que não deixa de ser um longo período, durante o qual várias gerações passarão até que se complete a renovação de suas águas.

No Brasil, os grandes aquíferos ocupam cerca de 40 % do território. Seus respectivos estoques de água, podem ser observados na Tabela III.5. As maiores reservas de água subterrânea, no Brasil, são representadas pela Bacia Sedimentar do Paraná, seguida pela Bacia Sedimentar do Amazonas e pela Bacia Sedimentar do Maranhão.

**Tabela III.4 - Tempos de renovação das reservas de grandes aquíferos no mundo**

Sistema Aquífero	Taxa Média Anual de Renovação	Tempo de Renovação (anos)	Referência
Gde Bacia Artesiana da Austrália	$5,0 \times 10^{-5}$	20.000	Habermehl, 1980
Bacia Artesiana da Arábia Saudita	$3,0 \times 10^{-5}$	33.000	Neuland, 1988
Bacia Artesiana Argélia, Tunísia	$1,4 \times 10^{-5}$	70.000	Forkasiewicz & Margat 1982. Pallas, 1972
Bacia Artesiana Egito, Líbia	$1,7 \times 10^{-4}$	6.000	Ezzat, 1977
Bacia Artesiana de Paris-França	$5,0 \times 10^{-5}$	20.000	Margat, 1990
High Plains Texas-USA (aquífero livre)	$5,0 \times 10^{-4}$	2.000	Postel, 1984 USGS, 1985
Aquífero S. Sebastião Bacia Bahia - Brasil	$2,5 \times 10^{-4}$	4.000	Rebouças <i>et al.</i> , 1967
Aquífero Botucatu Bacia do Paraná - Brasil	$3,4 \times 10^{-3}$	300	Rebouças, 1976
Aquífero Açú Bacia Potiguar - Brasil	$1,3 \times 10^{-4}$	7.500	Rebouças <i>et al.</i> , 1967
Aq. Cabeças/Serra Grande Bacia do Maranhão - Brasil	$1,3 \times 10^{-5}$	1.000	Rebouças, 1978
Arizona - USA (aquífero livre)	$2,5 \times 10^{-4}$	4.000	USGS, 1985

Fonte: REBOUÇAS (1994)

**Tabela III.5 - Estoque de água dos grandes aquíferos do Brasil**

Unidade hidrogeológica	área (km <sup>2</sup> )	Aquíferos principais	Volume armazenado (km <sup>3</sup> )
rochas cristalinas	5.346.000	zonas de fraturas e/ou alteração	1.650
bacia sedimentar do Amazonas	1.300.000	sedimentos terciários e paleozóicos	19.500
bacia sedimentar do Maranhão	700.000	formação Corda-Grajaú formação Samambaiba formação Poti-Piauí formação Cabeças formação Serra Grande	10.500
bacia sedimentar do Araripe	11.000	formação Exu formação Missão Velha	110
bacia sedimentar Potiguar - Recife	23.000	formação Barreiras formação Jandaíra formação Açú-Beberibe	230
bacia sedimentar Alagoas - Sergipe	10.000	formação Barreiras formação Marituba	100
bacia sedimentar da Bahia	56.000	formação Marizal formação São Sebastião	840
bacia sedimentar do Paraná	1.000.000	formação Baurú formação Serra Geral formação Botucatu	25.000
Depósitos diversos	66.000	aluviões dunas terciários	66
<b>Totais</b>	<b>8.512.000</b>		<b>57.997</b>

Fonte: BARTH *et al.* (1984)

### III.1.2 - Qualidade das águas <sup>9</sup>

O homem gera, como resultado de suas atividades, uma quantidade elevada de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, que são lançados no ar, solo e água, comprometendo a qualidade desses recursos. O lançamento de esgotos domésticos e industriais, o escoamento superficial e a infiltração de produtos químicos usados na agricultura transferem às águas compostos orgânicos e inorgânicos, microrganismos patogênicos ou não, minerais, nutrientes e pesticidas agrícolas, e metais pesados. Esses materiais, denominados poluentes, são estranhos à água e vão causar transformações na sua cor e turbidez, odor, temperatura etc. Qualitativamente, os impactos resultantes são: prejuízos à saúde pública, redução do oxigênio dissolvido na água, danos ecológicos à vida aquática, prejuízos aos usos definidos para a água, assoreamento, eutrofização, aspecto estético desagradável e reflexos econômicos (ROCHA, 1993).

Segundo ROCHA (*op. cit.*), nos Estados Unidos, em 1970, a Agência de Proteção Ambiental (*Environmental Protection Agency - EPA*) ressaltava que 32,60% das águas daquele país estavam poluídas, sendo 60% por efluentes de minas, 23% por dejetos agrícolas, 9% por efluentes industriais e 8% por esgotos municipais. No Brasil, a bacia hidrográfica da Região Metropolitana de São Paulo (rios Tietê, Tamanduateí e Pinheiros) recebe diariamente 1100 toneladas de esgotos, sendo 800 toneladas de origem doméstica e 300 toneladas provenientes das indústrias.

A qualidade da água é, comumente, avaliada através da medição de alguns fatores físico-químico-biológicos, tais como: concentração de Oxigênio Dissolvido (OD), de substâncias químicas, de coliformes; Demanda Bioquímica de Oxigênio<sup>10</sup> (DBO); pH; temperatura e estratificação térmica; etc. A variação desses fatores dá-se, dentre outras causas, em função das condições

---

<sup>9</sup> Este item refere-se, principalmente, às águas superficiais; a qualidade de águas subterrâneas será tratada no Capítulo IV, item IV.2.2.2.

<sup>10</sup> Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO): quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbica para uma forma inorgânica estável; DBO<sub>5</sub>: termo usado para quantificação de carga orgânica, significa a quantidade de oxigênio consumido durante um período de 5 dias, numa temperatura de incubação de 20°C.

climáticas, da vazão, do volume de água, da declividade, da velocidade de escoamento, da atividade biológica presente e dos usos da água.

Os diferentes usos da água têm exigências de qualidade distintas, ou seja, em função da qualidade, a água poderá ou não ser aproveitada para um determinado uso. Assim, qualidade, quantidade e uso da água são fatores interdependentes.

Para o inventário dos cursos e dos acúmulos de água disponíveis em uma região e para a fixação de objetivos no planejamento e na gestão da oferta futura, a tecnologia mundial de recursos hídricos tem adotado o critério de enquadramento dos mesmos em classes de qualidade. Cada classe é definida por padrões numéricos e atributos que caracterizam objetivos da qualidade a ser preservada ou recuperada, tendo em vista os chamados “usos preponderantes” - usos mais exigentes, limitantes de qualidade na classe (YASSUDA, 1993).

#### **III.1.2.1 - Classificação das águas**

No Brasil, a Resolução nº 20 do Conama - Conselho Nacional do Meio Ambiente (*in* SÃO PAULO, SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE, 1994), de 18/06/86, que estabeleceu a classificação das águas, dividiu os recursos hídricos em águas doces, salobras e salinas, que, por sua vez, foram segmentadas em nove classes de qualidade. Sendo cinco classes de água doce, desde a chamada Classe Especial, que possibilita o uso doméstico sem tratamento ou com simples desinfecção, até a Classe 4, em que preponderam os usos menos exigentes de qualidade, como mostra o Quadro III.1. As Classes 5 e 6 correspondem às águas salinas, restando as Classes 7 e 8 para as salobras, sendo a primeira, em ambos os casos (5 e 7), capaz de permitir a recreação de contato primário, proteção das comunidades aquáticas e desenvolvimento da aquicultura, enquanto que na segunda (6 e 8), preponderam usos menos exigentes para as águas salinas e salobras, como a recreação de contato secundário, navegação comercial e harmonia paisagística.

### Quadro III.1 - Classificação das águas doces brasileiras

Classe	Destinação
Especial	Abastecimento doméstico sem prévia ou com simples desinfecção. Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.
Classe 1	Abastecimento doméstico após tratamento simplificado. Proteção das comunidades aquáticas. Recreação de contato primário: esqui, natação e mergulho. Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que crescem rente ao solo e são ingeridas cruas e sem remoção de película.
Classe 2	Abastecimento doméstico após tratamento convencional. Proteção das comunidades aquáticas. Recreação de contato primário: esqui, natação e mergulho. Irrigação de hortaliças e plantas frutíferas. Criação natural e intensiva (aquicultura) de esp. destinadas à alimentação humana.
Classe 3	Abastecimento doméstico após tratamento convencional. Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras. Dessedentação de animais.
Classe 4	Navegação. Harmonia paisagística. Usos menos exigentes.

Fonte: Resolução Conama n° 20/86, Artigo 1° (in SÃO PAULO, SMA, 1994)

O enquadramento de cada segmento de corpo de água em uma determinada classe, como diz YASSUDA (*op. cit.*), equivale a fixar seu futuro, quanto ao nível de preservação ou conservação de sua qualidade e, logo, de seu valor. De acordo com a citada Resolução n° 20, os diversos segmentos de cursos d'água brasileiros, enquanto não forem submetidos a um enquadramento específico, deverão ser conservados dentro dos seguintes requisitos de qualidade: as águas doces nos padrões da Classe 2, as águas salinas na Classe 5 e as salobras na Classe 7. A Tabela III.6 mostra os principais limites e condições estabelecidas para as classes de água doce.

**Tabela III.6 - Principais limites e condições estabelecidas para as classes de água doce**

Classe	DBO 5 dias 20°C (mg/l)	OD (mg/l)	pH	Coliformes (NMP/100ml)*
Especial	-	-	-	Totais, ausentes para abastecimento sem desinfecção
Classe 1	3	6	6 a 9	Fecais 200 Totais 1.000
Classe 2	5	5	-	Fecais 1.000 Totais 5.000
Classe 3	10	4	6 a 9	Fecais 4.000 Totais 20.000
Classe 4	-	2	6 a 9	-

\* NMP = Número Mais Provável

Fonte: Resolução Conama n° 20/86, Artigos 4° e 7° (in SÃO PAULO, SMA, 1994)

### III.1.2.2 - Índice de Qualidade das Águas - IQA

No Estado de São Paulo, a CETESB, a partir de um estudo realizado, em 1970, pela “*National Sanitation Foundation*” dos Estados Unidos, adaptou e desenvolveu o Índice de Qualidade das Águas - IQA, que visa facilitar a interpretação das informações de qualidade de água de forma abrangente e útil.

O IQA é obtido pela análise de 9 parâmetros considerados relevantes para a avaliação da qualidade - Temperatura da amostra, pH, OD, DBO<sub>5</sub>, Coliformes Fecais, Nitrogênio Total, Fosfato Total, Resíduo Total e Turbidez - tendo como determinante principal a utilização da água para abastecimento público (CETESB, 1996).

A qualidade das águas brutas, indicada pelo IQA numa escala de 0 a 100, é classificada de acordo com a seguinte gradação:

80	-	100	qualidade ótima
52	-	79	qualidade boa
37	-	51	qualidade aceitável
20	-	36	qualidade ruim
0	-	19	qualidade péssima

O IQA é calculado pela CETESB para os principais cursos d'água do Estado. Os dados utilizados no cálculo são obtidos a partir da Rede Básica de Monitoramento, que conta com 116 pontos de amostragem em todo o Estado.

### III.1.2.3 - Poluição das águas

O já citado Decreto Federal nº 50.877, de 29/06/61, que trata sobre o lançamento de resíduos tóxicos ou oleosos em águas interiores, em seu artigo 3º, define poluição como sendo (*apud* POMPEU, 1976, p.41):

*“qualquer alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas das águas, que possa importar em prejuízo à saúde, à segurança e ao bem-estar das populações e ainda comprometer a sua utilização para fins agrícolas, industriais, comerciais, recreativos e, principalmente, à existência normal da fauna aquática”.*

Considera-se os principais meios de poluição da água: o lançamento de esgotos domésticos e industriais, as águas de escoamento superficial e de infiltração, a intrusão de água salgada e a deposição direta de resíduos. A poluição, que está diretamente relacionada às várias formas de uso e de ocupação do solo, pode ser de origem urbana, industrial ou agrícola.

Os principais efeitos da poluição, segundo FANO *et al.* (1986), são: a) contaminação das águas potáveis, resultando em risco para saúde e aumento dos custos de tratamento das águas; b) mortalidade dos peixes ou decréscimo na produtividade de peixes; c) contaminação da água de irrigação, impondo riscos à saúde ou inibindo a produtividade das colheitas; d) degradação dos aspectos estéticos da água e dos ambientes de recreação; e) surgimento de odores desagradáveis; ou f) obstáculos à navegação.

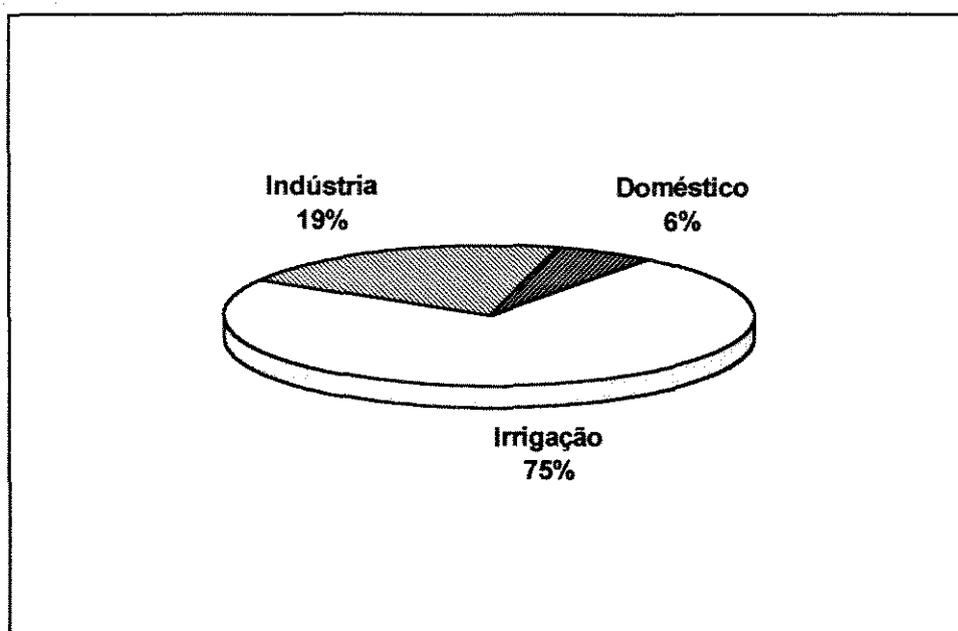
No Brasil, estudos realizados nas décadas de 70 e 80 levaram a identificar as seguintes áreas críticas de poluição das águas (BARTH *et al.*, *op. cit.*): Regiões Metropolitanas 1) de São Paulo, 2) do Rio de Janeiro, 3) de Belo Horizonte, 4) de Recife, 5) de Salvador, 6) de Porto Alegre, 7) de Curitiba; além de 8) Região de Cubatão, SP; 9) Bacia hidrográfica do Médio e Baixo Tietê, SP; 10) Paraíba do Sul, SP, MG e RJ; 11) Região de Volta Redonda, RJ; 12) Região Sul do Estado de Santa Catarina; 13) Bacias hidrográficas de Pernambuco; e 14) Bacia hidrográfica do Rio Jacuí e estuário do Guaíba, RS.

A situação dessas regiões vem se agravando até hoje. As cargas poluidoras aumentam e o controle da poluição industrial não tem sido suficiente para a recuperação da qualidade das águas, visto que a poluição de origem urbana não foi resolvida.

### **III.1.3 - A demanda de água**

Com relação à demanda de água, é importante que se faça distinção entre água retirada ou captada e água consumida. A primeira refere-se à quantidade total de água que é retirada de uma dada fonte e distribuída aos usuários. A água consumida compreende o volume que não retorna à fonte ou só retorna a médio e longo prazo (água evaporada, incorporada ao produto etc.) .

Numa perspectiva global, de toda a água captada da superfície mais a que é explotada do subsolo, a maior parte satisfaz às demandas da irrigação (70 a 80%); a indústria utiliza menos de 20% e apenas 6% prestam-se ao consumo doméstico (Agenda 21; SENADO FEDERAL, 1997a), como mostra a Figura III.2. Em termos de consumo de água, é, também, a irrigação que predomina, consumindo entre 10% e 80% de água, enquanto que o consumo industrial varia entre 0% e 10% e os usos domésticos consomem de 1% a 15% (BURAS, *op.cit.*).



**Figura III.2 - Demanda relativa de água para irrigação, indústria e abastecimento público.**

(Fonte dos dados: Agenda 21; SENADO FEDERAL, 1997a)

A água tem, portanto, uma grande aplicação na irrigação, que, por sua vez, tem contribuído, substancialmente, para o crescimento da agricultura mundial, em decorrência das áreas irrigadas e de seu rendimento terem expandido rapidamente. A partir de 1950, o rendimento da irrigação, ou seja, a produção agrícola das terras irrigadas aumentou 3% por ano, com o incremento da área irrigada de 94 milhões para 270 milhões de hectares. Hoje, cerca de 18% das terras cultivadas no mundo são irrigadas e participam com mais de 33% da colheita total (EL-ASHRY, 1994).

O crescimento econômico e o desenvolvimento tecnológico alteram não só o nível e o tipo de demanda, mas, também, a qualidade da água requerida, em que as maiores modificações que têm ocorrido nas últimas décadas são devidas às formas de uso do solo (inclusive industrial), ao aumento nas atividades de mineração e às mudanças na tecnologia de cultivo do solo.

No Brasil, a quantificação das demandas de água para abastecimento urbano, industrial e irrigação pode ser observada na Tabela III.7.

**Tabela III.7 - Demanda de água por tipo de uso, no Brasil.**

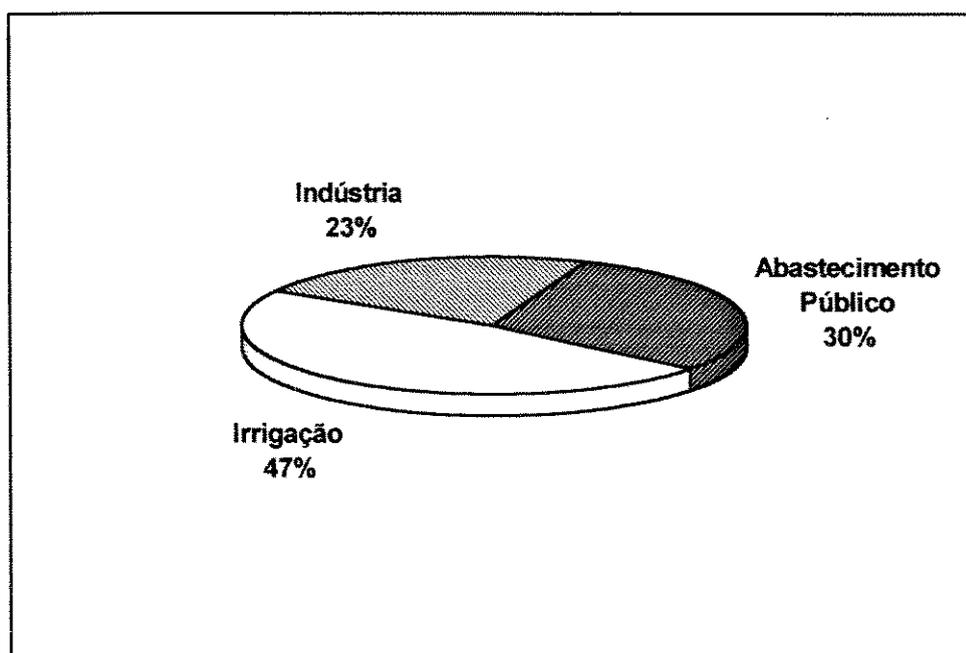
Estado / Região	Demanda por tipo de uso (em m <sup>3</sup> /s)			total
	Urbana	industrial	irrigação	
Estado de São Paulo	86,88	131,96	57,35	276,19
Região Sudeste	164,06	176,09	135,93	476,08
Região Sul	55,02	46,18	229,72	330,92
Região Centro-Oeste	18,81	4,28	14,20	37,29
Região Norte	11,17	3,26	1,58	16,01
Região Nordeste	65,04	17,31	123,42	205,77
Brasil	314,10	247,12	504,85	1066,07

Fonte dos dados: BARTH *et al.*, (1987).

O gráfico da Figura III.3 construído a partir dos dados da Tabela III.7 mostra a relação de participação de cada demanda por tipo de uso - abastecimento urbano, industrial e irrigação - na demanda total de água no Brasil. Pode-se observar, comparando-se esse gráfico com o da Figura III.2, que o Brasil apresenta uma demanda de água para irrigação inferior, em termos relativos, à demanda mundial de água para esse fim. A demanda industrial tem um percentual muito próximo ao mundial, porém, só o Estado de São Paulo responde por mais da metade dessa demanda. Enquanto a demanda de água para abastecimento público, considerando somente o abastecimento urbano, é, relativamente, superior à observada mundialmente, só o Estado de São Paulo representa, aproximadamente, um terço de tal demanda.

Esse quadro de demandas, portanto, é fortemente influenciado pelo Estado de São Paulo, devido sua alta concentração demográfica e industrial. Por outro lado, em termos da demanda de água para irrigação, é o Estado do

Rio Grande do Sul, que apresenta no Brasil a maior área de terras irrigadas, representando cerca de 40% da demanda do País.



**Figura III.3 - Demanda relativa de água para abastecimento público, indústria e irrigação, no Brasil.**

(Fonte dos dados: BARTH *et al.*, 1987)

Os valores de demanda apresentados até aqui representam as demandas totais para cada uso da água, abastecimento urbano, indústria e irrigação, ou seja, sem discriminação do tipo de manancial utilizado. Para se fazer uma análise da relação de dependência entre a demanda e o tipo de manancial explorado, superficial ou subterrâneo, elegeu-se aqui o uso urbano da água, no Estado de São Paulo, do qual se obtém uma maior quantidade de informações, sintetizadas na Figura III.4.

O abastecimento urbano, no Estado de São Paulo, cuja demanda é da ordem de 87 m<sup>3</sup>/s (Tabela III.7), tem como suprimento predominante os mananciais superficiais, que fornecem 76 m<sup>3</sup>/s, enquanto os 11 m<sup>3</sup>/s restantes provêm dos recursos subterrâneos. Porém, apesar de representar apenas 13% do total utilizado, o manancial subterrâneo atende, parcial ou integralmente, a cerca de 55% do total de núcleos urbanos, os quais estão localizados, principalmente, na parte oeste do Estado (SÃO PAULO, CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS, 1990).

A participação do recurso subterrâneo foi calculada com base no cadastro de poços do Departamento de Água e Energia Elétrica - DAEE, sendo que boa parte dos poços existentes, principalmente do setor industrial, não estão cadastrados e mesmo entre aqueles que constam do cadastro, muitos apresentam informações distorcidas ou insuficientes em termos de produção de água. Este fato, portanto, está ocultando uma parcela significativa da demanda industrial, cujo suprimento provém do aproveitamento sem controle dos recursos hídricos subterrâneos do Estado, o que dificulta a identificação dos locais onde os recursos estão sendo, eventualmente, superexplorados.

No Estado de São Paulo já existe escassez de água. Considerando o Estado como um todo, tal escassez não é identificada, nem mesmo quando se analisa um cenário futuro para o ano 2010. Contudo, a análise do balanço demanda/disponibilidade<sup>11</sup> por unidade hidrográfica permite identificar o problema em algumas unidades do Estado.

Segundo o Plano Estadual de Recursos Hídricos (SÃO PAULO, CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS, *op. cit.*), em 1990, eram utilizados 17% da disponibilidade estadual e, efetivamente, consumidos 8% por evapotranspiração, por incorporação aos produtos e por absorção pelas culturas irrigadas. Neste cenário, considerando o balanço demanda/disponibilidade, as unidades hidrográficas mais críticas são: a do Alto Tietê (55%), onde o comprometimento de quase um terço da água disponível pela poluição fez com que a reversão de água de outras unidades se tornasse inevitável, devendo aumentar no futuro; a do Piracicaba<sup>12</sup> (64%), onde tanto o uso urbano, a irrigação e, principalmente, o consumo industrial, quanto a reversão de água para a unidade do Alto Tietê, contribuíram para o elevado comprometimento da disponibilidade hídrica, tornando essa unidade a mais crítica do Estado; e as unidades do Turvo-Grande (48%), Alto Pardo-Mogi (42%), Sapucaí-Grande (29%) e Baixo Pardo-Mogi (27%), onde esse comprometimento é influenciado, principalmente, pela irrigação, nas três

---

<sup>11</sup> O balanço demanda/disponibilidade representa a porcentagem da disponibilidade hídrica necessária para satisfazer a demanda total.

<sup>12</sup> O Plano Estadual de Recursos Hídricos, de 1990, não considerava as bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá como componentes de uma única UGRHI-Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

primeiras, e pelo alto consumo industrial gerado pelas usinas de açúcar e álcool na unidade do Baixo Pardo-Mogi, como é o caso, também, da unidade do Piracicaba.

No cenário futuro (2010), as demandas nas unidades hidrográficas do Alto Tietê, do Piracicaba e do Turvo-Grande poderão superar as disponibilidades hídricas. E, além das unidades do Alto e Baixo Pardo-Mogi e do Sapucaí-Grande, que terão suas situações agravadas devido às elevadas demandas da irrigação e do uso industrial, pelo menos outras quatro unidades: Aguapeí, Peixe-Santo Anastácio, Paraíba do Sul e Baixada Santista, poderão assumir situações críticas pelos mesmos motivos.

Esses cenários do balanço demanda-disponibilidade por unidade hidrográfica, então, indicam claramente as situações de escassez encontradas no Estado de São Paulo e a necessidade de controle e gestão sobre os recursos hídricos do Estado.

### **III.2 - A gestão integrada dos recursos hídricos**

A gestão integrada dos recursos hídricos consiste, basicamente, no planejamento e na administração do uso conjunto das águas superficiais e subterrâneas, que leva em consideração o uso e a ocupação do solo. Para tanto, utiliza de dispositivos e normas legais estabelecidos por uma política de recursos hídricos e atua sob a óptica do desenvolvimento sustentável. Isto significa, gerir os recursos integrando quantidade e qualidade, águas superficiais e subterrâneas, considerando os múltiplos usos da água e do solo, bem como, os impactos ambientais, sociais e econômicos envolvidos.

#### **III.2.1 - O uso conjunto das águas superficiais e subterrâneas**

A decisão de se usar água de superfície ou subterrânea, ou a combinação de ambas, tem uma dimensão física, econômica e social. Geralmente, a água superficial, mais acessível, tem a preferência dos usuários e administradores dos recursos hídricos, sendo a fonte tradicional de abastecimento. Entretanto, em muitas regiões, essa água não está disponível,

é uma fonte escassa, ou está contaminada, necessitando de altos custos com tratamento para que possa ser consumida. Com os problemas relativos ao crescimento populacional, ao sobreuso e à contaminação dos rios, a utilização da água subterrânea ou o uso conjunto de ambas torna-se cada vez mais necessário e desejável.

Apesar de não estar livre na superfície, nem tampouco visível, a água subterrânea possui algumas vantagens sobre as águas superficiais:

- a) com relação à captação, o custo de construção de poços, geralmente, é menor que o custo das obras de captação em rios e represas, as quais, além disso, precisam de mais tempo para serem construídas;
- b) com relação à qualidade, normalmente, as águas subterrâneas são de boa qualidade e já se apresentam naturalmente adequadas ao consumo humano, não necessitando de custos com tratamento;
- c) com relação à sua ocorrência e a distribuição, a água subterrânea apresenta outra grande vantagem, pois, muitas vezes, poderá ser extraída no próprio local de consumo, dispensando ou diminuindo os custos de adução e distribuição. Essa possibilidade tem grande valia no abastecimento de comunidades rurais e da periferia urbana, que não são atendidas pelas redes de distribuição de água tratada, bem como, na irrigação de terras distantes de fontes superficiais.

Considerando a interação natural entre águas superficiais e subterrâneas, inseridas no ciclo hidrológico, e a grande variação existente na disponibilidade e na qualidade de ambas, entende-se que o aproveitamento conjunto dessas águas representa a melhor forma de atender às necessidades das populações, permitindo, com otimização de custos, oferecer água de qualidade e em quantidades suficientes.

Para um melhor entendimento do aproveitamento conjunto, é importante que se conheça as funções básicas dos aquíferos, que além da função clássica de produção de água doce apresentam uma série de funções, inerentes às suas características físicas e geológicas, que justifica a

necessidade de que os recursos hídricos, superficiais e subterrâneos, sejam geridos integradamente. As funções dos aquíferos<sup>13</sup>, então, são as seguintes:

- 1) *Função clássica de produção* - água doce;<sup>14</sup> águas minerais e de mesa;<sup>15</sup>
- 2) *Função Estocagem + Regularização* - os aquíferos armazenam mais água do que todo o volume de águas correntes ou acumuladas na superfície, e desempenha um papel primordial de suprimento dos fluxos de água doce dos continentes, pois são responsáveis pela regularização entre 30 e 40 % de toda a descarga dos rios do mundo, sendo de 2 a 3 vezes superior ao efeito regulador espontâneo ou estimulado de reservatórios construídos na superfície;
- 3) *Função Filtro* - essa função tem grande alcance ao longo dos rios perenes e lagos, reduzindo os custos de tratamento através de captações induzidas, ou seja, a água da superfície infiltra-se no solo e todo material sólido em suspensão fica retido pelos sedimentos por onde percola e, então, é bombeada limpa em poços de pequena profundidade;
- 4) *Função Transporte* - transferindo recargas naturais ou artificiais para áreas distantes, onde esteja havendo super-exploração do aquífero;
- 5) *Função Energética* - devido ao gradiente geotérmico<sup>16</sup>, em poços profundos, que extraem água a mais de mil metros de profundidade, a água chega à superfície a mais de 40 °C de temperatura, beneficiando seu uso industrial, energético e até recreacional.
- 6) *Função Estratégica* - para suprir necessidades vitais de grandes cidades nos casos de estiagens prolongadas, acidentes ambientais, conflitos armados, acidentes ecológicos, que comprometam, temporariamente, os mananciais de superfície;

---

<sup>13</sup> Notas de aula: disciplina "Gestão de Aquíferos"; Prof. Dr. Aldo da C. Rebouças; USP/1994.

<sup>14</sup> Concentração de sais menor que 1 g/l.

<sup>15</sup> Segundo o Código de Águas Minerais (Decreto-Lei nº 7.841, de 08/08/1945): "Art. 1º - *Águas Minerais* são aquelas provenientes de fontes naturais ou de fontes artificialmente captadas que possuam composição química, ou propriedades físicas ou físico-químicas distintas das águas comuns, com características que lhes confirmam uma ação medicamentosa. \_\_\_ Art.3º - Serão denominadas *Águas potáveis de mesa* as águas de composição normal, provenientes de fontes naturais ou de fontes artificialmente captadas que preencham tão somente as condições de potabilidade para a região."

- 7) *Função Subirrigação / Drenagem* - recuperação de áreas encharcadas;
- 8) *Função Mineral* - controle do nível freático em minas a céu aberto ou subterrâneas e/ou produção de água para mineração; prospecção mineral e extração de salmouras;
- 9) *Função Geotécnica* - controlar problemas geotécnicos decorrentes de alterações das propriedades físicas do subsolo devido seus níveis de umidade;
- 10) *Função Ambiental* - depuração de águas usadas como recarga artificial, e estocagem de efluentes perigosos em formações salinas ou ácidas.

A forma e intensidade de aproveitamento dos recursos hídricos irão variar de uma região para outra, de uma bacia hidrográfica para outra ou dentro de uma mesma bacia. Para que a utilização conjunta desses recursos ocorra de forma eficiente é preciso que se observe os limites de aproveitamento de cada um, superficiais e subterrâneos. Para que não ocorra o esgotamento de um aquífero, a quantidade de água explorada não poderá exceder a vazão de recarga do aquífero.

Porém, considerando a lentidão de renovação ou escassez das recargas de um aquífero, o que faz com que suas reservas tornem-se não renováveis na escala do tempo, como já foi visto anteriormente, toda extração engendra um acelerado desequilíbrio em relação às recargas, resultando, na prática, como alerta REBOUÇAS (1994), em um “processo de progressivo esgotamento a longo prazo”.

A recarga natural de um aquífero ocorre através da infiltração de água dos rios e dos lagos e da chuva, que percolando por terrenos permeáveis somar-se-á às águas pré-existentes no aquífero. Outra forma de recarga ocorre espontaneamente a partir de perdas provenientes de obras construídas pelo homem, assim, os vazamentos em rede de distribuição de água, a infiltração de água dos canais de irrigação etc. irão contribuir com a recarga do aquífero subjacente.

---

<sup>16</sup> Gradiente Geotérmico é o número de metros, em profundidade na crosta terrestre, necessários para haver aumento de temperatura de 1°C - considera-se 30 m o gradiente médio mundial (*apud* LEINZ, 1980,p.19).

Ocorrem, em situações normais, desequilíbrios transitórios entre recarga e descarga que podem ser convenientemente compensados, se a capacidade de armazenamento do aquífero não for suficiente para regular sua exploração. Neste caso, a recarga artificial pode constituir uma ajuda para minimizar as variações do nível freático, evitando que captações menos profundas fiquem, temporariamente, inutilizadas por falta de água (FERRER,1994).

A recarga artificial de aquíferos pode ser feita em superfície ou em profundidade. A recarga artificial em superfície, consiste em induzir a infiltração de águas em áreas que são naturalmente de recarga do aquífero, através, por exemplo, da escarificação do leito de rios ou de lagos e represas, melhorando a permeabilidade e, conseqüentemente, induzindo um aumento na infiltração dessas águas. A recarga artificial em profundidade é feita através de poços tubulares, que podem ser os mesmos pelos quais a água é explotada. Durante a época de maior consumo, o poço é utilizado para produção de água potável, representando um ponto de "descarga artificial" do aquífero, enquanto que, durante a época de baixo consumo, o mesmo poço é utilizado para "recarga artificial" do aquífero. Através dele, o aquífero é realimentado com o excedente de água que deve ser de boa qualidade, comumente água superficial tratada.

Os objetivos básicos da recarga artificial de um aquífero utilizado para abastecimento de água potável, segundo FERRER (*op. cit.*) são os seguintes:

- a) *aumento da reserva de água* - os aquíferos atuam como reservatórios subterrâneos, portanto, ao se incrementar artificialmente suas recargas, repõe-se, pois, suas reservas;
- b) *utilização da função de transporte de água* - os excedentes utilizados na recarga podem estar disponíveis, ainda que na mesma unidade hidrogeológica ou bacia, distantes das captações de água subterrânea. Nesse caso, o aquífero exerce sua função de transporte, dispensando a construção de uma linha de adução para a água de recarga;
- c) *melhoria de qualidade de água* - os aquíferos, principalmente os constituídos de sedimentos inconsolidados, atuam como filtros lentos, retendo materiais em

suspensão. Com sua ação autodepuradora melhora a qualidade bacteriológica e química da água, eliminando substâncias orgânicas. Desse modo, a água incorporada terá uma qualidade mais constante;

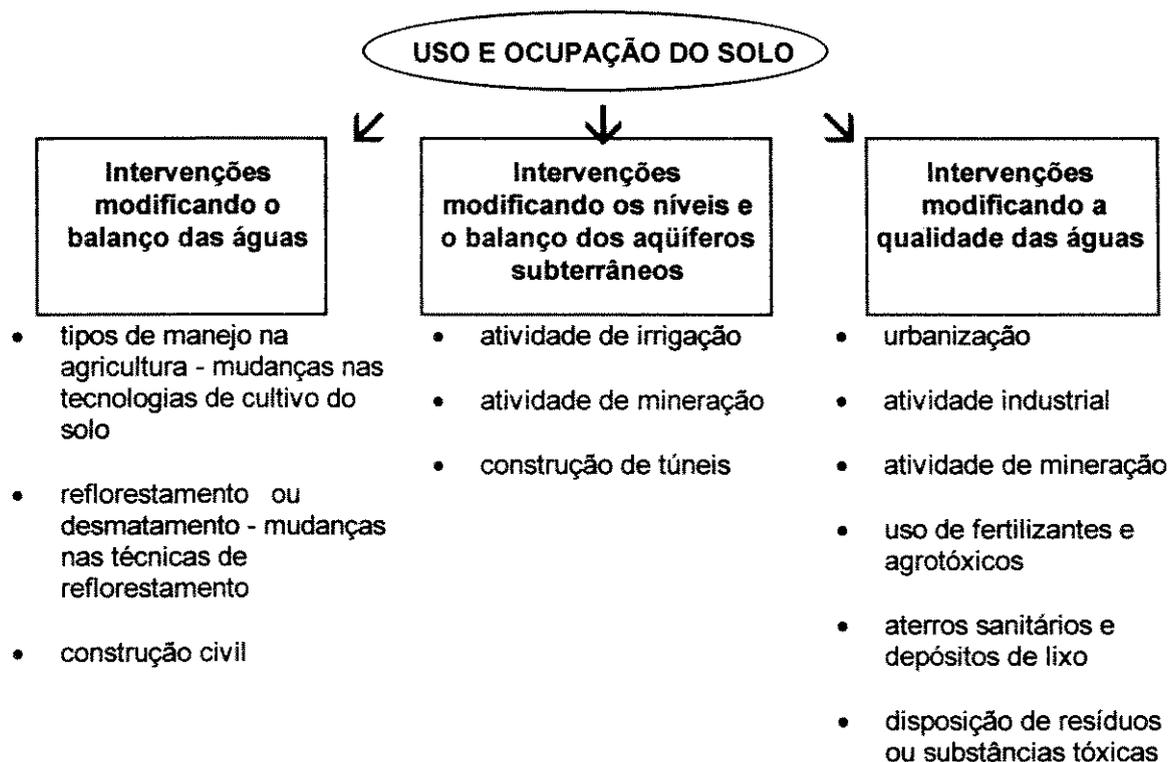
d) *efeito de barreira* - a recarga artificial pode ser aplicada quando se deseja elevar o nível freático com o objetivo de gerar uma barreira que impeça a circulação de água de qualidade ruim até as zonas de captação de água subterrânea.

Contudo, a recarga artificial não deve realizar-se indiscriminadamente. A água que se destina à recarga deve ser de qualidade aceitável para não prejudicar a qualidade da água subterrânea, que de forma natural, encontra-se armazenada no aquífero objeto da possível recarga.

Um exemplo da aplicação da recarga artificial pode ser visto no caso do sistema de abastecimento de água de Barcelona, Espanha (FERRER, *op. cit.*). A recarga artificial do aquífero do "Delta do Rio Llobregat" cumpre os objetivos descritos: reduz o desequilíbrio entre a infiltração natural e as extrações, incrementando, estrategicamente, a reserva de água, para que seja utilizada em épocas de maior consumo ou quando os outros recursos não estiverem disponíveis. Com um aumento de 1 metro do nível freático, estima-se que o aquífero possa armazenar, em média, 300.000 m<sup>3</sup> de água por cada km<sup>2</sup> de superfície. O aquífero atua, também, como meio natural de transporte de água, pois a recarga artificial, principalmente a superficial, é feita em áreas distantes dos principais pontos de extração, ou de descarga artificial. Por conta disso, a qualidade da água melhora ao longo de seu trajeto através do aquífero.

### **III.2.2 - Uso e ocupação do solo**

As formas atuais de uso e ocupação do solo interferem, profundamente, tanto no balanço das águas, superficiais e subterrâneas, como na qualidade das mesmas. A relação entre as diversas modalidades de uso e ocupação do solo e o tipo de interferência que causam é demonstrada na Figura III.4.



**Figura III.4 - Intervenções sobre os recursos hídricos devido às várias formas de uso e ocupação do solo.**

Fonte: modificado de ORLÓCI & SZESZTAY (1982)

Como comenta Rui Brasil Assis (1995): “o desenvolvimento econômico e social nem sempre respeita os limites impostos pela oferta de recursos hídricos, em termos de quantidade, qualidade e localização. Quando isso ocorre, afirma-se que não há uso racional da água, dando ensejo ao aparecimento de conflitos de uso. Tais conflitos caracterizam-se pela impossibilidade de coexistência harmônica de atividades que, numa fase anterior, poderiam até passar despercebidas”. O Quadro III.2 ilustra algumas situações de conflitos e impactos ou efeitos danosos sobre os recursos hídricos.

### Quadro III.2 - Conflitos ou efeitos danosos em recursos hídricos

SITUAÇÃO NO CURSO D'ÁGUA OU BACIA	CONFLITOS COM OUTROS USOS OU EFEITOS DANOSOS
♦ Alta concentração de poluentes de origem doméstica e/ou industrial (diluição de esgotos)	- lazer e recreação - irrigação - abastecimento público
♦ Alta demanda de água para usos consuntivos ( irrigação, abastecimento público e industrial) em região de baixa disponibilidade hídrica.	- Conflitos concomitantes, alternados ou localizados em captações para irrigação, abastecimento público e industrial - Prejuízos à geração hidroelétrica - Riscos à navegação hidroviária
♦ Idem anterior, com baixa qualidade de água	-Idem anterior, acrescentando-se: - Mortandade de peixes - Riscos à saúde pública
♦ Práticas agrícolas inadequadas ♦ Erosão do solo ♦ Terraplanagens sem controle	- Assoreamento de corpos d'água - Prejuízos à navegação hidroviária e à geração hidroelétrica - Inundações
♦ Ocupação de várzeas ♦ Uso desordenado do solo ♦ Alta taxa de impermeabilização ♦ Disposição inadequada de resíduos sólidos	- Inundações -Poluição de mananciais superficiais e/ou subterrâneos
♦ Baixa cobertura vegetal e/ou desmatamentos ♦ Inexistência de vegetação ciliar	- Maior suscetibilidade à erosão e assoreamento - Inundações - Vulnerabilidade de margens e mananciais

Fonte: ASSIS (1995).

Quanto mais intensamente os recursos hídricos são utilizados, mais carecem de proteção, visando ao seu aproveitamento racional. Nesse sentido, o gerenciamento de recursos hídricos deve estar comprometido com a minimização de conflitos e dos impactos resultantes do uso da água e do solo, adotando medidas de controle, considerando como base três fatores: o regime das águas, a poluição e a erosão (Quadro III.3).

### Quadro III.3 - Controle dos recursos hídricos

---

#### CONTROLE DO REGIME DAS ÁGUAS

ÁGUAS SUPERFICIAIS	O regime das águas é variável, considerando variações multianuais e sazonais. A regularização de vazões é uma das formas de desenvolver o potencial hídrico de uma bacia hidrográfica, até certo percentual da vazão média, que é o limite de exploração.
ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	Os aquíferos subterrâneos devem ser utilizados racionalmente, para evitar sua exaustão, mediante controle dos níveis de água e das vazões extraídas. A recarga artificial de aquíferos é uma das formas de aumentar o potencial explorável, com os devidos cuidados, para evitar os riscos de poluição.
CONTROLE DE CHEIAS	As cheias são fenômenos naturais que comandam a formação de planícies aluvionares, marginais aos cursos de água, periodicamente inundáveis. Representam restrições ao uso desses terrenos, para fins urbanos e agrícolas, razão pela qual o homem procura exercer o controle das cheias, prevenindo as inundações.
CONTROLE DAS SECAS	Especialmente em climas semi-áridos, há períodos extensos sem nenhuma chuva, o que tem obrigado o homem a construir reservatórios de acumulação de água. Mesmo em regiões mais chuvosas, o aumento das demandas exige a regularização de vazões, sem a qual o risco de insuficiência dos mananciais torna-se muito alto.

---

#### CONTROLE DA POLUIÇÃO

A poluição das águas é provocada pelo lançamento de esgotos urbanos, industriais e de resíduos da atividade agrícola. O tratamento prévio dos lançamentos é indispensável para o controle da poluição. A adequada localização de estabelecimentos industriais é medida preventiva de alto valor.

---

#### CONTROLE DE EROSÃO

A água é agente de mudanças na configuração topográfica da superfície terrestre através de processos erosivos de transporte sólido e de deposição em cotas mais baixas, especialmente nos corpos de água. A ação do homem, no desmatamento do solo rural para fins agrícolas e no desnudamento do solo para fins urbanos, acelera esse processo com danos tanto para o solo como para a água. A ação de controle visa a evitar essa aceleração do processo e o reequilíbrio dos recursos água e solo.

---

Fonte: BARTH *et al.* (1987)

O controle do regime das águas é ponto importante, salientam BARTH *et al.* (*op. cit.*), considerando as obras que afetam os comportamentos hidrológico dos cursos d'água e o hidrogeológico dos aquíferos, além das ações do homem, que interferem no ciclo hidrológico (desmatamento, urbanização etc).

As alterações qualitativas dos recursos hídricos, provocadas, principalmente, pelo lançamento de poluentes e de detritos, assim como, o assoreamento dos corpos de água, devido à erosão do solo, urbano e rural, são, também, objeto de controle. Esse assoreamento tem grande contribuição na ocorrência de fenômenos extremos, como as inundações, cujo controle, igualmente ao combate às secas, são formas de se evitar os impactos econômicos e sociais provocados por esses eventos extremos. Porém, para a eficácia do controle dos recursos hídricos em todos os seus espectros, são imprescindíveis, o planejamento e o controle sobre seus usos múltiplos.

### **III.2.3 - Proteção dos recursos hídricos**

A proteção dos recursos hídricos reúne várias ações, como planejamento, monitoramento, licenciamento, fiscalização e administração de medidas indutoras do cumprimento dos padrões de qualidade ambiental e das águas, efetivadas através de um amplo leque de instrumentos administrativos e legais: estabelecimento de padrões de emissão de efluentes, cobrança de multas e taxas de poluição, promoção de ações legais etc (LANNA & DORFMAN, 1993).

Cada vez mais, tem sido necessário o estabelecimento de programas de monitoramento da qualidade das águas, com o objetivo de se controlar e preservar a condição da água oferecida às populações. Um programa de monitoramento fornece informações sobre a qualidade da água em estudo e da influência da atividade humana sobre os recursos hídricos, bem como, subsídios para o planejamento de seu uso (MARQUES, 1993).

Assim, o monitoramento dos recursos hídricos deve realizar-se em três níveis, visando obter informações sobre: 1) a qualidade total das águas; 2) as fontes de poluição e 3) as fontes de produção de água. Deste modo, é possível

realizar um controle permanente dos aspectos ambientais ligados aos recursos hídricos; do potencial de poluição inerente às várias atividades econômicas existentes, sejam elas, indústrias, agricultura, mineração etc; e da vulnerabilidade dos mananciais de água, principalmente, aqueles que respondem pelo abastecimento público.

Em relação, especificamente, às águas subterrâneas, existem dois mecanismos importantes utilizados para a sua proteção: a classificação dos aquíferos de acordo com o grau de vulnerabilidade à contaminação e a implementação de Áreas de Proteção de Poços. O primeiro representa uma estratégia voltada ao aquífero e o segundo à obra de captação, já que os poços são pontos potenciais de acesso de contaminantes ao aquífero (HIRATA, 1993).

Segundo HIRATA (*op. cit.*), o conceito de vulnerabilidade é assumido por vários autores como a susceptibilidade do aquífero à contaminação por um evento antrópico qualquer. “É função primária de: (1) a acessibilidade hidráulica de contaminantes à zona saturada; (2) a capacidade de atenuação (filtração, diluição, degradação etc) dos estratos acima da zona saturada. A estas características interagem outras associadas à carga contaminante: (1) o modo de disposição dos contaminantes no solo; (2) o tipo de contaminante”.

A outra vertente de proteção das águas subterrâneas refere-se aos poços de captação. Alguns países adotam perímetros em torno do poço, traçados a partir da velocidade de fluxo da água na zona saturada, os quais associados ao uso restritivo do solo para atividades potencialmente contaminantes permitem uma defesa do aquífero (HIRATA, *op. cit.*).

No Estado de São Paulo, o Perímetro de Proteção de Poços (PPP) estabelecido na Lei nº 6.134, de 02/06/88, foi regulamentado pelo Decreto nº 32.955, de 07/02/91, como segue:

*“Art. 24 - Nas Áreas de Proteção de Poços e Outras Captações será instituído Perímetro Imediato de Proteção Sanitária, abrangendo raio de dez metros, a partir do ponto de captação, cercado e protegido com telas, devendo o seu interior ficar resguardado da entrada ou penetração de poluentes.*”

*§ 1º - Nas áreas a que se refere este artigo, os poços e as captações deverão ser dotados de laje de proteção sanitária, para evitar a penetração de poluentes.*

*§ 2º - As lajes de proteção de concreto armado deverão ser fundidas no local, envolver o tubo de revestimento, ter declividade do centro para as bordas, espessura mínima de dez centímetros e área não inferior a 3 m<sup>2</sup>.*

*Art. 25 - Serão estabelecidos, em cada caso, além do Perímetro Imediato de Proteção Sanitária, Perímetros de Alerta contra poluição, tomando-se por base uma distância coaxial ao sentido do fluxo, a partir do ponto de captação, equivalente ao tempo de trânsito de cinquenta dias de águas no aquífero, no caso de poluentes não conservativos.*

*§ único - No interior do Perímetro de Alerta, deverá haver disciplina das extrações, controle máximo das fontes poluidoras já implantadas e restrições a novas atividades potencialmente poluidoras.”*

Conhecendo-se, então, as características quantitativas e qualitativas dos mananciais e das fontes poluidoras de uma bacia hidrográfica e analisando-se outras características como clima, cobertura vegetal, geologia, relevo e tipo de solo, pode-se chegar a um zoneamento de usos do solo para a bacia. Esse zoneamento visa, portanto, a delimitação de áreas de preservação de mananciais, de reservas florestais, de áreas agrícolas, de distritos industriais, de áreas de expansão urbana, fazendo com que o uso do solo obedeça às características naturais e antropomórficas da bacia (BENETTI & BIDONE, 1993).

Portanto, o planejamento territorial, associado a outras medidas preventivas, como o monitoramento e o controle dos recursos hídricos, representa um eficiente instrumento para o controle da poluição e da qualidade dos recursos hídricos.

#### **III.2.4 - Instrumentos de gestão de recursos hídricos**

Antes de analisar os instrumentos utilizados para gestão, é importante destacar algumas definições para auxiliar no entendimento do conceito de gestão de recursos hídricos. Os principais elementos que compõem a gestão, definidos em 1986, pela Associação Brasileira de Hidrologia e Recursos

Hídricos - ABRH e parcialmente adaptados por LANNA (1993), são os seguintes:

*Política dos recursos hídricos* : Trata-se do conjunto de princípios doutrinários que conformam as aspirações sociais e/ou governamentais no que concerne à regulamentação ou modificação nos usos, controle e proteção dos recursos hídricos.

*Plano de recursos hídricos* : Qualquer estudo prospectivo que busca, na sua essência, adequar o uso, o controle e o grau de proteção dos recursos hídricos às aspirações sociais e/ou governamentais expressas formal ou informalmente em uma política de recursos hídricos, através da coordenação, compatibilização, articulação e/ou projetos de intervenções. Obviamente, a atividade de fazer tais planos é denominada Planejamento de Recursos Hídricos.

*Gerenciamento dos recursos hídricos* : Conjunto de ações governamentais destinadas a regular o uso e o controle dos recursos hídricos e a avaliar a conformidade da situação corrente com os princípios doutrinários estabelecidos pela política dos recursos hídricos.

*Sistema de gerenciamento dos recursos hídricos* : Conjunto de organismos, agências e instalações governamentais e privadas, estabelecidos com o objetivo de executar a política dos recursos hídricos através do modelo de gerenciamento dos recursos hídricos adotado e tendo por instrumento o planejamento de recursos hídricos.

*Modelo de gestão de recursos hídricos* : Configura o arranjo institucional que contempla a aplicação da política hídrica e os instrumentos necessários para executá-la de forma ordenada e com papéis bem definidos de cada elemento envolvido no processo (BENEVIDES *et al.*, 1995).

Nessas definições de gestão e de gerenciamento de recursos hídricos há uma diferenciação clara, embora, freqüentemente, estas expressões, para muitos, tenham o mesmo significado. A gestão é considerada de forma ampla,

abrigando todas as atividades e todos os segmentos (Estado, Municípios, usuários), incluindo o gerenciamento. Este é considerado uma atividade de governo. Em resumo, a gestão deve ser constituída por uma política dos recursos hídricos, que estabelece a estrutura legal e institucional, e por um sistema de gerenciamento, que reúne os instrumentos para o preparo e execução do planejamento de recursos hídricos (LANNA, *op. cit.*).

Os instrumentos básicos utilizados para gestão dos recursos hídricos em uma bacia hidrográfica são, então, enumerados a seguir:

1. cadastro dos usuários e medição de demandas;
2. cooperação técnica, institucional e financeira entre os usuários das águas, tendo em vista assegurar a sua participação na gestão e construção de obras hidráulicas de interesse comum;
3. participação das comunidades envolvidas nos processos decisórios relativos aos recursos hídricos;
4. viabilização de planos e de programas de curto, médio e longo prazos, visando à prevenção e correção de situações hidrológicas adversas, à priorização das ações e à gestão integrada dos recursos hídricos;
5. zoneamento territorial, instituição de áreas de proteção de mananciais;
6. incentivo à instalação de equipamentos, ao desenvolvimento de tecnologias, à conservação e proteção dos recursos hídricos e à capacitação de recursos humanos, voltados para promover o uso racional da água;
7. rateio de custos das obras de aproveitamento múltiplo dos recursos hídricos, de interesse comum ou coletivo, entre os usuários setoriais;
8. outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos, segundo critérios e condições estabelecidos por lei;
9. cobrança pelo uso da água, obedecendo critérios uniformes e compatíveis com as peculiaridades econômicas e sociais da bacia.

Dentre os instrumentos citados, foram escolhidos, para serem analisados com maior detalhe os dois últimos, a outorga dos direitos de uso e a cobrança pelo uso das águas.

### III.2.4.1 - Outorga de direito de uso das águas

A partir do processo de Avaliação dos Recursos Hídricos de uma bacia hidrográfica, que possibilita o reconhecimento da disponibilidade de água, da capacidade de autodepuração e da vulnerabilidade dos mananciais, da qualidade correspondente às águas, superficiais e subterrâneas, e da demanda atual e futura, pode-se definir metas e limites para os usos consuntivos e para o uso da capacidade de autodepuração dos corpos d'água e definir prioridades entre os usos múltiplos, de acordo com as necessidades econômicas e sociais requeridas na bacia.

Essas metas e limites definidos para a bacia servirão de base para o estabelecimento, em caráter regional, de restrições ao uso, as quais são utilizadas como critério para outorga. Enquanto que, a partir de um controle mais específico, de caráter pontual, com base no balanço, quantitativo e qualitativo, das águas, a montante e a jusante de uma secção estudada, pode-se estabelecer, em caráter local, restrições e padrões na captação ou no lançamento de efluentes. Essas restrições locais representam, também, outro importante critério para outorga dos direitos de uso das águas da bacia.

Além desses critérios, avaliar a magnitude da vazão retirada que dispensa requerimento de outorga (retirada insignificante), da vazão máxima derivável e máxima consumível, da vazão mínima a ser mantida a jusante, da concentração e carga de poluentes lançados, da concentração máxima de assimilação e diluição de poluentes e dos parâmetros de qualidade da água é, então, uma tarefa básica para a instituição de um sistema de outorga (CONEJO, 1993).

A outorga do direito de uso dos recursos hídricos confere, ao interessado, o direito de uso de um curso d'água ou de um aquífero, sob condições técnicas-administrativas e prazos definidos. Pelo Art.12 da Lei nº9.433/97: *"Estão sujeitos à outorga pelo Poder Público os direitos dos seguintes usos de recursos hídricos:*

- 1. derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo;*

- II. *extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo;*
- III. *lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final;*
- IV. *aproveitamento dos potenciais hidrelétricos;*
- V. *outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água.”*

No Estado de São Paulo, o órgão responsável pela outorga é o Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE, que para isto utiliza-se da “Norma para a obtenção de outorga para implantação de empreendimento, execução de água subterrânea e uso dos recursos hídricos do domínio do Estado de São Paulo”, aprovada pela Portaria DAEE nº187, de 16/05/96 (D.O.E., 17/05/96).

#### **III.2.4.2 - Cobrança pelo uso da água**

Este é um dos instrumentos mais eficazes utilizados na gestão dos recursos hídricos, para fazer frente à escassez, ao uso ineficiente da água e às necessidades crescentes de investimentos para seu uso racional e conservação.

Em “*A Gestão das Águas - Princípios Fundamentais e sua Aplicação em Portugal*”, Veiga da Cunha e outros, em 1980 (*apud* GRANZIERA, 1993, p.32), com relação à cobrança como instrumento de gestão, afirmam que “*as formas de intervenção das administrações de bacia hidrográfica, para condicionar o comportamento dos utilizadores com vista a conseguir uma efetiva gestão dos recursos hídricos, correspondem, fundamentalmente, à aplicação de sistemas de normas e/ou taxas por rejeição de efluentes e à aplicação de taxas por consumo de água*”.

A cobrança pelo uso das águas já é adotada em muitos países. Na França, por exemplo, onde os recursos arrecadados vinculados aos municípios e às indústrias são aplicados em obras contra a poluição dos rios com vistas à proteção dos mananciais, a cobrança é tida como bem sucedida há mais de trinta anos (MONTICELLI & MARTINS, 1993).

No Brasil, tanto a Lei nº9.433/97, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, quanto a Lei nº7.663/91, que instituiu a Política de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo, prevêm a cobrança pelo uso da água. Pela Lei Federal, a cobrança tem como objetivo: “(Art.19): I - reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor; II - incentivar a racionalização do uso da água; III - obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos.”

Pela Lei Estadual, a utilização dos recursos hídricos será cobrada, obedecendo os seguintes critérios “ (Art. 14):

- I. cobrança pelo uso ou derivação, considerará a classe de uso preponderante em que for enquadrado o corpo de água onde se localiza o uso ou sua derivação, a disponibilidade hídrica local, o grau de regularização assegurado por obras hidráulicas, a vazão captada em seu regime de variação, o consumo efetivo e a finalidade a que se destina; e
- II. cobrança pela diluição, transporte e assimilação de efluentes de sistemas de esgotos e de outros líquidos, de qualquer natureza, considerará a classe de uso em que for enquadrado o corpo d'água receptor, o grau de regularização assegurado por obras hidráulicas, a carga lançada e seu regime de variação, ponderando-se, dentre outros, os parâmetros orgânicos físico-químicos dos efluentes e a natureza da atividade responsável pelos mesmos”.

A cobrança pelo uso da água funciona como incentivo aos usuários, para que adotem tecnologias e hábitos que proporcionem o uso mais eficiente, com a redução de perdas e a mudança dos padrões individuais de consumo, associado ao aumento do controle de sua qualidade através do tratamento de esgotos, mudanças tecnológicas nos processos produtivos e intervenções nas tendências espontâneas de uso e ocupação do solo. Por outro lado, a cobrança pelo uso da água gera recursos que têm a finalidade de financiar os programas que permitam equilibrar a oferta e a demanda de água, tanto no aspecto quantitativo como no qualitativo (CONEJO, *op. cit.*).

Ambas as Leis citadas há pouco determinam que os recursos gerados pela cobrança sejam aplicados, prioritariamente, nas bacias onde forem arrecadados. Tanto no domínio do Estado, quanto no da União, a cobrança será efetuada pelas Agências de Bacia, entidade integrante dos Sistemas, Nacional e Estadual, de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Lei 9433/97 e Lei 7663/91) sobre a qual se discorrerá no Capítulo IV, deste trabalho.

## **Capítulo IV**

### **A Gestão dos Recursos Hídricos das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí.**

As bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí encontram-se em uma das regiões de maiores índices de desenvolvimento e crescimento demográfico e econômico do Estado de São Paulo, apresentando alta concentração industrial e urbana.

Essas bacias estão conectadas hidráulicamente por reversões de vazões ou de efluentes urbanos, gerando uma interdependência entre as mesmas na utilização dos recursos hídricos da região, tanto nos aspectos quantitativos quanto nos qualitativos. Por esse motivo, foram agrupadas em uma única Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos - UGRHI, à qual é de responsabilidade Comitê das Bacias Hidrográficas do Piracicaba, Capivari e Jundiáí - CBH-PCJ.

#### **IV.1 - Caracterização geral das bacias**

##### **IV.1.1 - Caracterização física**

As bacias estão localizadas na região centro-Leste do Estado de São Paulo, numa área total de, aproximadamente, 15.500 km<sup>2</sup>, dos quais cerca de 9% ocupam uma parte do extremo-Sul do Estado de Minas Gerais.

A bacia do rio Piracicaba, a maior das três bacias que compõem a mesma UGRHI, tem uma área de 12.746 Km<sup>2</sup>, com cerca de 250 km de comprimento e 50 km de largura. O rio Piracicaba é formado pela confluência dos rios Jaguari e Atibaia; tem como afluente em seu curso médio o rio Corumbataí e a sua foz situa-se no reservatório de Barra Bonita no rio Tietê. A

bacia do rio Capivari tem 1.655 km<sup>2</sup>, 80 km de comprimento e 20 km de largura; e a bacia do rio Jundiaí, que tem forma e dimensões semelhantes às da bacia do Capivari, é a que ocupa a menor área, 1.180 km<sup>2</sup>. Ambos os rios também são afluentes do rio Tietê.

O clima predominante nas bacias é tropical úmido, com estiagem nítida. Na porção extremo-Leste, área das cabeceiras dos rios Camanducaia, Jaguari e Atibaia, ocorre um clima subtropical muito úmido. A pluviosidade média anual chega a 2.000 mm no limite Nordeste da bacia, enquanto que a porção centro-Sul, onde estão situadas as cidades de Americana e Capivari, é a que recebe a menor quantidade de chuvas, cerca de 1200 mm por ano.

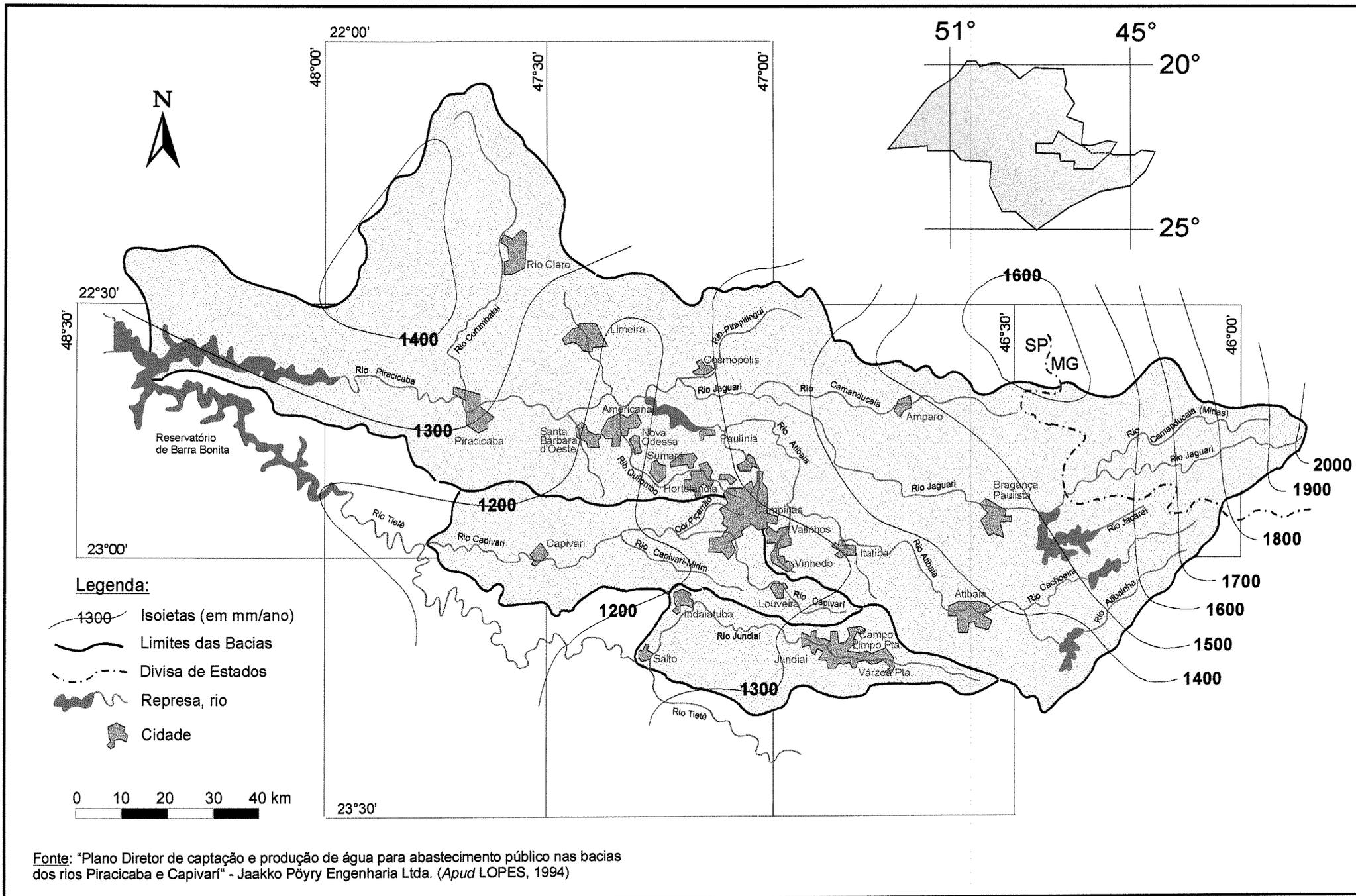
A Figura IV.1 mostra a localização das bacias, a rede básica de drenagem e as isoietas médias anuais.

#### **IV.1.2 - Características sócio-econômicas**

##### **IV.1.2.1 - Divisão territorial, população e urbanização**

O território compreendido pelas três bacias hidrográficas abrange, no Estado de São Paulo, 57 municípios. A porção da bacia do rio Piracicaba que ocupa território mineiro abrange mais 5 municípios, Camanducaia, Extrema, Itapeva, Sapucaí-Mirim e Toledo, os quais não estão sendo considerados para efeito deste estudo.

No Estado de São Paulo, a população total das bacias, em 1994, era de 3.786.629 habitantes, dos quais apenas 249.375 na zona rural, o que revela uma taxa de urbanização da ordem de 93% (CBH-PCJ, 1995). É importante destacar, ainda, a existência de três movimentos de conurbação entre diversos municípios da região, tais como: a) Campinas, Hortolândia, Sumaré, Nova Odessa, Indaiatuba, Paulínia, Vinhedo e Valinhos; b) Jundiaí, Campo Limpo Paulista e Várzea Paulista; e c) Americana e Santa Bárbara D'Oeste, conforme pode-se observar no mapa da Figura IV.1.



**Figura IV 1 - Mana de isoietas e de localização das bacias no Estado de São Paulo**

Segundo NEGRI (1992), nos anos 70, a população paulista cresceu a taxas médias de 3,5% ao ano, enquanto que na bacia do Piracicaba esse crescimento foi da ordem de 5,1% ao ano. A região absorveu um expressivo contingente de migrantes, numa proporção, inclusive, superior à da Região Metropolitana de São Paulo. Já os anos 80 evidenciaram a mais significativa crise de natureza urbana e industrial do Brasil. A taxa de crescimento anual da população paulista foi reduzida, consideravelmente, para 2,02%, enquanto que a bacia do Piracicaba, que teve sua taxa de crescimento reduzida pela metade em relação à década de 70 (2,54%), seguiu tendo um crescimento populacional maior que a média do Estado.

Ao longo dessas duas décadas, as regiões correspondentes às bacias do Piracicaba, Capivari e Jundiaí, principalmente a região que envolve Campinas, como salienta NEGRI (*op. cit.*), consolidaram-se como as mais importantes regiões econômicas do interior do Estado de São Paulo, evidenciando um acelerado crescimento populacional, com um rápido aumento das manchas urbanas e com expressiva expansão e diversificação industrial e agrícola.

#### **IV.1.2.2 - Atividade industrial**

A região abriga um dos maiores parques industriais do país. Indústrias de todo porte estão instaladas próximas aos centros urbanos e ao longo da densa malha rodoviária existente, principalmente, no chamado "Eixo Anhanguera". Dentre os vários ramos da atividade industrial, na região, destacam-se: petroquímico, papel e celulose, metalúrgico, mecânica, química, eletro-eletrônico, comunicações, têxtil, bebidas e alimentos e a agroindústria.

Dentre as três bacias em estudo, a do Piracicaba apresenta o setor industrial muito mais desenvolvido que as outras. De um modo geral, as indústrias nessa bacia estão assim distribuídas: região de Campinas, com indústrias de grande porte nos ramos metal-mecânica, material elétrico e de comunicações e material de transporte; além de indústrias de alta tecnologia na área de micro-eletrônica, informática, química-fina e telecomunicações.

Paulínia, onde está instalado um amplo complexo petroquímico. Itatiba, com indústrias dos ramos químico e têxtil. Vinhedo e Valinhos, com os ramos têxtil, químico e papel. Região de Americana, Santa Bárbara D'Oeste e Nova Odessa, com indústria têxtil. A agroindústria sucro-alcooleira está instalada nos municípios de Piracicaba, Santa Bárbara D'Oeste, Rio das Pedras e Itacemópolis e a agroindústria da laranja nos municípios de Limeira e de Artur Nogueira.

#### **IV.1.2.3 - Atividade agropecuária**

A atividade agropecuária na região, também, é bastante expressiva e desenvolvida, em função de sua taxa de mecanização, da utilização intensiva de insumos químicos e de sementes selecionadas e da irrigação.

As principais culturas são cana-de-açúcar e laranja, nos municípios de Campinas, Cosmópolis, Limeira, Piracicaba e Capivarí; e, subordinadamente, café, batata, arroz, tomate e frutas em Campinas, Valinhos, Vinhedo, Jundiá, Jarinu e Itatiba. Em relação à cobertura florestal - eucaliptos, cerrado e mata natural - destacam-se os municípios de Analândia, Corumbataí, Ipeúna, Rio Claro e Santa Gertrudes, localizados na porção Noroeste da bacia do rio Piracicaba.

Em relação à pecuária, destaca-se a região de Bragança Paulista, que apresenta grande rebanho leiteiro e o principal plantel de suínos do Estado. Também, é significativa, a criação e o abate de aves, em toda a região das bacias.

#### **IV.1.3 - Geomorfologia**

A caracterização geomorfológica das bacias foi feita com base no Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo, escala 1:1.000.000 (IPT, 1981a).

A superfície das bacias ocupa terrenos de duas grandes províncias geomorfológicas do Estado. A porção oriental encontra-se sobre o Planalto Atlântico e a porção ocidental das bacias situa-se na Depressão Periférica.

Portanto, uma parte alta, onde as cotas em relação ao nível do mar atingem 1.800 m, e outra baixa, em média 600 m de altitude. O limite Noroeste coincide com trechos do topo da Cuesta Arenito-Basáltica, que separa a Depressão Periférica do Planalto Ocidental.

De um modo geral, os principais rios têm suas nascentes no Planalto Atlântico e suas águas fluem de Leste para Oeste. O Planalto caracteriza-se pelo relevo de morros, apresentando feições como morros de topos achatados, mar de morros, morros paralelos e morros com serras restritas, onde predominam declividades médias a altas - acima de 15%, e amplitudes locais de 100 a 300 m. O relevo montanhoso também é observado em algumas serras alongadas existentes na região, onde as amplitudes locais são maiores que 300 m. A drenagem de alta densidade apresenta padrões variáveis, tais como dendrítico, retangular, em treliça, porém, predomina, o dendrítico.

A porção situada na Depressão Periférica apresenta, basicamente, dois tipos de relevo: colinoso e de morrotes. No relevo colinoso, de colinas amplas e médias, predominam as baixas declividades - até 15%, amplitudes locais inferiores a 100 m, e drenagem de média a baixa densidade, com padrão subdendrítico a subretangular. No relevo de morrotes alongados e de espigões, predominam, como na região do Planalto Atlântico, declividades médias a altas - acima de 15%, porém, com amplitudes locais inferiores a 100 m e drenagem de média a alta densidade, com padrão dendrítico.

#### **IV.1.4 - Hidrogeologia**

Neste item, faz-se uma síntese das características litoestratigráficas e hidrogeológicas da região, visando ao entendimento do arcabouço físico formador dos sistemas aquíferos existentes. Para isso, foram utilizados como base o Mapa Geológico do Estado de São Paulo, escala 1:500.000 (IPT, 1981b) e o Estudo de Águas Subterrâneas - Região Administrativa 5 - Campinas (DAEE, 1981).

#### **IV.1.4.1 - Aspectos geológicos**

A área das bacias, como foi vista no item anterior, localiza-se em parte no Planalto Atlântico, parte na Depressão Periférica. Essa divisão geomorfológica é consequência das formações geológicas que ocorrem na área, envolvendo rochas ígneas, metamórficas e sedimentares, cujas idades variam desde o pré-cambriano até o cenozóico.

Na porção do Planalto Atlântico, afloram rochas cristalinas pré-cambrianas, subdivididas em blocos tectônicos de composição litológica e feições estruturais distintas, justapostos em decorrência de eventos tectônicos que resultaram em soerguimentos, abatimentos e basculamentos desses blocos. Essas rochas constituem o embasamento cristalino, que se estende, em subsuperfície, por toda a porção ocidental das bacias, sendo recoberto por rochas das seqüências paleozóica e mesozóica da Bacia Sedimentar do Paraná. Ocorrem, ainda, em toda a extensão das bacias, sedimentos cenozóicos diversos.

As características litoestratigráficas das formações geológicas ocorrentes na área estão sintetizadas no item seguinte, juntamente com as características hidrogeológicas de cada Sistema Aqüífero.

#### **IV.1.4.2 - Sistemas Aqüíferos**

A distribuição dos Sistemas Aqüíferos nas bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá pode ser observada no Mapa de Aqüíferos - Figura IV.2. Neste item, são apresentadas as características físicas dos aqüíferos, ou seja, distribuição espacial, geometria, litologia, tipo de aqüífero etc, enquanto que as características potenciais e de qualidade e disponibilidade de água serão abordadas no item referente à avaliação dos recursos hídricos.



#### **IV.1.4.2.1 - Sistema Aquífero Cristalino**

O Embasamento Cristalino ou Aquífero Cristalino é o que ocupa a maior área da superfície das bacias, a qual corresponde à porção do Planalto Atlântico. Geologicamente, predominam as rochas do Complexo Amparo e do Complexo Paraíba do Sul, ambos do proterozóico inferior, além de Suítes Graníticas Indiferenciadas relacionadas ao Ciclo Brasileiro, que ocorreu desde o proterozóico superior até o cambriano, ou seja, início da era fanerozóica. Dessa forma, a grande predominância litológica da área são de granitos, gnaisses e de migmatitos; ocorrendo, ainda, de maneira menos expressiva, uma relativa variedade litológica representada por xistos, quartzitos, anfibolitos, filitos, mármore dolomíticos e rochas calcossilicatadas.

Trata-se de um aquífero heterogêneo e descontínuo, uma vez que apresenta porosidade de fissuras, que estão associadas à ocorrência de determinadas estruturas geológicas como falhamentos e fraturas.

O aquífero Cristalino, eventualmente, apresenta melhores condições de armazenamento de água nas zonas de alteração das rochas, que na área das bacias alcança espessura de até 60 metros (LOPES, 1994). Isso está relacionado ao alto teor de quartzo existente nos granitos e gnaisses, mineral que resiste ao intemperismo e, praticamente, não sofre alteração, fazendo com que, nas zonas de alteração, as rochas assumam um caráter de aquífero de porosidade granular. Portanto, desde que essas zonas sejam suficientemente espessas e ocorram abaixo da superfície potenciométrica, onde encontrem-se saturadas de água, podem constituir um importante potencial de água subterrânea do aquífero Cristalino.

#### **IV.1.4.2.2 - Aquífero Itararé**

O aquífero Itararé, também denominado Tubarão, é formado pelas rochas sedimentares das formações Itararé e Tatuí (carbonífero superior ao permiano médio), ambas pertencentes ao Grupo Tubarão da Bacia Sedimentar do Paraná.

A formação Itararé, na área das bacias, corresponde aos primeiros sedimentos da seqüência sedimentar da Bacia do Paraná, depositados sobre o embasamento cristalino. Tratam-se de depósitos glaciais continentais, glácio-marinhos, fluviais, deltáicos, lacustres e marinhos, compreendendo, principalmente, arenitos de granulação variada, imaturos, passando a arcósios, conglomerados, diamictitos, tilitos, siltitos, folhelhos e ritmitos.

A formação Tatuí, que na porção Oeste das bacias recobre os sedimentos da formação Itararé, é formada por depósitos marinhos, com estratificação plano-paralela, predominando siltitos; arenitos finos, em parte concrecionados; e calcários. Como aquífero, esta formação é muito pouco expressiva, daí porque a denominação Itararé para designar o aquífero composto por essas duas formações geológicas.

O aquífero Itararé aflora numa larga faixa, de aproximadamente 50 km de largura, que atravessa a região central da área, abrangendo quase toda a bacia do rio Capivari, ao Sul, e boa parte da bacia do rio Piracicaba, no centro-Norte, onde estão situados os mais importantes eixos de conurbação e instalações industriais, com alta taxa de crescimento e escassez de recursos hídricos. Além dessa grande área aflorante, como as camadas da Bacia Sedimentar do Paraná apresentam um mergulho médio de cerca de 1 grau para Sudoeste, o aquífero Itararé constitui-se, ainda, no principal alvo de exploração de água subterrânea numa outra faixa de, aproximadamente, 30 km de largura ao lado Oeste da faixa aflorante, onde estão situadas cidades importantes como Piracicaba e Rio Claro. Os poços tubulares profundos perfurados nesta segunda faixa objetivam a exploração de água do Itararé em profundidade, após atravessarem todo o aquífero Passa Dois e, muitas vezes, ainda, corpos tabulares de diabásio.

As zonas de melhor porosidade/permeabilidade são arenitos que ocorrem em forma de lentes esparsas vertical e horizontalmente no aquífero. A obtenção das melhores vazões de água, em poços perfurados no aquífero Itararé, está, então, condicionada à necessidade de que estes atravessem pelo menos uma lente de arenito. As condições do aquífero são agravadas, ainda, por dois fatores: os arenitos, comumente, apresentam matriz lamítica-

carbonática, tendo sua porosidade diminuída; e o aquífero é atravessado por intrusões de diabásio descritas no item IV.1.4.2.6, principalmente na região central e Norte de ocorrência do Itararé, dificultando o acesso e o êxito das perfurações que objetivam os arenitos.

As principais características desse aquífero de extensão regional são as seguintes: porosidade granular, livre a semi-confinado, localmente confinado, heterogêneo, descontínuo e anisotrópico. A maior espessura da zona aquífera é de cerca de 350 m, para um total de até 1000 m de sedimentos.

#### **IV.1.4.2.3 - Aquífero Passa Dois**

A designação de “aquífero” é utilizada para identificar formações que se comportam de forma passiva quanto à percolação da água subterrânea pela baixíssima permeabilidade que apresentam. Por isso, adotou-se essa designação devido ao caráter, essencialmente, lamítico das formações que compõem o aquífero Passa Dois. São elas: Formação Irati e Formação Corumbataí, cujas litologias predominantes são siltitos, argilitos e folhelhos sílticos e pirobetuminosos, cinza a negros, com alternância de calcários, pertencentes a Formação Irati que recobre a Formação Tatuí; e argilitos, folhelhos e siltitos, cinza, arroxeados ou avermelhados, com intercalações de bancos carbonáticos e camadas de arenitos finos relativos à Formação Corumbataí, sobreposta à Irati. Esses sedimentos foram depositados durante o permiano superior.

Esta unidade aflora numa faixa Norte-Sul, com cerca de 25 km de largura ao Norte, na região do Município de Rio Claro, estreitando-se ao Sul, na região de Piracicaba e Oeste de Rio das Pedras, onde apresenta cerca de 10 km de largura. Sua espessura, na área das bacias, não ultrapassa os 220 metros.

Trata-se de um aquífero eventual, de extensão regional, com porosidade granular, podendo, eventualmente, ao longo de estruturas geológicas, apresentar porosidade de fissuras, livre a semi-confinado, heterogêneo, descontínuo e anisotrópico. Apresenta, freqüentemente, problemas de

qualidade de água, ou seja, teores excessivos de enxofre, cálcio e magnésio, não sendo raros, os casos de água dura. Portanto, além do potencial de água, comumente, baixo, dos aquíferos, essas características desestimulam, ainda mais, a exploração de água.

#### **IV.1.4.2.4 - Aquífero Botucatu**

O Botucatu é o principal aquífero da Bacia Sedimentar do Paraná, constituindo a maior reserva de água subterrânea do Brasil. Também é composto por duas formações geológicas, Pirambóia e Botucatu, sendo a primeira representada por depósitos fluviais e de planícies de inundação, de idade, mesozóica, Triássico superior ao Jurássico, que incluem: arenitos finos a médios, siltico-argilosos, com estratificação cruzada de grande porte e plano-paralela; níveis de folhelhos e arenitos argilosos de cores variadas e raras intercalações de natureza areno-conglomerática. A formação Botucatu, sobreposta à Pirambóia, constitui-se de arenitos eólicos avermelhados de granulação muito fina a média com estratificação cruzada de médio a grande porte; depósitos fluviais restritos de natureza areno-conglomerática e camadas localizadas de siltitos e argilitos lacustres. Considera-se que estes sedimentos tenham-se acumulado entre o Jurássico médio-superior e o Cretáceo inferior.

Na área das bacias, ocorrem, predominantemente, os sedimentos da formação Pirambóia, sendo que a formação Botucatu está representada por uma estreita faixa aflorante ao longo do limite Oeste da área. Devido a essa forma de ocorrência, o aquífero Botucatu contribui pouco com o abastecimento de água subterrânea na bacia, onde apresenta-se, ainda, como aquífero livre ou freático, ou seja, não confinado.

Por outro lado, esse aquífero tem, na bacia, uma expressiva área de recarga dos seus estoques subterrâneos, com uma superfície aflorante de cerca de 1800 km<sup>2</sup>, ocupando em torno de 12% da área das bacias. Portanto, esse aquífero merece atenção especial, um efetivo conhecimento e um acompanhamento das formas de uso e de ocupação do solo, visando à identificação e ao controle de fontes poluidoras potenciais.

O aquífero Botucatu tem extensão regional, com cerca de 200 m de espessura, porosidade granular, heterogêneo e anisotrópico (Pirambóia), homogêneo e isotrópico (Botucatu), contínuo e, predominantemente, livre ou freático na região em questão.

#### **IV.1.4.2.5 - Aquífero Serra Geral**

A Formação Serra Geral, que ocorre de forma muito restrita aflorando ao longo do limite extremo Noroeste da área, é representada por rochas vulcânicas toleíticas em derrames basálticos, de coloração cinza a negra e textura afanítica, que ocorreram no período mesozóico, recobrando os sedimentos da formação Botucatu.

Esse aquífero, de extensão limitada na área, tem porosidade fissural, é heterogêneo, descontínuo, anisotrópico e livre.

#### **IV.1.4.2.6 - Aquífero Diabásio**

O aquífero Diabásio é representado por intrusões básicas associadas à Formação Serra Geral. São soleiras e diques básicos, cuja litologia predominante é o Diabásio. Esse aquífero, de ocorrência expressiva na área, aflora, principalmente, na região Norte da cidade de Campinas e numa faixa que vai desde a cidade de Rio das Pedras, Piracicaba, Itacemópolis, até a região Leste de Rio Claro.

Como, geologicamente, essas intrusões são associadas ao mesmo evento responsável pelos derrames da formação Serra Geral, suas características como aquífero também são semelhantes às daquela formação: porosidade fissural, heterogêneo, descontínuo, anisotrópico e livre a semi-confinado.

#### **IV.1.4.2.7 - Aquífero Bauru**

O aquífero Bauru tem ocorrência bastante restrita na área, a exemplo do aquífero Serra Geral, limitando-se a uma estreita faixa sobreposta a este ao longo do limite Noroeste da área.

Composto, predominantemente, de arenitos argilosos e carbonáticos, siltitos e arenitos conglomeráticos limonitizados, o aquífero Bauru tem porosidade granular, é heterogêneo, descontínuo, anisotrópico e livre. Sua espessura, na referida faixa de ocorrência, não ultrapassa 50 metros.

#### **IV.1.4.2.8 - Depósitos Pós-Cretácicos**

Incluem os depósitos sedimentares Terciários e Quaternários representados pelas formações Itaqueri, no limite Oeste-Noroeste da área, e Rio Claro, na região do Município homônimo, e coberturas correlatas a ela, ocorrendo na região de Americana, Santa Bárbara D'Oeste e Capivari; além de depósitos aluvionares recentes nas várzeas de rios.

Litologicamente, esses depósitos são constituídos de areias argilosas e conglomeráticas, arenitos imaturos, finos a grosseiros e argilas. Com espessura média de 30 m, constituem aquíferos livres, de extensão limitada, porosidade granular, heterogêneos, descontínuos e anisotrópicos, onde a melhor forma de aproveitamento de suas águas é o doméstico através de poços de grande diâmetro.

#### **IV.2 - Avaliação dos recursos hídricos das bacias**

Para se obter um diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos das bacias hidrográficas do Piracicaba, Capivarí e Jundiáí faz-se necessário conhecer a disponibilidade, a qualidade e as demandas desses recursos, superficiais e subterrâneos, e identificar problemas existentes, que neste caso estão relacionados a reversões de vazões, ao tratamento e lançamento de esgotos, industrial e doméstico, ou seja, problemas e conflitos relativos ao uso da água.

## IV.2.1 - Disponibilidade

### IV.2.1.1 - Disponibilidade de águas superficiais

Um quadro geral da disponibilidade superficial é apresentado, elaborado com base em informações extraídas do estudo de “Regionalização Hidrológica no Estado de São Paulo” (DAEE, 1988a) e do “Relatório de Situação dos Recursos Hídricos das bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá” (CBH-PCJ, 1994).

A regionalização hidrológica é uma técnica de transferência de informações que possibilita a avaliação da disponibilidade hídrica em locais onde não existe série histórica de vazões ou a extensão da série é pequena. Quando se trata de gestão dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica a regionalização de vazões é muito aplicada, pois permite a avaliação de maneira rápida, possibilitando, assim, agilidade de decisões na administração dos recursos hídricos.

O Mapa de Regionalização de Vazões da Figura IV.3 permite a estimativa das vazões naturais, média e mínima, de qualquer sub-bacia da região. Conhecendo-se a área de drenagem da sub-bacia e utilizando a precipitação média anual nesta sub-bacia (Tabela IV.1) obtém-se os valores das vazões naturais aplicando-se as seguintes equações:

$$Q = A \cdot q \text{ (m}^3\text{/s)}$$

$$Q_{(7,10)} = A \cdot q_{(7,10)} \text{ (m}^3\text{/s)}$$

Q : vazão média plurianual (m<sup>3</sup>/s)

A : área de drenagem da sub-bacia (km<sup>2</sup>)

q : vazão específica média plurianual

$$q = 0,0278 \cdot P - 26,23 \text{ (l/s/km}^2\text{)}$$

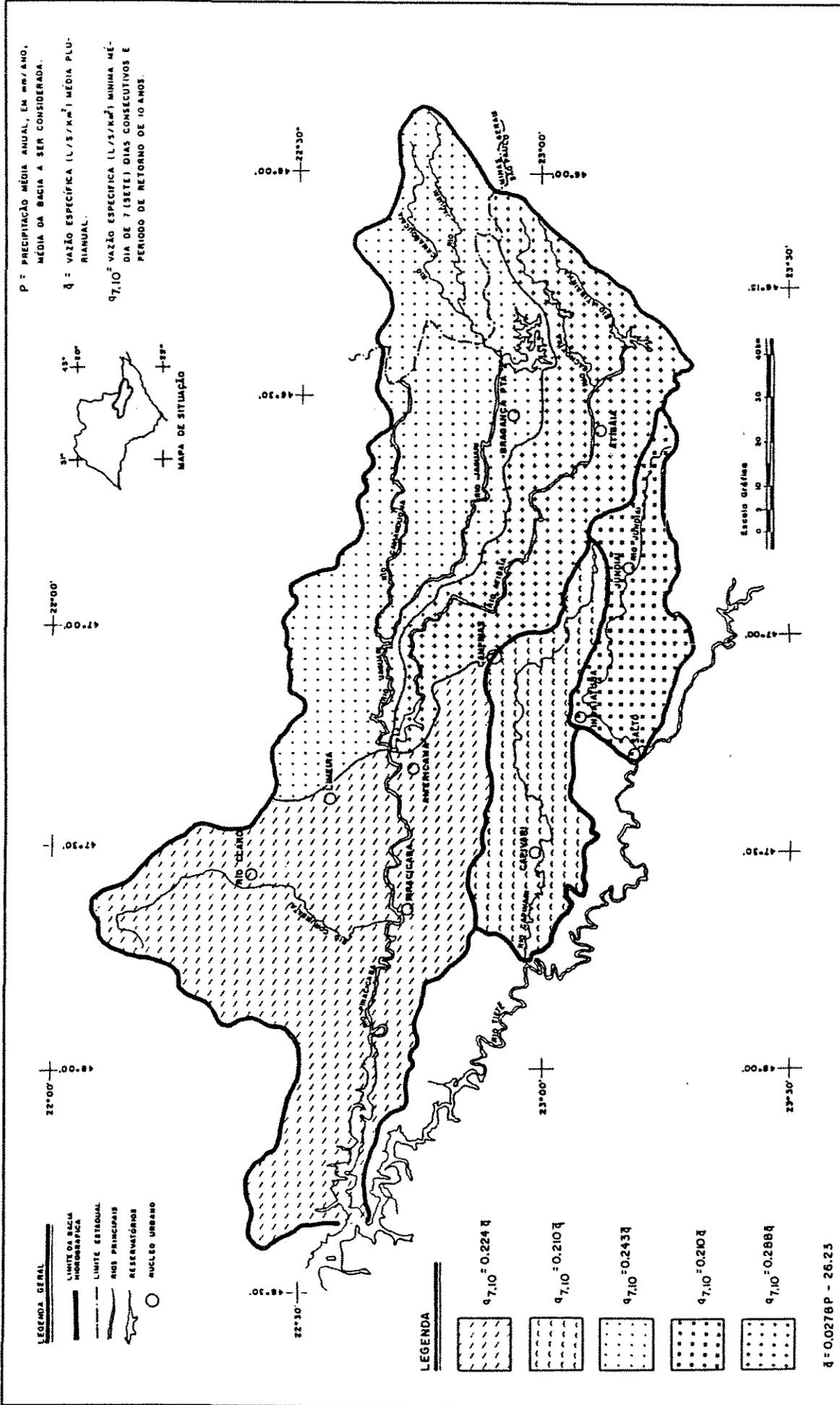
P : precipitação (mm/ano)

Q<sub>(7,10)</sub>: vazão mínima média de 7 dias consecutivos e período de retorno de 10 anos (m<sup>3</sup>/s)

q<sub>(7,10)</sub>: vazão específica mínima média

$$q_{(7,10)} = K \cdot q \text{ (l/s/km}^2\text{)}$$

K : índice de regularização, varia de 0,210 a 0,288 em função da localização da sub-bacia (Figura IV.3)



**Figura IV.3 – Mapa de regionalização de vazões**  
 Fonte: Relatório de Situação dos Recursos Hídricos (CBH-PCJ, 1994).

A Tabela IV.1 apresenta a disponibilidade hídrica superficial nas principais bacias e sub-bacias da área em estudo. As estimativas das vazões média e mínima foram feitas com base no Mapa de Regionalização de Vazões da Figura IV.3. A vazão  $Q_{95}$ , que representa a vazão mínima com 95% de permanência, ou seja, aquela que é igualada ou superada em 95% do tempo, foi estimada com base no citado estudo de regionalização hídrica feito pelo DAEE, em 1988.

**Tabela IV.1 - Disponibilidade hídrica superficial**

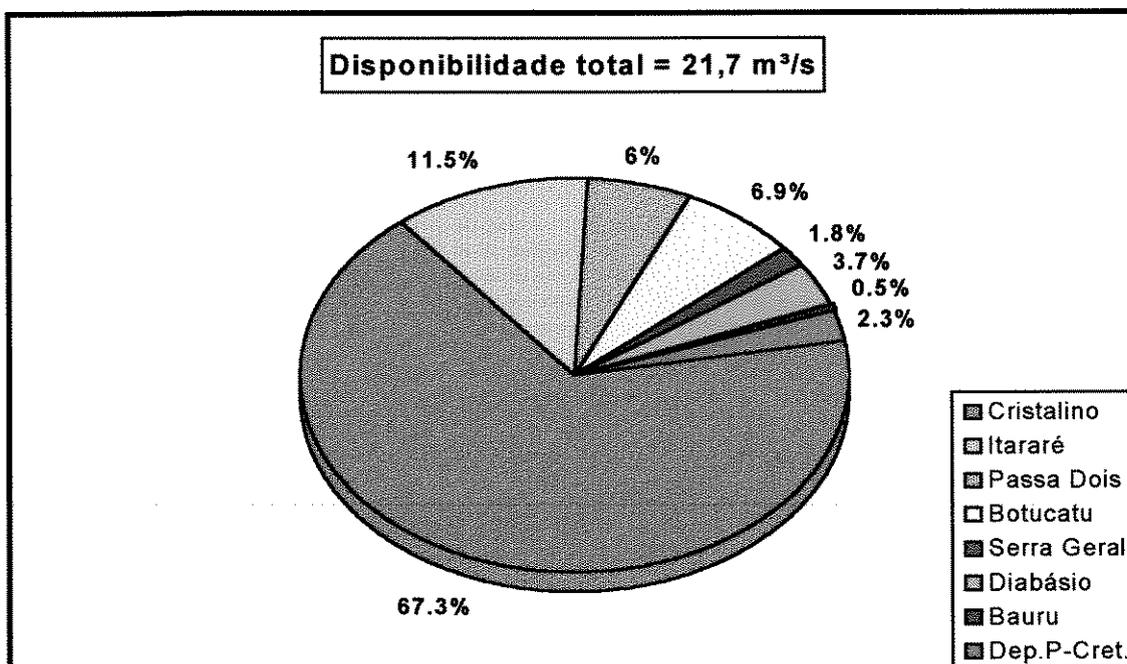
Bacia/Sub-bacia		Área (km <sup>2</sup> )	Precipitação (mm/ano)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>95%</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>7,10</sub> (m <sup>3</sup> /s)
PIRA- CICABA	ATIBAIA	2760	1440*	38,09	16,53	10,97
	JAGUARI	4290	1500*	66,37	24,09	16,13
	CORUMBATAÍ	1700	1400*	21,57	7,83	4,83
	PIRACICABA	3650	1450**	51,39	18,66	10,38
-----						
CAPIVARI		1655	1350**	18,70	6,79	3,93
-----						
JUNDIAÍ		1150	1480**	17,15	6,23	3,60

Fontes: \* LOPES (1994) (valores arredondados) - \*\* CBH-PCJ (1996a)

#### IV.2.1.2 - Disponibilidade de águas subterrâneas

A disponibilidade de água subterrânea corresponde ao volume máximo de água que pode ser extraído, sem que haja comprometimento do aquífero. Segundo o "Relatório de Situação dos Recursos Hídricos de 1994" (CBH-PCJ, 1994), a disponibilidade hídrica total dos aquíferos na área das bacias é de 21,7 m<sup>3</sup>/s. A Figura IV.4 mostra em que proporção cada aquífero contribui para a disponibilidade total.

A tabela IV.2 apresenta as características hidrogeológicas e potenciais de cada aquífero e auxilia na compreensão da distribuição percentual da disponibilidade dos aquíferos mostrada na Figura IV.4.



**Figura IV.4 - Disponibilidade hídrica dos aquíferos.**

Fonte: CBH-PCJ (1994)

A disponibilidade de cada aquífero varia em função de: (a) as características hidrodinâmicas do aquífero; e (b) sua ocorrência na área. Embora a maior parte da água subterrânea disponível nas bacias seja encontrada no aquífero Cristalino, o qual abrange a maior extensão territorial dentre os aqui considerados, esse não apresenta as melhores condições hidráulicas, uma vez que se trata de um aquífero eventual, cuja porosidade depende do tipo e do grau de fraturamento da rocha.

O aquífero Botucatu, ao contrário, é o melhor aquífero da Bacia Sedimentar do Paraná em termos hidrodinâmicos. Porém, a sua ocorrência é relativamente pequena na área (12%), ocorrência esta aflorante, ou seja, como aquífero livre. Assim, aquilo que deprecia suas características potenciais em relação às porções confinadas, é exatamente o que justifica o fato de o melhor aquífero poroso apresentar uma disponibilidade de água dez vezes menor que o aquífero Cristalino.

Sendo assim, apesar de usufruir de forma pouco significativa das águas do Botucatu, o CBH-PCJ fica com a responsabilidade de concentrar atenção nessa área de fundamental importância, onde ocorre parte da recarga natural do aquífero Botucatu, por infiltração.

O aquífero Itararé pode ser considerado o mais importante para as bacias. É o aquífero poroso com maior disponibilidade hídrica na região, apesar das dificuldades prospectivas causadas pela sua heterogeneidade e pela ocorrência de corpos intrusivos básicos (diabásio). Contudo, aflora em 21,4% da área e continua sendo o alvo de exploração em toda a faixa lateral a Oeste, onde encontra-se sotoposto ao aquífero Passa-Dois.

Tanto o aquífero Passa-Dois como as soleiras de diabásio geram um certo confinamento sobre o Itararé. Isso melhora as condições de exploração de suas águas, principalmente, quando num poço ao atravessar a camada confinante atinge-se porções mais arenosas deste aquífero.

**Tabela IV.2 - Características hidrogeológicas e potenciais dos aquíferos.**

Aquífero	Características hidrogeológicas	Área aflora nas bacias (km <sup>2</sup> ) (%)	Espessura máxima bacias (m)	Profundidade poços (m)	Capacidade específica (m <sup>3</sup> /h/m)	Vazão dos poços (m <sup>3</sup> /h)
Cristalino	Extensão regional, fissurado, caráter eventual, livre a semi-confinado, descontínuo, heterogêneo.	7.170	200	50	0,001	1
		47,2		200	a	a
Itararé	Extensão regional, granular (localmente fissurado), livre a semi-confinado, descontínuo heterogêneo, anisotrópico.	3.250	1.000	100	0,03	2
		21,4		600	a	a
Passa Dois (aquífero)	Extensão regional, granular e fissurado, caráter eventual, livre a semi-confinado, desc., heterogêneo, anisotrópico.	1.310	220	100	0,005	1
		8,6		220	a	a
Botucatu	Extensão regional, granular, livre a confinado, homogêneo/heterogêneo, isotrópico/anisotrópico.	1.820	200	50	0,5	10
		12,0		200	a	a
Serra Geral	Extensão regional, fissurado, caráter eventual, livre a semi-livre, descontínuo, heterogêneo, anisotrópico.	230	80	50	0,001	1
		1,5		80	a	a
Diabásio	Extensão limitada, fissurado, caráter eventual, livre a semi-confinado, descontínuo, heterogêneo, anisotrópico.	890	180	80	0,001	1
		5,8		180	a	a
Bauru	Extensão regional, granular, livre, heterogêneo, anisotrópico.	140	50	30	0,1	1
		0,9		50	a	a
Depósitos Pós-Cretácicos	Extensão limitada, granular, livre, descontínuo, heterogêneo, anisotrópico.	390	30	30	0,1	1
		2,6		30	a	a

Fonte: modificado de DAEE (1988b)

Além desses fatores, importantes pelas características do aquífero, existe a contrapartida pelo tipo e pela intensidade de uso do solo acima dele, onde encontra-se a maior concentração urbana e industrial das bacias, fazendo com que este seja o aquífero de maior demanda e, conseqüentemente, o mais importante.

## IV.2.2 - Qualidade

### IV.2.2.1 - Poluição

A carga orgânica potencial total nas bacias é da ordem de 1490,5 t DBO<sub>5</sub>/dia, da qual 88,4% (1317,9 t DBO<sub>5</sub>/dia) de origem industrial e 11,6% (172,6 t DBO<sub>5</sub>/dia) de origem doméstica. Com um índice de remoção de 82,3%, a carga orgânica remanescente fica em torno de 264,2 t DBO<sub>5</sub>/dia, ou seja, carga que é lançada nos rios da região (Tabela IV.3).

**Tabela IV.3 - Cargas orgânicas de origem doméstica e industrial**

Bacia	Fonte	Carga potencial t DBO <sub>5</sub> /dia	Carga remanescente t DBO <sub>5</sub> /dia
PIRACICABA	doméstica	121,6	117,0
	industrial com lançamento	156,8	40,1
	industrial sem lançamento	952,2	0
	total	1230,6	157,1
CAPIVARI	doméstica	23,6	22,6
	industrial com lançamento	8,0	1,2
	industrial sem lançamento	114,2	0
	total	145,8	23,8
JUNDIAI	doméstica	27,4	26,3
	industrial	86,7	57,0
	total	114,1	83,3
UGRHI (as 3 bacias)	doméstica	172,6	165,9
	industrial	1317,9	98,3
	total	1490,5	264,2

Fonte: CETESB - Unidade Regional de Campinas / 94 (CETESB, 1996)

Embora o potencial poluidor industrial seja muito maior que o doméstico, sua carga remanescente é menor. Isso porque, a indústria sucro-alcooleira, que contribui com 80,9% do potencial industrial, não faz lançamento de efluentes em cursos d'água, sua taxa de remoção é considerada 100%, e o restante das indústrias trata seus efluentes, a ponto de obter uma remoção de 60,9%.

A taxa de remoção conseguida pelas indústrias sucro-alcooleiras deve-se tanto pela reciclagem dos efluentes líquidos nos processos industriais

quanto pela sua disposição nas áreas de cultivo como fertilizantes, a denominada "fertirrigação". A CETESB considera essa taxa de 100%, ou seja, remoção total, porém essa é uma questão que merece atenção e estudos mais detalhados, pois se ao invés de 100% a remoção fosse de 98%, a carga remanescente das usinas seria de 21,3 t DBO<sub>5</sub>/dia, o que equivale a quase toda a carga lançada pelos municípios da bacia do Capivari. Além disso, por mais eficiente que seja o processo de fertirrigação, a parcela não consumida pela cana-de-açúcar irá infiltrar-se no solo, podendo contaminar as águas subterrâneas ou escoar pelo terreno, atingindo os cursos d'água.

Os principais responsáveis pela poluição dos rios nas bacias do Piracicaba e do Capivari são as próprias prefeituras dos municípios. A falta de estações de tratamento de esgoto é o motivo principal. Na bacia do Jundiá, as indústrias poluem mais, apesar de os municípios só removerem 4% da carga poluidora.

Portanto, para se resolver o problema da poluição nas bacias ou pelo menos minimizá-la a níveis aceitáveis, são necessárias, medidas no sentido de estimular a que todos os municípios a tratem seus esgotos e as indústrias aumentem ainda mais suas taxas de remoção, através de recirculação e da melhoria dos seus sistemas de tratamento. A cobrança pelo uso da água e a aplicação do princípio do poluidor-pagador são instrumentos capazes de propiciar esses melhores resultados desejados.

Tendo-se visto a situação das cargas poluidoras pontuais - lineares representadas pelos efluentes líquidos lançados nos rios e difusas pelos efluentes líquidos usados na fertirrigação, busca-se agora apresentar uma visão geral da situação da poluição pontual gerada pelos resíduos sólidos nas três bacias em questão. Esses resíduos sólidos são de 3 tipos: domésticos, industriais e hospitalares. A disposição inadequada desses resíduos leva, principalmente, à contaminação dos aquíferos.

Os resíduos sólidos domésticos gerados nas bacias totalizam cerca de 1580,5 t/dia, dos quais 85% são dispostos adequadamente em aterros sanitários. A quantidade gerada por município pode ser vista na Tabela IV.4.

**Tabela IV.4 - Resíduos sólidos domésticos**

Bacia Município	População urbana (hab.)	Quantidade de lixo (t/dia)	Disposição final
<b>BACIA DO PIRACICABA</b>	<b>2.310.964</b>	<b>1090,40</b>	
Águas de São Pedro	2.168	0,87	LIXÃO
Americana	190.150	95,08	ATERRO SANITÁRIO
Amparo	41.584	16,63	LIXÃO
Analândia	1.112	0,44	LIXÃO
Artur Nogueira	10.664	4,27	LIXÃO
Atibaia	75.316	30,13	LIXÃO
Bom Jesus dos Perdões	9.431	3,77	LIXÃO
Bragança Paulista	88.574	35,43	LIXÃO
Campinas (*)	534.676	267,34	ATERRO SANITÁRIO
Charqueada	8.856	3,54	LIXÃO
Cordeirópolis	9.243	3,70	ATERRO SANITÁRIO
Corumbataí	1.415	0,57	LIXÃO
Cosmópolis	32.711	13,08	LIXÃO
Ipeúna	1.236	0,49	VALA
Iracemápolis	8.895	3,56	LIXÃO
Itatiba	52.272	20,91	LIXÃO
Jaguariúna	16.769	6,71	LIXÃO
Jarinú	1.857	0,74	LIXÃO
Joanópolis	4.703	1,88	LIXÃO
Limeira	209.094	104,55	ATERRO SANITÁRIO
Monte Alegre do Sul	2.820	1,13	LIXÃO
Morungaba	5.713	2,29	LIXÃO
Nazaré Paulista	2.776	1,11	LIXÃO
Nova Odessa	34.131	13,65	ATERRO SANITÁRIO
Paulínia	31.694	12,68	LIXÃO
Pedra Bela	828	0,33	LIXÃO
Pedreira	28.098	11,24	LIXÃO
Pinhalzinho	3.190	1,28	LIXÃO
Piracaia	11.072	4,43	LIXÃO
Piracicaba	277.753	138,88	ATERRO SANITÁRIO
Rio Claro	144.508	72,25	ATERRO SANITÁRIO
Rio das Pedras	16.973	6,79	ATERRO SANITÁRIO
Santa Bárbara D'Oeste	121.009	60,50	ATERRO SANITÁRIO
Santa Gertrudes	9.320	3,73	LIXÃO
Santa Maria da Serra	2.891	1,16	LIXÃO
Santo Antonio de Posse	10.975	4,39	LIXÃO
São Pedro	14.804	5,92	LIXÃO
Sumaré	182.366	91,18	ATERRO SANITÁRIO
Valinhos	58.117	23,25	ATERRO SANITÁRIO
Vinhedo	51.300	20,52	ATERRO SANITÁRIO
<b>BACIA DO CAPIVARI</b>	<b>423.909</b>	<b>212,00</b>	
Campinas (*)	360.462	180,20	ATERRO SANITÁRIO
Capivari	28.517	14,30	LIXÃO
Elias Fausto	5.737	2,90	LIXÃO
Louveira	13.827	6,90	LIXÃO
Mombuca	946	0,50	LIXÃO
Monte Mór	8.834	4,40	LIXÃO
Rafard	5.586	2,80	LIXÃO
<b>BACIA DO JUNDIAÍ</b>	<b>555.362</b>	<b>278,10</b>	
Campo Limpo Paulista	41.377	20,60	ATERRO SANITÁRIO
Várzea Paulista	57.135	28,50	ATERRO SANITÁRIO
Jundiaí	304.926	152,40	ATERRO SANITÁRIO
Itupeva	6.162	3,00	LIXÃO
Indaiatuba	79.540	39,70	LIXÃO
Salto	67.222	33,60	USINA DE COMPOSTAGEM

Fonte dos dados: CETESB (1991a,b,c)

(\*) ocorrência em duas bacias

Os resíduos sólidos industriais são de 3 tipos: Classe I - perigosos; Classe II - não perigosos, não inertes; Classe III - inertes. A quantidade que é gerada nas bacias é apresentada, por tipo de resíduo, na Tabela IV.5.

**Tabela IV.5 - Resíduos sólidos industriais**

Bacia	Classe I		Classe II	Classe III	Total de resíduos
	(t/ano)	PERIGOSOS	NÃO INERTES	INERTES	
PIRACICABA		45.832	5.250.402	6.666	5.302.900
CAPIVARI		4.947	1.205.836	77	1.210.860
JUNDIAÍ		8.756	137.327	7.176	153.239
UGRHI - Total 3 bacias		59.535	6.593.565	13.919	6.666.999

Fonte dos dados: CETESB (1991a,b,c)

Na área das bacias, são poucos, os sistemas de tratamento e disposição destes resíduos, como aterros industriais, unidades de recuperação e reciclagem ou incineradores. Algumas empresas têm usado instalações de terceiros para tratamento/disposição de seus resíduos em outras áreas do Estado.

Quanto aos resíduos sólidos hospitalares estes são de 2 tipos: resíduos sépticos e não sépticos. A quantidade desses resíduos gerada nas bacias pode ser vista na Tabela IV.6.

**Tabela IV.6 - Resíduos sólidos hospitalares**

Bacia	hospitais levantados	n° de leitos	quantidade de resíduos (t/dia)			disposição final (%)	
			sépticos	não sépt.	total	adequada	inadeq.
PIRACICABA	78	8.622	5,01	9,21	14,23	70,5	29,5
CAPIVARI	07	904	0,60	0,90	1,50	93,0*	7,0
JUNDIAÍ	12	1469	1,22	3,17	4,39	59,7	40,3**

\*92% dos resíduos não sépticos são dispostos em aterros sanitários; 92% dos sépticos são transportados à São Paulo onde são incinerados. \*\*inclui o total dos resíduos sépticos.

Fonte dos dados: CETESB (1991a,b,c)

A bacia do rio Jundiaí é a mais crítica quanto à poluição por resíduos hospitalares. Quase a metade do lixo gerado é disposto inadequadamente, embora, em termos comparativos, apesar de a bacia do rio Piracicaba, por

exemplo, ter destinação adequada para 70% de seus resíduos hospitalares, a quantidade que é disposta de forma inadequada, cerca de 4,2 t/dia, quase que se iguala ao total de lixo hospitalar gerado na bacia do Jundiáí.

Nota-se, então, que a poluição constitui um problema sério na área em estudo. Existe a necessidade iminente de aumentar, a níveis significativos, o tratamento dos esgotos domésticos, melhorar a eficiência no tratamento dos efluentes industriais e definir áreas e metodologia de tratamento adequados para os diversos tipos de resíduos sólidos, sob pena de ocorrer diminuição das disponibilidades das águas superficiais e subterrâneas pelo comprometimento da sua qualidade e, conseqüentemente, riscos à saúde.

Esse comprometimento dos cursos d'água já é uma preocupação de todos os envolvidos na gestão dos recursos hídricos da bacia. Porém, é preciso que se atente, também, para as águas subterrâneas, uma vez que esse recurso tem uma função estratégica no abastecimento de água e, se a descontaminação dos cursos d'água é difícil e morosa, a descontaminação de um aquífero será extremamente mais difícil e demorada, podendo até ser considerada, em alguns casos, impossível ou inviável, seja pela falta de tecnologia adequada, seja pelos altos custos e tempo necessários para isso.

Desse modo, ressalta-se aqui a importância de se centrar esforços em medidas e obras que visem a diminuição da poluição, através do tratamento e reciclagem dos resíduos gerados pelas várias atividades antrópicas nas bacias.

#### **IV.2.2.2 - A qualidade das águas superficiais e subterrâneas**

A qualidade da água dos rios e dos reservatórios é degradada pelos poluentes que nela são lançados, como visto no item anterior. Quando a carga de esgotos lançada num rio excede sua capacidade de autodepuração, este fica sem oxigênio, provocando liberação de odores e impedindo a existência de peixes e outros organismos e, conseqüentemente, tornando a água imprópria para determinados usos.

Por isso, a Resolução 20 do CONAMA (1986), como já visto anteriormente, estabelece padrões de qualidade nos quais se enquadram os corpos d'água, sendo este enquadramento um importante instrumento para o controle da poluição e ao restringir ou permitir o uso da água, interfere na localização das atividades econômicas, sendo, também, elemento ordenador do uso e ocupação do solo.

O Decreto 10.755/77 enquadra os cursos d'água das três bacias em estudo na Classe 2, exceto o rio Jundiaí, da confluência do córrego Pinheirinho até sua foz no rio Tietê, que foi enquadrado na Classe 4 (CBH-PCJ, 1996).

Porém, existem desconformidades entre a situação real dos rios das 3 bacias e o enquadramento legal, ou seja, diferenças entre os limites dos valores de DBO e OD encontrados na condição atual e dos estabelecidos no enquadramento.

Observando a qualidade atual dos corpos d'água, pelos Índices de Qualidade das Águas apresentados no mapa da Figura IV.5, pode-se identificar inúmeras desconformidades, o que torna claro que os poluentes lançados estão excedendo a capacidade de autodepuração dos rios e que medidas urgentes devem ser aplicadas com o objetivo de minimizar esses lançamentos, cuja única maneira é tratar esgotos domésticos e efluentes industriais.

Com relação às águas subterrâneas, é reconhecida sua qualidade natural, comumente, boa. As condições geológicas naturais em que se encontram mantêm-nas afastadas dos impactos gerados pelas diversas atividades antrópicas desenvolvidas em superfície na área.

Observa-se no Quadro IV.1 que, as características de qualidade apresentadas pelas águas dos aquíferos que ocorrem na área são boas, prestando essas águas ao abastecimento humano. Porém, assim como as águas superficiais das bacias um dia foram de ótima qualidade e hoje encontram-se na situação alarmante descrita há pouco, também as águas subterrâneas, caso não recebam a devida proteção, podem encontrar-se em situação semelhante, e então, que água teremos para beber?

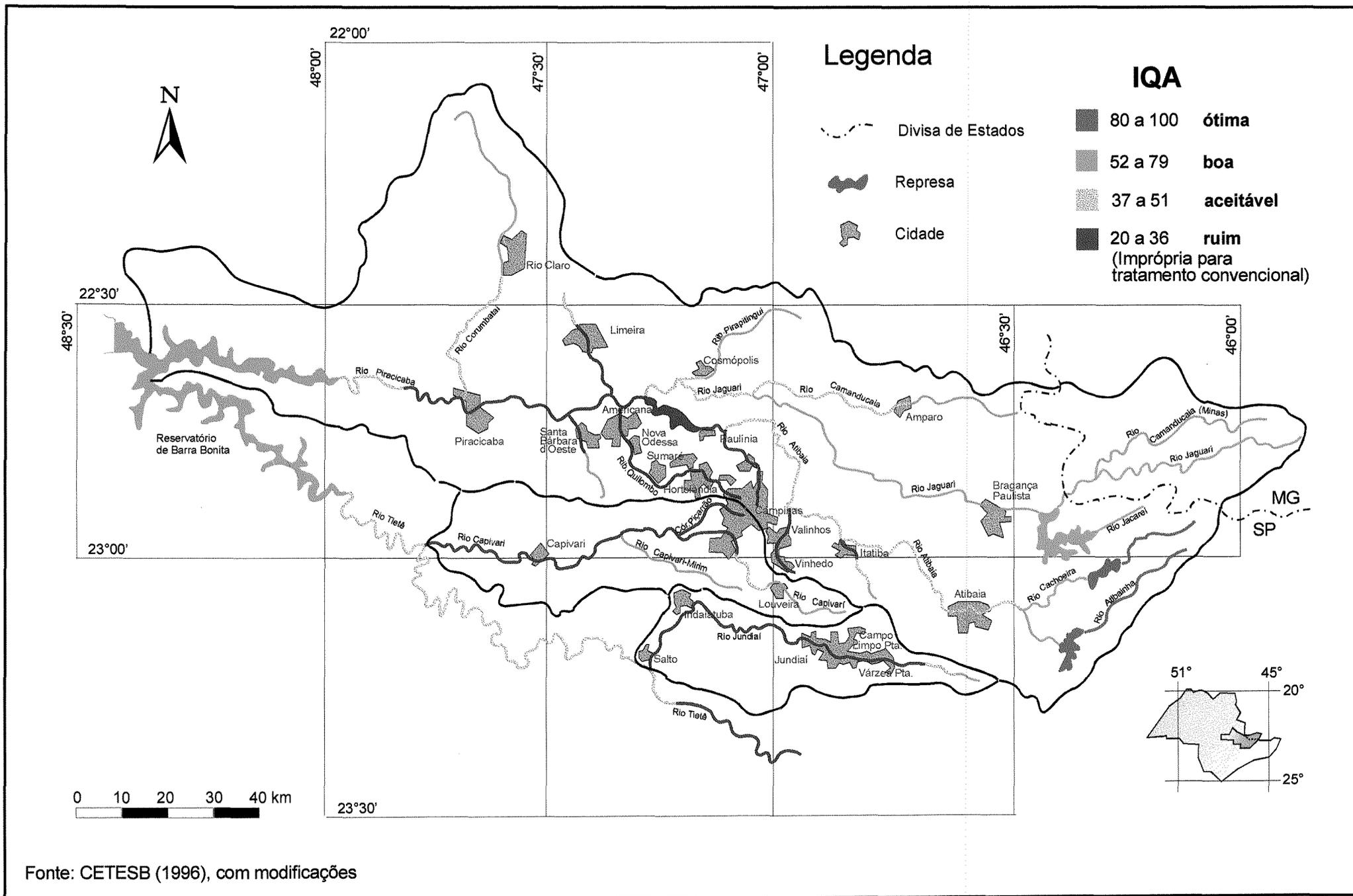


Figura IV.5. Índice de Qualidade das Águas - IQA

#### Quadro IV.1 - Qualidade das águas subterrâneas.

Aquífero	Propriedades Hidroquímicas	Eventuais restrições de uso
Cristalino	ÁGUAS BICARBONATADAS-CÁLCICAS pH: 5 a 7; RST <150 mg/l; condut. <200 µs/cm.	sem restrições de uso
Itararé	ÁGUAS BICARBONATADAS-SÓDICAS pH: 5,5 a 9; RST <350 mg/l; cond. 100 a 300 µs/cm	poucas ocorrências de excesso de F, CaCO <sub>3</sub> e RST
Passa Dois	ÁGUAS BICARBONATADAS-SÓDICAS E MISTAS pH: 5 a 9; RST: elevado	algumas ocorrências de excesso de F, CaCO <sub>3</sub> , Cl, SO <sub>4</sub>
Botucatu	ÁGUAS BICARBONATADAS CALCOMAGNESIANAS pH: 4,5 a 6; RST <70 mg/l; cond. 10 a 35 µs/cm	sem restrições de uso
Serra Geral	ÁGUAS BICARBONATADAS-CÁLCICAS pH: 6 a 7; RST <160 mg/l.	sem restrições de uso
Diabásio	ÁGUAS BICARBONATADAS-SÓDICAS E MISTAS pH: 5 a 8; RST <200 mg/l.	algumas ocorrências de excesso de F, Cl, CaCO <sub>3</sub> , SO <sub>4</sub> , RST
Bauru	ÁGUAS BICARBONATADAS-CÁLCICAS pH: 5 a 7; RST <150 mg/l.	sem restrições de uso
Dep. Pós-Cretácicos	Águas sem classificação hidroquímica; aquífero altamente vulnerável a poluição.	uso restrito; ocorrência comum de excesso de bactérias e NO <sub>3</sub>

Fonte dos dados: LOPES (1994); DAEE (1988b)

É evidente que, as águas superficiais estão muito mais vulneráveis à poluição, mas, por outro lado, podem ser mais facilmente monitoradas. As ações de controle e de recuperação de corpos d'água com a qualidade degradada são perfeitamente possíveis de serem colocadas em prática, a exemplo das várias ações que estão em andamento atualmente no Estado de São Paulo.

Quanto às subterrâneas, se estas estão mais protegidas ou mais distantes das fontes de poluição, não deixam de ser vulneráveis. Pelo contrário, as condições em que se encontram, dificultam e elevam os custos para sua monitoração a ponto de, quando da constatação de uma eventual contaminação, esta poder estar num estágio tão avançado que inviabilize qualquer iniciativa para sua recuperação.

Com o objetivo de avaliar a suscetibilidade dos aquíferos à contaminação, várias são as metodologias utilizadas, no mundo todo, para determinar sua "vulnerabilidade". Neste trabalho, sem adotar uma metodologia específica, considerando somente as principais características dos aquíferos, pretende-se avaliar a vulnerabilidade relativa entre eles (alta, média e baixa) e, posteriormente, analisar sua compatibilidade às várias formas de uso e ocupação do solo. O Quadro IV.2 apresenta a vulnerabilidade e as características de cada aquífero, utilizadas na classificação.

## Quadro IV.2 - Vulnerabilidade relativa dos aquíferos na área das bacias

Aquífero	Características determinantes	Vulnerabilidade Relativa
Cristalino	Porosidade de fissuras, caráter eventual, com manto de alteração de espessura e extensão variadas; em área de ocupação urbana e industrial moderada; topografia acidentada dificulta a infiltração.	BAIXA (localm. média)
Itararé	Litologia predominantemente lamítica, descontínuo e altamente anisotrópico, nível freático relativamente profundo, em parte confinado por soleiras de diabásio; em área de ocupação intensa.	MÉDIA (localm. alta)
Passa Dois	Aquífero de litologia lamítica e calcária, caráter eventual; baixa condutividade hidráulica.	BAIXA
Botucatu	Litologia predominantemente arenosa, aquífero livre, zona de recarga natural; alta condutividade hidráulica.	ALTA
Serra Geral	Porosidade de fissuras, caráter eventual; ocorrência limitada a áreas de baixa ocupação nas bacias.	BAIXA
Diabásio	Porosidade de fissuras, caráter eventual, descontínuo; ocorrência limitada, em área de ocupação intensa.	MÉDIA (localm. baixa)
Bauru	Porosidade granular, com cimento carbonático e argiloso, aquífero livre; ocorrência limitada a áreas de baixa ocupação nas bacias.	BAIXA
Dep. Pós-Cretácicos	Porosidade granular, aquífero livre, nível freático próximo à superfície, descontínuo e anisotrópico; ocorrência limitada.	ALTA

### IV.2.3 - Demandas

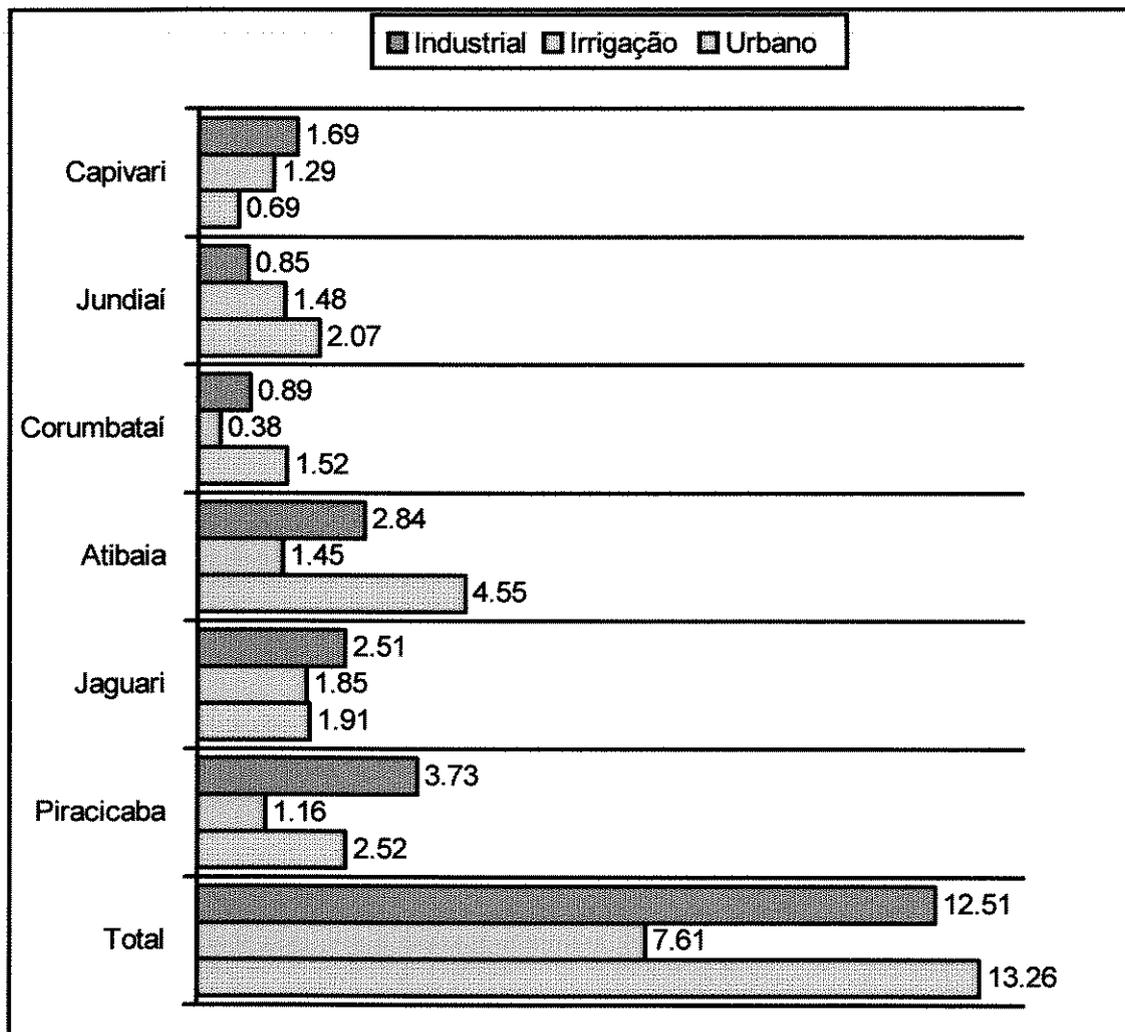
#### IV.2.3.1 - Demanda de águas superficiais

A demanda total de água superficial, segundo o Comitê das Bacias Hidrográficas do Piracicaba, Capivari e Jundiá, em 1995, era da ordem de 33,38 m<sup>3</sup>/s, para as três bacias. Com base no Relatório de Situação dos Recursos Hídricos de 1995, publicado pelo Comitê em 1996, fez-se uma análise das várias demandas, por tipo de uso da água e por sub-bacia<sup>17</sup>. Os resultados desta análise são observados nos gráficos da Figura IV.6.

Considerou-se como demanda de água aquela referente às captações, em cada sub-bacia, médias de 24 horas, no mês de dezembro de 1995. Segundo o citado relatório, a demanda urbana refere-se ao volume de água produzido naquele mês, informado pela SABESP e pelos Serviços de Água e Esgoto dos municípios das bacias. A demanda industrial baseia-se em dados cadastrais do DAEE atualizados em dezembro de 1995, incluindo como demanda industrial o uso da água para piscicultura. A demanda para irrigação

<sup>17</sup> A denominação "sub-bacia" está sendo utilizada para designar a área correspondente à bacia hidrográfica de um afluente ou de um formador do rio principal.

foi calculada com base em dados de relatórios de estudos do DAEE - Consórcio HIDROPLAN. Para obtenção das vazões médias de 24 horas, considerou-se uma taxa média de consumo de 0,46 l/s/ha. Deve-se salientar, ainda, que as demandas apresentadas referem-se apenas às demandas internas à área das bacias, não incluindo, portanto, a reversão de vazão para abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo através do Sistema Cantareira, que será considerado quando da comparação entre demanda e disponibilidade.



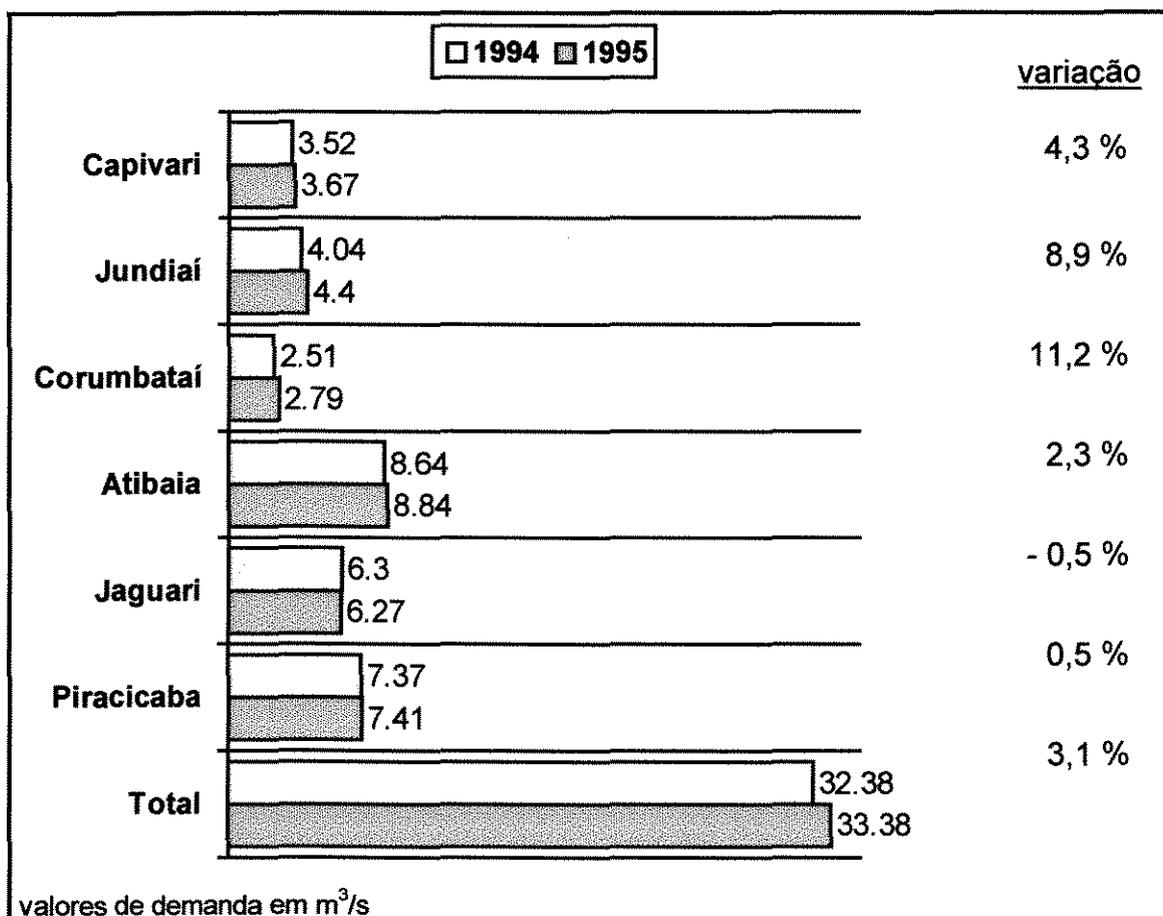
**Figura IV.6 - Demanda de águas superficiais por tipo de uso (em m³/s)**  
 Fonte dos dados: CBH-PCJ (1996a)

A bacia do Piracicaba, composta pelas sub-bacias dos rios Corumbataí, Atibaia, Jaguari e Piracicaba, é a que apresenta a maior demanda de água: 25,31 m³/s, correspondendo a 76% da demanda total das três bacias.

A sub-bacia do rio Atibaia, que abastece a cidade de Campinas, é a que possui a maior demanda urbana; a sub-bacia do Piracicaba tem a maior demanda industrial e a sub-bacia do Jaguari a maior demanda para irrigação.

Analisando a proporção do tipo de uso da água em cada sub-bacia, constata-se que as sub-bacias do Jundiá, Corumbataí e Atibaia utilizam, praticamente, a metade da água que captam para o abastecimento urbano, enquanto que nas outras três - Capivari, Jaguari e Piracicaba, ocorre o inverso, quase a metade da água captada é utilizada pela indústria. A demanda de água para irrigação tem maior importância nas sub-bacias do Capivari, Jundiá e Jaguari, representando cerca de um terço das demandas globais destas sub-bacias.

O gráfico da Figura IV.7 permite avaliar a variação de demanda de 1994 para 1995.



**Figura IV.7 - Variação da demanda no período de 1994-1995.**

Fonte dos dados: CBH-PCJ (1996a)

As maiores variações ocorreram nas sub-bacias do Corumbataí e do Jundiá, sendo que esta teve sua variação (8,9%) motivada apenas pelas demandas para uso urbano e para irrigação, a demanda para uso industrial nesta sub-bacia, no mesmo período, sofreu decréscimo de 0,02 m<sup>3</sup>/s.

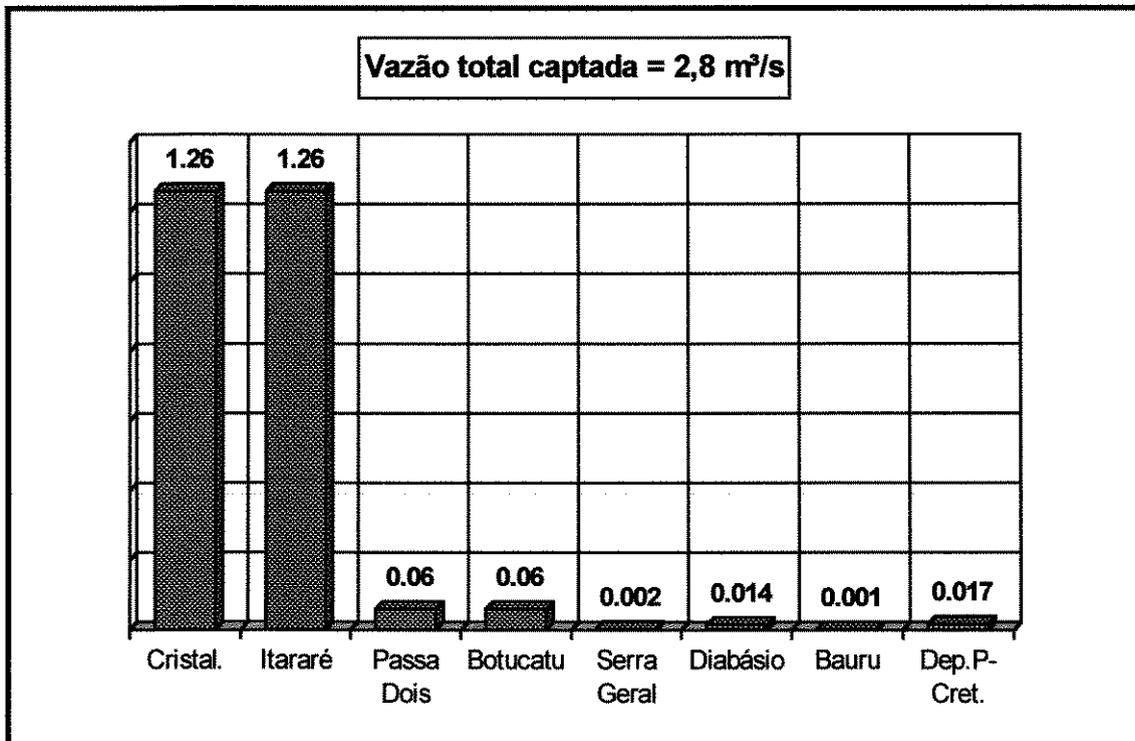
As menores variações são observadas nas sub-bacias do Jaguari e do Piracicaba. A primeira apresentou decréscimo de 0,5% nas demandas totais, representado por uma queda de 0,02 e 0,03 m<sup>3</sup>/s nas demandas industrial e urbana, respectivamente. A segunda, com acréscimo de apenas 0,5% na demanda total, em 1995, e apesar de ser a sub-bacia de maior demanda industrial, apresentou diminuição de 0,22 m<sup>3</sup>/s nesta demanda, provavelmente, em decorrência da desativação de usinas de açúcar e álcool e uma queda geral no nível das atividades econômicas regionais.

Ressalta-se, ainda, um decréscimo de 29% (0,28 m<sup>3</sup>/s) na demanda de água urbana da sub-bacia do Capivari. Em termos de demanda global, esta sub-bacia teve variação superior à média apresentada pelas três bacias em estudo que foi de 3,1%, onde as demandas aumentaram de 32,38 m<sup>3</sup>/s, em 1994, para 33,38 m<sup>3</sup>/s, em 1995. A única demanda que não apresentou nenhum decréscimo em nenhuma sub-bacia foi para uso na irrigação.

#### **IV.2.3.2 - Demanda de águas subterrâneas**

Quando se trata de água subterrânea, as avaliações de demanda e disponibilidade são dificultadas pela carência de dados; em parte porque desconhece-se a existência de um grande número de poços não cadastrados - "clandestinos"; em parte porque, mesmo entre os poços cadastrados, são muitos os que apresentam informações insuficientes, incompletas ou mesmo equivocadas em relação ao volume explorado, regime de bombeamento etc.

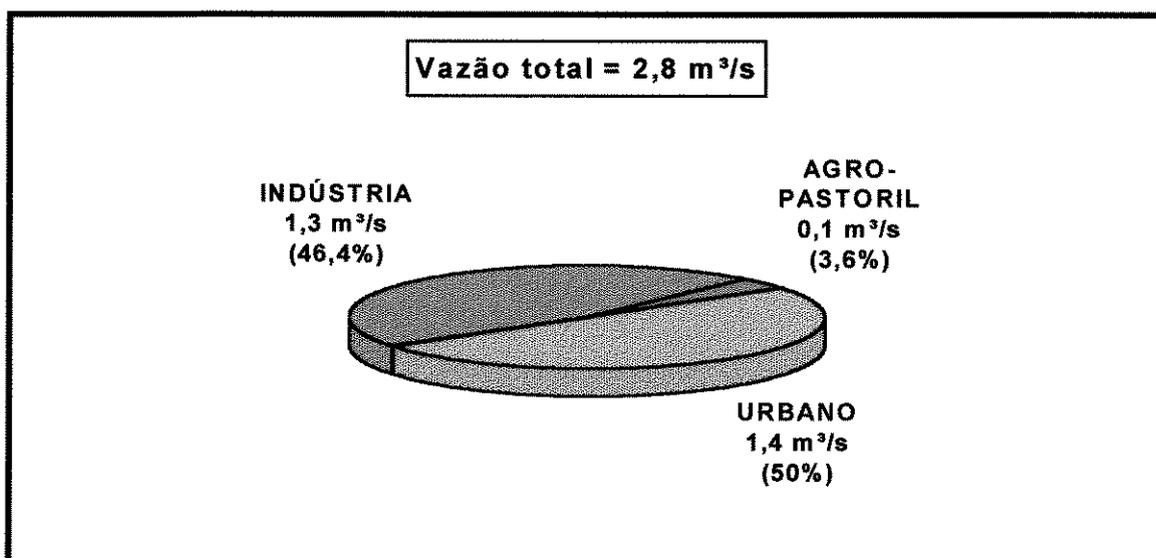
Apesar disso, com base no "Estudo de Águas Subterrâneas - Região Administrativa 5", do DAEE (1981) e no seu cadastro de poços, o CBH-PCJ (1994) estima a demanda de água subterrânea em 2,8 m<sup>3</sup>/s, o que equivale a 8% de toda a água utilizada nas bacias. A participação de cada aquífero no atendimento a esta demanda pode ser observada na Figura IV.8.



**Figura IV.8 - Vazões captadas por aquífero (em m³/s).**

Fonte: CBH-PCJ (1994)

Observa-se que os aquíferos Itararé e Cristalino são os que fornecem as maiores vazões. Ambos respondem por 90% da vazão de água subterrânea captada nas bacias.



**Figura IV.9 - Demanda de água subterrânea por tipo de uso.**

Fonte: CBH-PCJ (1994)

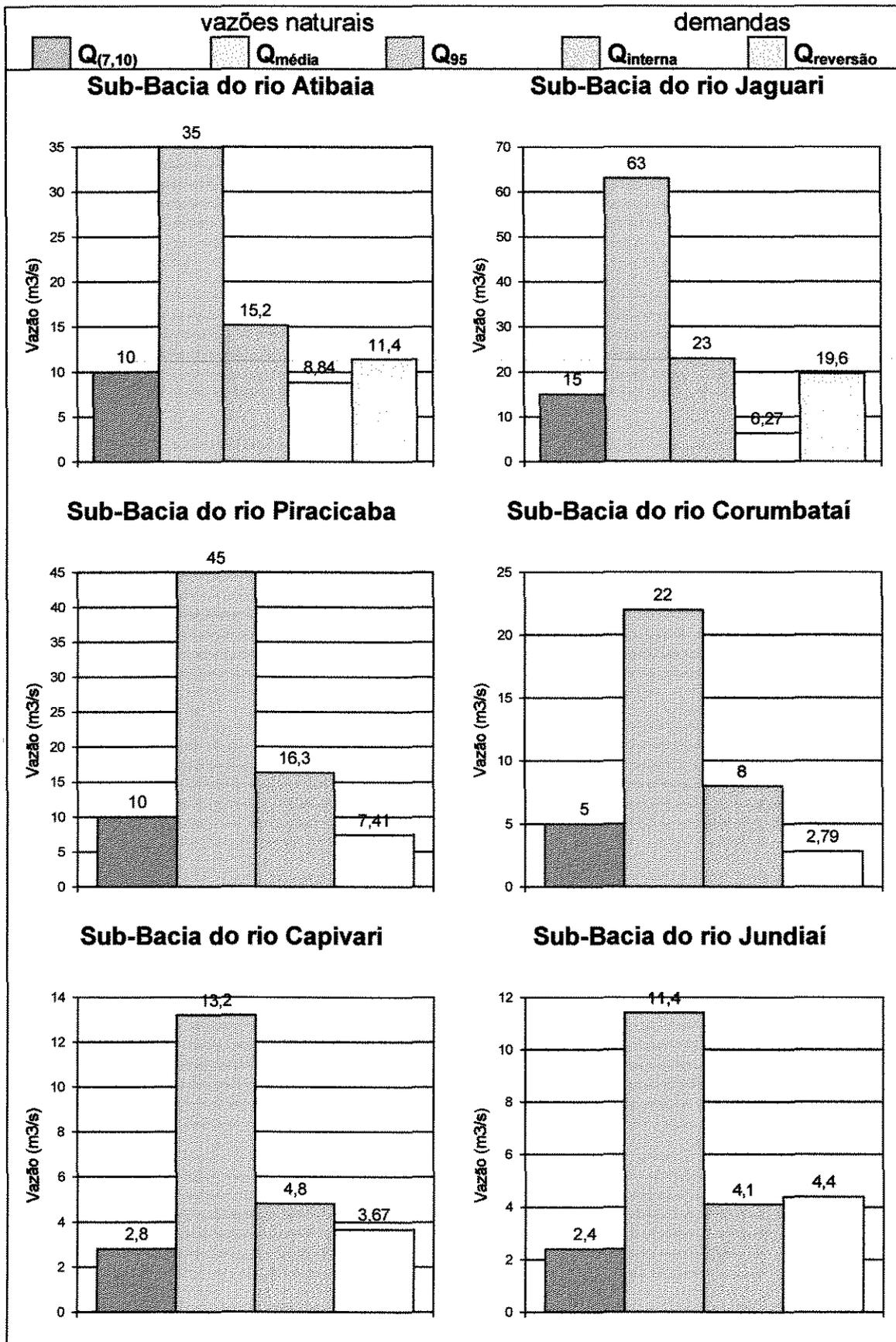
A Figura IV.9 mostra a demanda de água subterrânea proporcional ao tipo de uso. Observa-se que a água explorada na região atende, predominantemente, às demandas urbana e industrial. Seu uso para irrigação é, ainda, inexpressivo, haja vista que somente 3,6% desse volume destina-se ao uso agro-pastoril, que, além da irrigação, considera a criação animal.

Ressalta-se, mais uma vez, a questão da representatividade dos dados de demanda de água subterrânea baseados apenas em cadastros de pontos d'água, predominantemente, representados por poços tubulares. Deve-se levar em consideração, principalmente em relação à demanda para uso agro-pastoril, que existem milhares de poços escavados e fontes ou minas d'água, os quais representam importantes pontos de fornecimento de água para atendimento dessa demanda.

Esses pontos, se considerados, elevariam o percentual da demanda agro-pastoril (Figura IV.9), que, então, poderia denominar-se: demanda rural, refletindo a devida importância das águas subterrâneas no abastecimento das comunidades rurais, as quais utilizam intensamente esses mananciais através de captações simples, mas eficazes e de baixo custo.

#### **IV.2.3.3 - Balanço demanda X disponibilidade**

A comparação entre a demanda e a disponibilidade de água permite avaliar o grau de criticidade de cada sub-bacia com relação ao uso da água. Para as águas superficiais essa comparação foi feita graficamente (Figura IV.10) e os valores de disponibilidade utilizados foram, para a bacia do Piracicaba, extraídos do Plano Estadual de Recursos Hídricos de 1990 e, para as bacias do Capivari e do Jundiá, obtidos através de cálculos de regionalização de vazões efetuados pelo DAEE. Esses dados são mais pessimistas, em relação à oferta de água, do que aqueles resultantes das estimativas feitas neste trabalho (ver IV.2.1.1). Os valores de demanda utilizados são os mesmos apresentados em "IV.2.3.1 - Demanda de águas superficiais" acrescidos da demanda da Região Metropolitana de São Paulo - RMSP atendida pelo Sistema Cantareira.

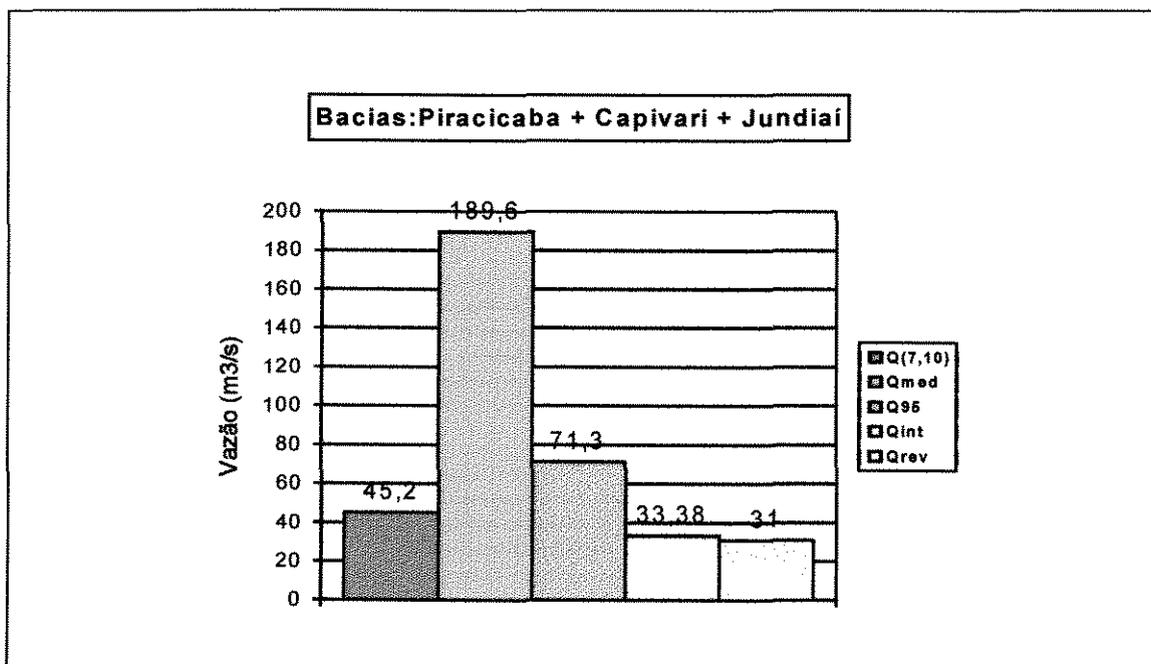


**Figura IV.10- Comparação entre demanda e disponibilidade por sub-bacia.**  
 Fonte dos dados: CBH-PCJ (1996a)

A sub-bacia que apresenta uma situação mais crítica, na área em estudo, é a do Jundiáí. Suas demandas superam o valor de  $Q_{95\%}$ , justificando a necessidade de importação de água da sub-bacia do Atibaia para complementação do suprimento de água para a cidade de Jundiáí. A sub-bacia menos crítica, a do Corumbataí, ainda apresenta um valor preocupante de demanda que corresponde a 56% da vazão de estiagem  $Q_{(7,10)}$ .

As demandas internas das sub-bacias do Atibaia e do Jaguari são inferiores às vazões de estiagem, principalmente na segunda, cuja demanda fica em torno dos 40% desta vazão, o que a posicionaria numa situação menos crítica que as outras. Porém, quando são somadas as vazões demandadas pelo Sistema Cantareira, essas sub-bacias assumem a pior situação de todas, com os valores de demanda ultrapassando as vazões  $Q_{95\%}$  em 33%, no caso da sub-bacia do Atibaia e em 12%, no caso do Jaguari.

O Sistema Cantareira retira  $31 \text{ m}^3/\text{s}$  da bacia do Piracicaba, a partir de reservatórios de regularização nos rios Jaguari, Jacareí, Atibainha e Cachoeira. Essa vazão revertida para a RMSP quase se iguala à demanda total interna da UGRHI composta pelas bacias do Piracicaba, Capivari e Jundiáí (Figura IV.11).

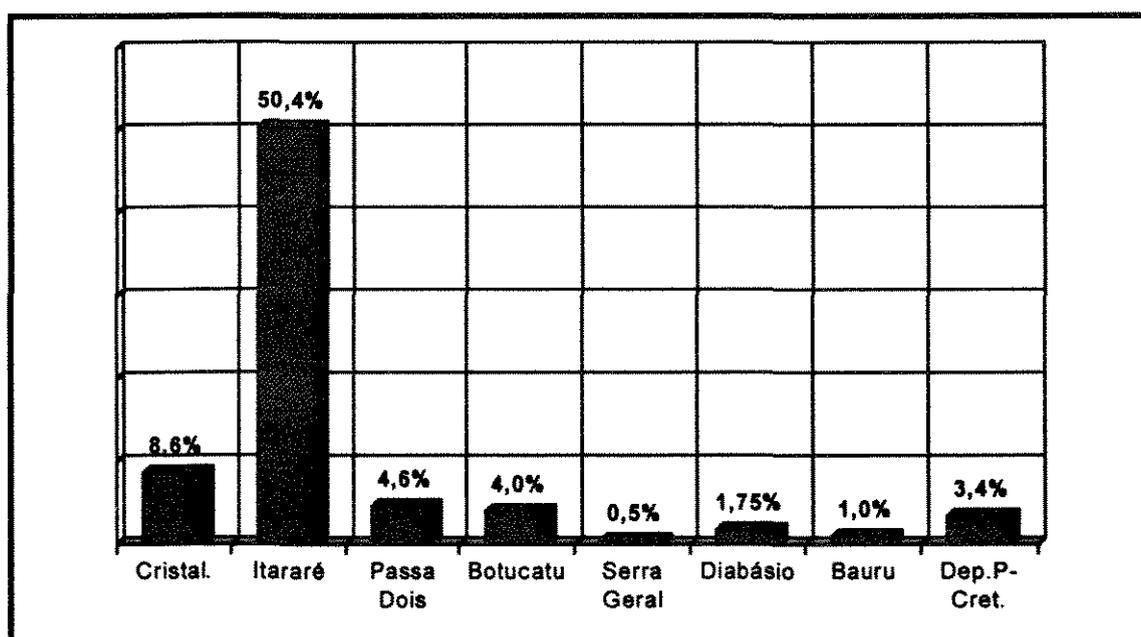


**Figura IV.11 - Comparação entre demanda e disponibilidade totais**

Fonte dos dados: CBH-PCJ (1996a)

Ambas as vazões, a interna e a que é revertida à RMSP, quando somadas, superam a vazão de estiagem e quase igualam-se à vazão  $Q_{95\%}$ . Mesmo considerando somente as demandas internas à área das bacias (33,38  $m^3/s$ ), verifica-se que esta é superior a 50% da vazão de estiagem. Portanto, a UGRHI do Piracicaba, Capivari e Jundiá é considerada crítica, segundo a Lei nº 9.034, de 27/12/94 (Plano Estadual de Recursos Hídricos - 94/95), merecendo um gerenciamento especial que leve em conta: (a) o monitoramento da qualidade e da quantidade dos recursos hídricos, que permita orientar o racionamento e o controle de derivações de água e de lançamento de efluentes; (b) regras de operação das captações e lançamentos estabelecidas por comissões de usuários, supervisionadas pelas instituições governamentais de gestão dos recursos hídricos; e (c) obrigatoriedade de implantação, pelos usuários, de programas de racionalização do uso dos recursos hídricos, com metas estabelecidas pelos atos de outorga.

Com relação à água subterrânea, a demanda corresponde a 13% da disponibilidade hídrica dos aquíferos. A Figura IV.12 mostra a relação percentual demanda / disponibilidade para cada aquífero.



**Figura IV.12 - Relação demanda / disponibilidade por aquífero.**

Fonte: CBH-PCJ (1994)

Observa-se que, de modo geral, a água subterrânea é subutilizada na área das bacias. O aquífero mais utilizado é o Itararé, cuja demanda atinge 50% de sua disponibilidade. Ainda que expressivo em relação aos demais, esse valor de demanda não compromete o aquífero, já que, como foi dito, a disponibilidade representa o volume que pode ser captado sem causar danos ao aquífero, ou seja, a parcela de água extraída que é compensada pela recarga natural do aquífero.

É interessante notar que, existe uma forte contradição na situação dos recursos hídricos das bacias do Piracicaba, Capivari e Jundiaí. Enquanto as águas superficiais são, quantitativa e qualitativamente, superexploradas, as subterrâneas são subutilizadas. Dos seus 57 municípios, apenas 8 tem o abastecimento público feito por água subterrânea e 4 utilizam sistema misto.

Na realidade, a grande maioria dos poços existentes na área são particulares; quem mais se utiliza dos mananciais subterrâneos são as indústrias, condomínios, clubes, hotéis, hospitais etc. A Tabela IV.7 apresenta uma estimativa do número de poços em operação em cada município e a perspectiva de aproveitamento da água subterrânea.

**Tabela IV.7 - Perspectiva de aproveitamento de águas subterrâneas**

Bacia Município	n° total de poços em 1993	aquífero explorado	Profundidade prevista (m)	Vazão potencial estimada (m <sup>3</sup> /h)
<b>BACIA DO CAPIVARI</b>				
Capivari	54	Itararé	250	20
Elias Fausto	37	Itararé	250	15
Louveira	188	Cristalino	150	10
Mombuca	9	Itararé	250	15
Monte Mór	182	Itararé	250	20
Rafard	28	Itararé	250	20
Campinas (*)	316			
Vinhedo (*)	53			
<b>BACIA DO JUNDIAÍ</b>				
Campo Limpo Paulista	20	Cristalino	150	10
Indaiatuba	120	Itararé	200	10
		Cristalino	150	10
Itupeva	80	Cristalino	150	10
		DPC	40	10
Jundiaí	350	Cristalino	150	10
		DPC	40	10
Salto	60	Cristalino	150	10
Várzea Paulista	50	Cristalino	150	10

CONTINUAÇÃO da Tabela IV.7 - Perspectiva de aproveitamento de águas subterrâneas

Bacia Município	nº total de poços - 1993	aquífero explorado	Profundidade prevista (m)	Vazão pot. estimada (m³/h)
<b>BACIA DO PIRACICABA</b>				
	3.322			
Águas de São Pedro	28	Itararé + Passa Dois	300	20
Americana	105	Itararé	300	15
		Diabásio	150	10
Amparo	172	Cristalino	150	10
Analândia	12	Botucatu +P. Dois	200	20
Artur Nogueira	70	Itararé	250	15
Atibaia	195	Cristalino	150	10
Bom Jesus dos Perdões	10	Cristalino	150	10
Bragança Paulista	108	Cristalino	150	10
Campinas (*)	424	Itararé	250	15
		Cristalino	150	20
		Diabásio	200	10
Charqueada	27	Botucatu +P. Dois	200	20
Cordeirópolis	21	Itararé + Passa Dois	300	15
Corumbataí	3	Itararé + Passa Dois	300	25
Cosmópolis	41	Itararé	250	15
Holambra	134	Itararé	200	10
Hortolândia	113	Itararé	300	25
Ipeúna	11	DPC + Passa Dois	200	20
Iracemópolis	7	Itararé	300	15
Itatiba	147	Cristalino	150	10
Jaguariúna	110	Cristalino	150	10
Jarinu	39	Cristalino	150	10
Joanópolis	5	Cristalino	150	10
Limeira	226	Itararé	400	30
		Diabásio	200	10
Monte Alegre do Sul	25	Cristalino	150	10
Morungaba	6	Cristalino	150	10
Nazaré Paulista	3	Cristalino	150	10
Nova Odessa	52	Itararé	300	15
		Diabásio	200	10
Paulínia	110	Itararé	250	20
		Diabásio	200	10
		DPC	40	5
Pedra Bela	3	Cristalino	150	10
Pedreira	43	Cristalino	150	10
Pinhalzinho	6	Cristalino	150	10
Piracaia	20	Cristalino	150	10
Piracicaba	125	Itararé + Passa Dois	350	20
		Diabásio	200	10
Rio Claro	108	Itararé + Passa Dois	300	20
		DPC	50	10
Rio das Pedras	17	Diabásio + Itararé	250	15
Saltinho	12	DPC	30	10
		Passa Dois	200	5
Santa Bárbara D'Oeste	105	Itararé	300	15
		Diabásio	150	10
Santa Gertrudes	19	Itararé + Passa Dois	300	25
Santa Maria da Serra	15	Botucatu	150	30
Santo Antonio de Posse	28	Itararé	100	5
		Cristalino	150	10
São Pedro	66	Botucatu	150	30
Sumaré	122	Itararé	300	20
Tuiuti	6	Cristalino	150	10
Valinhos	363	Cristalino	150	15
Vargem	3	Cristalino	150	10
Vinhedo (*)	57	Cristalino	150	10

(\*) Municípios com poços em duas bacias.

Obs.: As vazões potenciais estimadas devem ser consideradas como expectativa de vazão média.

Fonte: CBH-PCJ (1994); "nº total de poços em 1993" - estimativa: LOPES (1994).

Muitos municípios não utilizam a água subterrânea, seja por falta de maior conhecimento sobre esse manancial, seja por resistência do próprio serviço de água municipal em buscar alternativas para complementar o “tradicional” abastecimento urbano pela rede de água tratada.

Isto ocorre principalmente nas periferias das cidades, onde a rede de água não atende toda a população e nessas áreas, havendo disponibilidade, a água subterrânea seria uma ótima alternativa de abastecimento. Mas, para isso, percebe-se a necessidade de que, sejam feitos, estudos hidrogeológicos detalhados, para orientar a locação de poços estratégicos, que suprindo as necessidades de água nesses locais, estariam viabilizando a complementação do abastecimento público.

Frente ao atual estágio de desenvolvimento sócio-econômico das bacias do Piracicaba, Capivari e Jundiá, considera-se o uso racional e conjunto das águas superficiais e subterrâneas como a única forma de suprir as necessidades de água potável de toda população.

#### **IV.2.4 - Zoneamento ambiental das bacias: síntese da avaliação dos recursos hídricos**

A proposta de zoneamento ambiental aqui formulada para as bacias, representada pelo mapa da Figura IV.13, tem o objetivo de sintetizar as informações resultantes desta avaliação dos recursos hídricos, facilitando a visualização dos problemas e dos conflitos existentes e permitindo, assim, um diagnóstico da situação dos recursos hídricos em cada uma das unidades criadas por tal zoneamento. Com base nesse diagnóstico, são feitas recomendações relativas ao uso da água e do solo nas respectivas unidades (Quadro IV.3).

Foram definidas doze unidades ou zonas, com base em critérios em seguida descritos. Cada uma delas é designada por um número, pelo nome do rio principal e pelo nome do aquífero, que ocorrem na área correspondente à respectiva unidade.



**Quadro IV.3 - Síntese da avaliação dos recursos hídricos das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá.**

UNIDADE DO ZONEAMENTO	ÁGUAS SUPERFICIAIS	ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	USO E OCUPAÇÃO DO SOLO USO DA ÁGUA / DEMANDAS	RECOMENDAÇÕES
1) CANTAREIRA Cristalino	Rios Jaguari, Jacaré, Cachoeira e Atibainha c/ 3 reservatórios que compõem o Sistema Cantareira; grande disponibilidade, mas quase toda (31 m <sup>3</sup> /s) comprometida com o abastecimento da RMSP; qualidade das águas: boa a ótima.	AQUÍFERO CRISTALINO - litologia: granitos, gnaisses, migmatitos e, subordinadamente, xistos e quartzitos; aquífero eventual com porosidade de fissuras; tem a maior disponibilidade da região com 14,6 m <sup>3</sup> /s;	Pouco urbanizada, cidades de pequeno porte (até 11 mil hab.); não industrializada; predominam pastagens; alguns focos de mata natural e reflorestamento; água usada principalmente para abastecimento público.	Relevo montanhoso, evitar desmatamento; máxima proteção dos mananciais de superfície; incentivar o uso da água subterrânea para abastecimento local, principalmente nas porções mais baixas onde ocorrem solos hidromórficos.
2) MINAS Cristalino	Rios Jaguari e Camanducaia (mineiro); qualidade das águas: boa.	capacidade específica entre 0,001 e 7,0 m <sup>3</sup> /h/m; vazões dos poços entre 1 e 50 m <sup>3</sup> /h;	Muito pouco urbanizada, cidades de pequeno porte; não industrializada.	Relevo montanhoso, evitar desmatamento; preservar a boa qualidade dos corpos d'água.
3) JAGUARI Cristalino	Rios Jaguari e Camanducaia (paulista); qualidade das águas: Jaguari e Camanducaia até a cidade de Amparo = boa e de Amparo até a confluência dos rios = aceitável.	águas bicarbonatadas cálcicas sem restrições de uso; vulnerabilidade relativa baixa, localmente média; poços nestas zonas deverão ser localizados nos alinhamentos de drenagem, que constituem	Cidades de até médio porte, sendo Bragança Paulista a principal com 88 mil hab.; grande rebanho leiteiro e de suínos; uso da água equilibrado entre urbano, industrial e irrigação.	Porção norte de relevo montanhoso, região turística pelas características hidrominerais (máxima proteção); incentivar o uso da água subterrânea para irrigação e abastecimento rural.
4) ATIBAIA Cristalino	Rio Atibaia; qualidade aceitável; reversão de 1,5 m <sup>3</sup> /s para atendimento do Polo Jundiá que engloba as cidades de Várzea Paulista e Campo Limpo Paulista, devendo até o ano 2000 atingir 3,0 m <sup>3</sup> /s.	faixas de maior probabilidade de fraturamento; também as porções mais espessas do manto de alteração devem ser observadas para locação. Na Unidade 5 (sub-bacia do Jundiá), numa estreita	Unidade medianamente urbanizada e industrializada; conurbação entre Vinhedo, Valinhos e Campinas; c/ indústrias dos ramos têxtil, química e papel; agricultura frutas, batata, tomate; principal demanda: urbana.	Otimizar tratamento de efluentes industriais e principalmente domésticos; incentivar o aproveitamento da água subterrânea p/ o abastecimento rural e a irrigação e na complementação do abastecimento urbano.
5) JUNDIAI Cristalino	Rio Jundiá; qualidade imprópria em quase toda a sua extensão, sendo boa somente na nascente, em seguida torna-se aceitável e logo imprópria, antes mesmo de atravessar o Polo Jundiá.	faixa em seu limite Oeste, os sedimentos do Itararé recobrem o embasamento cristalino - os poços perfurados nesta faixa, onde situam-se as cidades de Indaiatuba e Salto, podem explorar tanto o aquífero	Polo urbano/industrial de Jundiá, conurbação entre Jundiá, Várzea Paulista e Campo Limpo Paulista; culturas de frutas, batata, tomate, arroz, café; principais demandas: urbana (47%) e irrigação (34%).	Águas superficiais muito degradadas; otimizar o tratamento de esgotos domésticos e industriais; incentivar o uso da água subterrânea para a irrigação.
6) CAPIVARI Cristalino	Rio Capivari; qualidade boa ( da nascente até Louveira), aceitável (até Campinas, para onde é revertido 0,5 m <sup>3</sup> /s) e imprópria (após Campinas).	Cristalino como o Itararé melhorando, assim, as expectativas de vazões.	Urbanização mais expressiva é representada por parte da cidade de Campinas; cultura de frutas, arroz, batata; principal uso da água na irrigação.	Solo susceptível à erosão, evitar desmatamentos e incentivar o uso da água subterrânea para a irrigação.

**Quadro IV.3 - Síntese da avaliação dos recursos hídricos das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí.**  
(CONTINUAÇÃO)

UNIDADE DO ZONEAMENTO	ÁGUAS SUPERFICIAIS	ÁGUAS SUBTERRÂNEAS		USO E OCUPAÇÃO DO SOLO USO DA ÁGUA / DEMANDAS	RECOMENDAÇÕES
7) CAPIVARI Itararé	Rio Capivari; qualidade imprópria, assim como seu afluente córrego Piçarrão, por receberem parte dos esgotos de Campinas; afluente da margem esquerda Capivari-Mirim tem qualidade boa e fornece água p/ abastecimento de Indaiatuba.	AQUÍFERO ITARATÉ -  (ocorrência significativa do aquífero Diabásio)	Poços perfurados nesta unidade, com profundidades estimadas em até 250 m têm vazão potencial estimada entre 15 e 20 m <sup>3</sup> /h.	Pouco urbanizada; porção oeste da cidade de Campinas é a principal concentração urbana (360 mil hab.); indústria sucro-alcooleira; culturas de cana-de-açúcar e laranja; principais demandas: industrial e irrigação.	Águas superficiais muito degradadas e solo susceptível, com porções extremamente susceptíveis à erosão otimizar o tratamento de esgotos domésticos; preservar coberturas vegetais; incentivar o uso da água subterrânea para a irrigação.
8) PIRACICABA Itararé	Rio Piracicaba e ribeirão Quilombo (afluente); qualidade das águas: imprópria; o ribeirão Quilombo recebe esgotos de Campinas, Sumaré, Nova Odessa e Americana e deságua no rio Piracicaba que ainda recebe esgotos de Limeira e Santa Bárbara D'Oeste. Esta unidade apresenta as águas mais degradadas das bacias.	litologia: arenitos, diamictitos, siltitos, folhelhos e ritmitos; segunda maior disponibilidade da região com	Unidade c/ a maior ocorrência de corpos de diabásio, os poços podem explorar ambos (Itararé/Diabásio) e ainda o Cristalino, c/ profundidades e vazões muito variadas; encontram-se aqui os melhores poços do Itararé.	Unidade mais urbanizada e industrializada das bacias, grande conurbação entre Campinas, Sumaré, Hortolândia, Nova Odessa, Americana, Sta. Bárbara D'Oeste; principais indústrias da região ao longo do Eixo Anhanguera (eixo da conurbação); culturas: cana-de-açúcar e laranja na porção Oeste; principais demandas: urbana e industrial.	Águas superficiais extremamente degradadas, minimizar crescimento urbano e a implantação de novas indústrias; otimizar tratamento de esgotos domésticos e industriais; incentivar o uso da água subterrânea para abastecim. público e promover a proteção dos poços; monitorar as fontes poluidoras visando à proteção do aquífero-bastante vulnerável nesta unidade.
9) ATIBAIA Itararé	Ribeirão Anhumas e rio Atibaia que tem qualidade aceitável até receber as águas impróprias do ribeirão Anhumas, que também recebe esgotos de Campinas; a partir daí as águas do Atibaia tornam-se impróprias, incluindo a represa de Americana, criada para geração de energia elétrica.	2,5 m <sup>3</sup> /s; capacidade específica entre 0,03 e 6,0 m <sup>3</sup> /h/m; vazões entre 2 e 120 m <sup>3</sup> /h; poucas ocorrências de F, CaCO <sub>3</sub> e RST;	Pequena unidade com ocorrência de diabásio e aluviões; vazões potenciais entre 5 e 20 m <sup>3</sup> /h para profundidades de até 250 m.	População urbana concentrada em Paulínia (31 mil habitantes) onde está instalado o complexo petroquímico, com indústrias altamente poluidoras.	Águas superficiais extremamente degradadas; otimizar o tratamento dos esgotos de Campinas e promover a despoluição do córrego Anhumas; otimizar o tratamento dos efluentes industriais e realizar o monitoramento contínuo das fontes poluidoras; baixo potencial de água subterrânea, realizar estudos de avaliação hidrogeológica para direcionar as perfurações de poços e melhorar os resultados de vazão.
10) JAGUARI Itararé	Rio Jaguarí de qualidade aceitável e seu afluente ribeirão Pirapitingui de qualidade boa até Cosmópolis e aceitável até sua foz no Jaguarí.	Vulnerabilidade relativa média, localmente alta.	Alguns corpos de diabásio e vazão pot. est. em torno de 15 m <sup>3</sup> /h para prof. de até 250 m.	Pouco urbanizada; indústria sucro-alcooleira em Cosmópolis; culturas: cana-de-açúcar e laranja, flores em Holambra; principal demanda para irrigação.	Solo pouco susceptível à erosão; cursos d'água de qualidade aceitável a boa; incentivar o uso da água subterrânea para a irrigação e o abastecimento rural.

**Quadro IV.3 - Síntese da avaliação dos recursos hídricos das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá.**  
(CONTINUAÇÃO)

UNIDADE DO ZONEAMENTO	ÁGUAS SUPERFICIAIS	ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	USO E OCUPAÇÃO DO SOLO USO DA ÁGUA / DEMANDAS	RECOMENDAÇÕES
11)PIRACICABA Passa Dois	Rio Corumbataí de qualidade boa até Rio Claro, tornando-se aceitável deste ponto até sua foz no rio Piracicaba, cuja qualidade é imprópria até pouco mais de 10 km após a cidade de Piracicaba, quando volta a ter qualidade aceitável.	AQUITARDE PASSA DOIS –  litologia: siltitos, argilitos, folhelhos e calcários c/ ocorrência de 2 grandes soleiras de diabásio próximo a Limeira; baixo potencial de água e algumas ocorrências de excesso de F, CaCO <sub>3</sub> , Cl e SO <sub>4</sub> ; vulnerabilidade baixa; poços nesta unidade devem ter como alvo o aquífero Itararé c/ prof. de até 350 m e vazões potenciais entre 20 e 40 m <sup>3</sup> /h; perfurações rasas nos Depósitos Pós-Cretácicos (Fm. Rio Claro) podem resultar em vazões equivalentes	Unidade moderadamente urbanizada, com 2 grandes centros urbanos: Piracicaba (277 mil hab.) ao Sul, com indústrias de metalurgia e sucro-alcooleira e cultivo de cana-de-açúcar; e Rio Claro (145 mil hab.) a Norte, onde predominam a pecuária bovina e alguns florestamentos de eucaliptos; a demanda para abastecimento público é a mais expressiva.	Pequenas áreas c/ solo muito susceptível à erosão; preservar coberturas vegetais e florestais existentes; otimizar o tratamento de esgotos domésticos; devido ao baixo potencial de água subterrânea, à baixa vulnerabilidade, e à litologia lamítica que dificulta a infiltração, esta zona caracteriza-se como ideal para deposição de resíduos sólidos (aterros sanitários), podendo inclusive receber resíduos de outras regiões das bacias.
12)PIRACICABA Botucatu	Rio Piracicaba; qualidade aceitável no trecho não represado e qualidade boa em todo o reservatório de Barra Bonita que represa as águas do Piracicaba e do Tietê para geração de energia elétrica.	AQUÍFERO BOTUCATU - (ocorrência inexpressiva dos aquíferos S.Geral e Bauru)  litologia: arenitos c/ poucos níveis argilosos; alto potencial de água de ótima qualidade, sem restrições de uso; importante área de recarga deste aquífero, altamente vulnerável; capacidade específica de 0,5 a 8 m <sup>3</sup> /h/m e vazões potenciais nos poços entre 10 e 200 m <sup>3</sup> /h, com profundidades de até 200 m.	Unidade muito pouco urbanizada; cobertura florestal de eucaliptos, cerrados e mata natural; cultura de cana-de-açúcar; baixas demandas; principal uso da água na indústria sucro-alcooleira.	Solo extremamente susceptível à erosão; área de recarga natural do Botucatu, aquífero altamente vulnerável, merecendo máxima proteção, viabilizar estudos sobre o potencial de contaminação gerado pela fertirrigação; preservar coberturas vegetais e florestais para otimizar infiltração e recarga; promover o uso conjunto das águas superficiais e subterrâneas para o abastecimento público.

Os critérios utilizados na delimitação das unidades foram: a rede de drenagem principal e os limites das sub-bacias hidrográficas; a ocorrência dos aquíferos e as áreas de recarga; o Índice de Qualidade das Águas - IQA; as atividades antrópicas, considerando as concentrações urbanas e industriais; e as demandas de água.

O mapa da Figura IV.13 apresenta, também: os maiores centros urbanos da região, evidenciando a ocorrência de conurbações no centro da área; a localização das indústrias sucro-alcooleiras e do polo petroquímico de Paulínia; e a indicação das reversões de vazão realizadas nas bacias.

O Quadro IV.3 apresenta, então, a síntese da avaliação dos recursos hídricos, que reúne, para cada unidade, informações sobre: as águas superficiais; as águas subterrâneas; o uso e a ocupação do solo, o tipo de uso da água e as demandas. A partir da interrelação dessas informações, são feitas algumas recomendações, também referentes às unidades, relativas ao uso da água e do solo, à ocupação territorial e à proteção dos recursos hídricos.

### **IV.3 - A gestão dos recursos hídricos das bacias**

#### **IV.3.1 - Histórico**

No Brasil, historicamente, a gestão dos recursos hídricos privilegiava a produção energética em detrimento dos demais usos da água, seguindo a demanda imposta pelo desenvolvimento industrial. O próprio Código de Águas reflete isto, todavia os recursos hídricos eram suficientemente disponíveis e de boa qualidade. A eles não se associava valor econômico como ocorre hoje.

A preocupação com o meio ambiente nos países desenvolvidos teve início nos anos 60. No Brasil, isso começa a ocorrer na década de 70 quando, também, começou a ser difundida a idéia de se trabalhar a questão dos recursos hídricos por bacias hidrográficas.

Na região, as primeiras experiências voltadas às bacias hidrográficas tiveram início em 1982 com a criação do Comitê Executivo de Estudos Integrados das Bacias dos Rios Jaguari e Piracicaba - CEEIJAPI. Esse Comitê, composto por órgãos federais e estaduais, sob a presidência do DAEE, teve sua criação baseada numa Portaria Interministerial do Governo Federal (Port. MME/MINTER 03, de 12/03/79), que possibilitava a criação de Comitês de Bacias Hidrográficas de Rios Federais. Porém, esses Comitês tinham várias limitações importantes, quanto à autonomia administrativa e financeira e a participação restrita a órgãos estaduais e federais. Dessa forma, o CEEIJAPI funcionou em condições precárias até ser desativado em 1988.

Em 1985, foi criado, a partir de um convênio de parceria financeira entre Estado, Municípios e indústrias, o Comitê de Recuperação do Rio Jundiá - CERJU, o qual funciona até hoje. Nesse mesmo ano, a Associação dos Engenheiros e Arquitetos de Piracicaba organizou a "Campanha Ano 2000 - Redenção Ecológica da Bacia do Rio Piracicaba", cujos resultados foram significativos, levando, inclusive, à criação em 89, juntamente com outras iniciativas comunitárias e municipais, do Consórcio Intermunicipal das Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari.

Reunindo, inicialmente, 12 e hoje 33 municípios, o Consórcio tem como objetivo principal elaborar estudos, projetos e obras relacionadas à despoluição e desenvolvimento regional das bacias do Piracicaba e Capivari.

Enquanto isso, em novembro de 87, o Decreto Estadual 27.576 (CBH-PCJ, 1996b) cria o Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CRH, que tinha como metas propor uma política de recursos hídricos, estruturar um sistema de gestão e elaborar o primeiro Plano Estadual de Recursos Hídricos - PERH. Para intermediação entre os grupos técnicos e o CRH, foi criado, na mesma época, o Comitê Coordenador do Plano Estadual de Recursos Hídricos - CORHI, culminando com a aprovação, em 91, do 1º PERH.

A Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos foram instituídos, ainda em 91, através da Lei 7663, que criou, em suas Disposições Transitórias, dois comitês: o do Alto Tietê e o Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e

Jundiaí - CBH-PCJ, que foi, efetivamente, instalado em 18 de novembro de 1993.

A mesma Lei, já bastante discutida neste trabalho, criou o Fundo Estadual de Recursos Hídricos - FEHIDRO (regulamentado pelo Decreto 37300, de 25/08/93), para dar suporte à Política de Recursos Hídricos, financiando programas previstos no Plano Estadual e nos Planos de Bacias, com recursos do Estado, União, Municípios, empréstimos externos e, principalmente, da cobrança pelo uso da água, quando esta passar a ser aplicada.

Em 1994, foi aprovado pela Lei 9034 (27/12/94) o segundo PERH para o biênio 94/95, já contendo o primeiro Plano de Bacia do CBH-PCJ, o terceiro PERH, aprovado pelo CRH em 11/12/95, foi elaborado já com ampla participação dos Comitês de Bacias.

#### **IV.3.2 - O Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos**

O Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos é composto, fundamentalmente, por dois tipos de colegiados tripartites (Estado, Municípios e Sociedade Civil); o primeiro, de abrangência estadual e o segundo regional, sendo respectivamente, o Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CRH) e os Comitês de Bacias Hidrográficas (CBH's).

O CRH é composto por 33 membros, sendo: 11 representantes de Secretarias do Estado; 11 prefeitos, representando todos os municípios; e 11 representantes de entidades da sociedade civil com atuação em nível estadual. A presidência do CRH está a cargo do Secretário de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras, a vice-presidência da Secretaria do Meio Ambiente e a Secretaria Executiva é exercida pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE, tendo como suporte técnico o Comitê Coordenador do Plano Estadual de Recursos Hídricos - CORHI.

Os Comitês de Bacias Hidrográficas têm funções deliberativas e consultivas e suas principais atribuições são aprovar o Plano de Bacias e a respectiva proposta de aplicação dos recursos financeiros a serem utilizados e de promover entendimentos entre usuários dos recursos hídricos.

#### **IV.3.2.1 - O Comitê das Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá - CBH-PCJ.**

Este Comitê é composto por 16 representantes do Estado; 16 prefeitos, representando os 57 Municípios das bacias; e 16 representantes da sociedade civil. Os cargos de Presidente, Vice-Presidente e Secretário Executivo são ocupados por um representante de cada segmento, evidenciando a paridade do sistema, sendo a Presidência ocupada por um prefeito, a Vice-Presidência por um representante da sociedade civil e a Secretaria Executiva ficou sob a responsabilidade do Estado.

Para otimizar o desempenho de suas atividades, o Comitê criou Câmaras e Grupos Técnicos. As Câmaras Técnicas são pequenos colegiados, tripartites e paritários, integrados por membros do Comitê. Os Grupos Técnicos não têm, necessariamente, composição paritária, podendo, inclusive, contar com a participação de entidades que não são representadas no Comitê.

Em linhas gerais, os objetivos do Comitê podem ser resumidos num objetivo central: implementar nas bacias hidrográficas de sua jurisdição a Política Estadual de Recursos Hídricos. Isto é o que refletem os objetivos previstos em seu Estatuto, que são (CBH-PCJ, 1996b):

- a) Promover o gerenciamento descentralizado, participativo e integrado, sem dissociação dos aspectos quantitativos e qualitativos dos recursos hídricos em sua área de atuação;
- b) Adotar a bacia hidrográfica como unidade físico-territorial de planejamento e gerenciamento;
- c) Reconhecer o recurso hídrico como um bem público, de valor econômico, cuja utilização deve ser cobrada, observados os aspectos de quantidade e qualidade e as peculiaridades da bacia hidrográfica;
- d) Apoiar o rateio do custo das obras de aproveitamento múltiplo de interesse comum ou coletivo, entre os beneficiários;
- e) Combater e prevenir as causas e efeitos da poluição, das inundações, das estiagens, da erosão do solo e do assoreamento dos corpos d'água;
- f) Defender o direito à promoção, pelo Estado, de programas de desenvolvimento, bem como de compensação aos municípios afetados por áreas inundadas resultantes da implantação de reservatórios e por restrições impostas pelas leis de proteção de recursos hídricos, áreas de proteção ambiental ou outros espaços especialmente protegidos;

- g) Compatibilizar o gerenciamento dos recursos hídricos com o desenvolvimento regional e com a proteção do meio ambiente;
- h) Promover a utilização racional dos recursos hídricos, superficiais e subterrâneos, assegurando o uso prioritário para o abastecimento das populações;
- i) Promover a maximização dos benefícios econômicos e sociais resultantes do aproveitamento múltiplo dos recursos hídricos;
- j) Estimular a proteção das águas contra ações que possam comprometer o uso atual e futuro;
- k) Promover a integração das ações na defesa contra eventos hidrológicos críticos, que ofereçam riscos à saúde e à segurança públicas, assim como prejuízos econômicos e sociais; e
- l) Coordenar ações para racionalizar o uso das águas e prevenir a erosão do solo nas áreas urbanas e rurais.

Visando garantir o cumprimento desses objetivos e enquanto o Comitê não possa contar com os subsídios de uma entidade técnica-executiva, representada pela Agência de Bacias, criou-se duas Câmaras e três Grupos Técnicos, cujas atribuições, em síntese, são as seguintes (CBH-PCJ, *op. cit.*):

- 1) *Câmara Técnica de Outorgas e Licenças (CT-OL)*: efetuar diagnóstico, análise e proposição de critérios e procedimentos relativos a outorga do uso da água e licenciamento ambiental;
- 2) *Câmara Técnica de Proteção e Recuperação dos Recursos Naturais (CT-RN)*: analisa propostas ou situações que interfiram na conservação e proteção do solo, no desenvolvimento florestal e na conservação e proteção dos recursos hídricos;
- 3) *Grupo Técnico de Integração e Difusão Tecnológica (GT-ID)*: formado por representantes de universidades, institutos de pesquisa e desenvolvimento tecnológico e de entidades estaduais ligadas à tecnologia em recursos hídricos, tem como atribuições organizar informações relativas a estudos, pesquisas, desenvolvimento tecnológico e trabalhos em recursos hídricos, implantar mecanismos de consulta e acompanhamento de atividades realizadas pela comunidade científica e pelo poder público e assessorar o Comitê em questões relativas a tecnologia, divulgação e comunicação social;

- 4) *Grupo Técnico de Monitoramento Hidrológico (GT-MH)*: coleta e analisa dados da rede de monitoramento, define alternativas para obras hidráulicas e promove ações emergenciais para garantir condições mínimas de utilização das águas nos períodos de estiagem e de chuvas;
- 5) *Grupo Técnico de Planejamento (GT-PL)*: elabora pareceres técnicos sobre ações, projetos e obras relacionados ao planejamento e desenvolvimento regional, inclusive Plano de Bacias e Relatórios de Situação e manifesta-se sobre questões institucionais, em especial, a implantação e o desenvolvimento da Agência de Bacias e a instituição da cobrança pelo uso da água.

Para completar a implantação do Sistema Estadual de Gestão de Recursos Hídricos, está faltando um instrumento - a cobrança pelo uso da água - sem o qual, o sistema ficaria inoperante. Sem esse aporte financeiro, o FEHIDRO não é suficiente para financiar os projetos e obras necessárias para garantir disponibilidade de água com qualidade. A experiência estrangeira confirma isso; países como França, Alemanha (Capítulo II), entre outros, adotaram a cobrança como instrumento fundamental para enfrentar, com maior eficiência, o desafio de melhorar as condições de aproveitamento, recuperação e conservação dos recursos hídricos.

No Brasil, a recente Lei nº 9.433, de 08/01/97, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, prevê a cobrança; no Estado de São Paulo, ela consta da Constituição de 89 e da Lei 7663/91, restando, apenas, para sua instituição a promulgação de uma lei específica. O CRH aprovou, no dia 12/11/97, a Minuta do Anteprojeto de Lei sobre a cobrança e encaminhou ao Governador do Estado, que deverá apresentar-lo na forma de Projeto de Lei à Assembleia Legislativa.

Para efetuar a cobrança, está prevista, também na Lei 7663/91, a criação das Agências de Bacias, a exemplo do modelo francês. O CBH-PCJ, em sua reunião de instalação, em 18/11/93, também decidiu pela criação de tal Agência.

#### IV.3.2.2 - A Agência de Bacia

Enquanto o Comitê tem caráter deliberativo, a Agência terá um caráter executivo. Uma entidade jurídica de direito privado, com estrutura administrativa e financeira própria, mas sem fins lucrativos. Dentre suas principais atribuições constam, além de efetuar a cobrança pelo uso da água e de gerenciar os recursos gerados por ela; caberá a agência efetuar estudos sobre águas nas bacias; elaborar o Plano de Bacia e o Relatório de Situação dos Recursos Hídricos; analisar técnica e financeiramente as solicitações de investimentos de acordo com as prioridades e os critérios estabelecidos pelo Comitê; dentre outras. O conjunto de suas atribuições visa prestar apoio administrativo, técnico e financeiro necessário ao funcionamento do Comitê.

A implantação definitiva da Agência está dependendo da aprovação de Lei pela Assembleia Legislativa. Um Anteprojeto de Lei foi encaminhado pelo CRH, tem caráter genérico e permite a criação de Agências em todo o Estado. A estrutura proposta é a seguinte (CBH-PCJ, 1996b):

- a) *Conselho Fiscal* - 3 membros (Estado, municípios e sociedade civil);
- b) *Conselho Deliberativo* - 18 membros (6 de cada segmento), Estado com 5 membros permanentes e um eletivo entre os usuários, municípios indicarão de um terço a metade de seus representantes entre os usuários, e a sociedade civil deverá indicar, no mínimo, a metade de seus membros entre os usuários;
- c) *Diretoria* - um Diretor Presidente, indicado pelo Comitê e diretores, em número estabelecido pelo Comitê e indicados pelo Presidente.

Note-se que, esta estrutura têm composição tripartite, como o Comitê, porém, os usuários serão parte fundamental de sua administração, contando com uma representação muito mais expressiva que no Comitê.

Com a instituição das Agências de Bacias e a implementação da cobrança pelo uso da água, o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos estará completo, com as entidades e instrumentos necessários à aplicação da Política Estadual de Recursos Hídricos. Neste contexto, a gestão dos recursos hídricos das bacias terá a participação de todos para promover o uso racional da água.

## **Considerações finais**

Por todo o exposto, verifica-se que a gestão dos recursos hídricos no Brasil têm sido objeto de importantes mudanças, nos vários aspectos, político, institucional, legal, técnico e sócio-econômico, representando grandes avanços no desenvolvimento dos recursos hídricos.

Essas mudanças foram motivadas tanto pelo agravamento da situação dos recursos hídricos, degradação da qualidade e quantidade insuficiente para acompanhar o crescimento das demandas, quanto pela nova forma de se pensar os recursos hídricos, que está sendo assumida, cada vez mais, por todos os países do mundo. Uma visão holística da água foi adquirida frente à preocupação com a escassez, a qual evoluiu ao longo de várias Conferências Internacionais, e vem conduzindo os países à implementação de novas políticas, à reformulação de suas legislações e à reestruturação institucional, visando promover, em todo o mundo, o uso racional e a proteção dos recursos hídricos.

O reconhecimento da água como um recurso limitado levou ao surgimento de outros princípios, que dão sustentação à gestão dos recursos hídricos. A descentralização e a participação dos usuários na sua administração, a bacia hidrográfica como unidade de gestão e o valor econômico associado à água, são alguns deles, sobre os quais está fundamentada, hoje, a Política Nacional dos Recursos Hídricos.

Entende-se que neste momento, além de reforçar nossa estrutura institucional, estabelecer critérios de regulamentação do uso dos recursos e promover a conscientização da sociedade em relação ao meio ambiente em geral, urge que se invista, também, no desenvolvimento técnico da gestão e no aprimoramento tecnológico do aproveitamento dos recursos hídricos, visando encontrar soluções para os problemas e conflitos existentes e fortalecer as bases do seu planejamento. Com este propósito foi que se desenvolveu o estudo do caso das bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, cujos resultados, espera-se, venham contribuir para o objetivo maior da manutenção do suprimento de água doce e da preservação de sua qualidade.

## **Das questões técnicas e sócio-econômicas**

O funcionamento do Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos, tanto no nível Estadual, como no Nacional, além de uma Política Pública amparada pelas normas legais e de uma estrutura institucional adequada, requer o conhecimento do recurso e das condições socio-econômicas da região, do Estado ou do País.

A carência de estudos regionais, principalmente no tocante às águas subterrâneas gera um entrave no sistema de gestão na medida em que dificulta a aplicação coerente do instrumento da outorga de direito de uso da água. O órgão responsável pela outorga deve dispor de dados que reflitam a real situação dos recursos hídricos e das demandas, para que possa efetuar o balanço disponibilidade X demanda e com ele dar suporte à outorga.

Assim como no âmbito legal, os Estados encontram-se em diferentes estágios (o que ainda será discutido), também, em termos de estudos e do conhecimento de seus próprios territórios e recursos hídricos. O País apresenta severas diferenças de Estado para Estado. Os recursos hídricos têm de ser inventariados, para que o Sistema de Gerenciamento seja eficiente.

No Estado de São Paulo, tanto numa questão como na outra, o pioneirismo tem sido marcante, inclusive em relação às águas subterrâneas. Todavia, ainda estamos longe do ideal, do desejável ou, pelo menos, do suficiente. No campo do conhecimento, da pesquisa e do desenvolvimento sócio-econômico, jurídico-institucional e tecnológico o ótimo está sempre à frente e deve ser, continuamente, perseguido.

Tecnicamente, os problemas e conflitos encontrados no caso das bacias do Piracicaba, Capivari e Jundiaí, de modo geral, podem ser identificados, também, em outras bacias hidrográficas, ressalvas às peculiaridades naturais e sócio-econômicas de cada uma.

A partir da avaliação dos recursos hídricos das bacias (Capítulo IV, item IV.2) foram identificados os problemas mais graves e preocupantes, ou seja, que devem ser objeto de medidas, diretas ou indiretas, de controle, quais sejam: (1) a poluição e degradação das águas superficiais devido à grande

quantidade de esgotos, principalmente, domésticos e industriais lançados sem tratamento nos corpos d'água; (2) a reversão de vazão, da ordem de 31 m<sup>3</sup>/s, para abastecimento da RMSP, através do Sistema Cantareira; (3) as perdas na rede de distribuição de água tratada e o desperdício; (4) o subaproveitamento das águas subterrâneas; e (5) ordenação do uso e ocupação do solo.

O atual quadro de poluição das bacias é extremamente crítico. Isso é decorrência do forte crescimento urbano e industrial que vem ocorrendo nas últimas décadas. O índice de remoção de carga orgânica das águas servidas (60,9% pelas indústrias e 3,9% pelos municípios) mostram a necessidade iminente de tratamento desses esgotos, principalmente os domésticos.

Já era prevista no Plano de Bacias (94/95), a execução de projetos, serviços e obras para tratamento de esgotos urbanos. Porém, salvo as ações isoladas de alguns municípios, aliás de grande importância, a resolução do problema de forma global nas bacias não está sendo efetiva, ainda, por falta de recursos financeiros.

Entretanto, esses casos isolados merecem destaque. O Município de Piracicaba, por exemplo, concluiu, em 1997, a construção da maior Estação de Tratamento de Esgoto - ETE da região (ETE do ribeirão Piracicamirim), com capacidade para tratar o esgoto urbano, correspondente a uma população de 90 mil pessoas ou cerca de 30% de sua população; e está projetando uma ETE ainda maior, que irá tratar um volume correspondente a 300 mil pessoas, objetivando, com isso, uma capacidade instalada total no município da ordem de 450 mil pessoas, população estimada para meados do século 21 (CBH-PCJ, 1997). A ETE do ribeirão Piracicamirim foi construída pelo Serviço Municipal de Água e Esgoto - SEMAE, em conjunto com a Prefeitura Municipal, com recursos próprios, em sua maioria, e cerca de um terço procedentes do FEHIDRO, evidenciando o funcionamento desse fundo.

Mesmo não contando, ainda, com os recursos da cobrança, que deve ter início, primeiramente, nesta UGRHI a partir do ano 2000, o FEHIDRO já vem financiando, ao menos parcialmente, projetos e obras na região. Outros municípios, que deverão receber recursos do Fundo Estadual para a

construção de suas ETE's são Valinhos, Nova Odessa, Holambra e Campinas.

Todavia, os recursos financeiros não são suficientes para resolver todo o problema referente ao tratamento de esgotos domésticos das bacias. Mesmo com os municípios alocando recursos próprios, buscando financiamentos externos e recebendo parcelas, que ainda são pequenas e parciais do FEHIDRO, somente a cobrança pelo uso da água gerará recursos suficientes para o tratamento de esgotos em todos os municípios das bacias.

Os efluentes industriais, apesar de apresentarem taxa de remoção de quase 61%, também necessitam de campanhas de conscientização. As indústrias devem objetivar o máximo de remoção possível e investir em pesquisa e desenvolvimento tecnológico, visando este objetivo e o reuso da água.

Acredita-se que, a melhora na eficiência do tratamento de esgotos, tanto da indústria quanto dos municípios, será, efetivamente, sentida quando as tarifas pelo uso da água estiverem sendo aplicadas. Isso deverá ocorrer, não só porque esses recursos retornarão às bacias de onde foram arrecadados, mas também, porque, quanto menor o volume de efluentes lançados, menor a intensidade de uso relativo às funções transporte e diluição de efluentes, diminuindo a poluição, e menores, então, serão os valores a serem pagos.

Também, não se pode esquecer dos efluentes gerados pela indústria sucro-alcooleira, setor industrial de presença marcante na região. Seus efluentes representam os maiores índices de carga orgânica potencial, da ordem de 1000 t DBO<sub>5</sub>/dia, correspondendo a quatro vezes o potencial poluidor de todas as outras indústrias, que por dois motivos passam, às vezes, despercebidos: primeiro, porque não há lançamentos, esses efluentes são utilizados na "fertirrigação", processo através do qual são dispostos diretamente no solo; e segundo, porque essa prática é aceita pela CETESB, que afirma ser 100% eficaz ao considerar a carga orgânica remanescente das indústrias de álcool e açúcar igual a zero em seus relatórios.

Esta é uma situação que, no mínimo, requer atenção. Será que a prática da irrigação, que quando realizada sem o devido planejamento e com deficiências técnicas, causa sérios impactos ao solo como o chamado

“waterlogging” (encharcamento) e a salinização, neste caso específico, está sendo feita com o devido controle ? Será que todo o volume de efluentes gerado no processo industrial de produção de açúcar e álcool, coincidentemente, é absorvido e aproveitado pela cana-de-açúcar ?

Um eventual volume excedente, que não tenha sido absorvido, poderá causar contaminação do solo e do lençol freático, ou mesmo escoar para os cursos d’água. Deve-se levar em conta, ainda, a localização dessas indústrias e os outros contaminantes associados a ela - pesticidas e combustíveis.

Uma parte significativa das culturas e das usinas de transformação de cana-de-açúcar encontram-se sobre a área mais vulnerável das bacias, configurada pela Unidade (12) PIRACICABA - Botucatu do Zoneamento proposto no Capítulo IV, Ítem IV.2.4. Nesta área, se dá, a recarga do aquífero Botucatu e, considerando a presença de contaminantes potenciais das águas subterrâneas, pode-se destacar, então, que esta área concentra situações naturais e antrópicas incompatíveis e que, portanto, deve ser priorizada em termos de proteção dos recursos hídricos.

A situação crítica dos recursos hídricos das bacias, levada pela degradação da qualidade das águas, é agravada pela diminuição das disponibilidades de águas superficiais, induzida pelo aumento das demandas, pela reversão de vazão para fora das bacias e pelas perdas e desperdícios de água.

Com relação às demandas, somente um conjunto de ações pode equilibrá-las ou mantê-las sob controle. O planejamento sobre o uso e a ocupação do solo; o cadastramento de usuários; o controle e minimização de perdas; a conscientização da sociedade para que não haja desperdícios; os investimentos em pesquisa científica e tecnológica com vistas à aprimorar as técnicas de irrigação e de reutilização de águas servidas, tanto na indústria, quanto em áreas urbanas e na irrigação, são diretrizes essenciais na gestão dos recursos hídricos voltada para as demandas.

A reversão de vazões é uma prática adotada para resolver o problema da má distribuição geográfica dos recursos hídricos, de ordem natural e do crescimento desenfreado de demandas, de ordem antrópica.

As transferências de águas que ocorrem entre as sub-bacias da UGRHI (Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos) aqui estudada, não tem importância significativa quanto aos volumes transferidos, mas são um dos motivos principais pelos quais as bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí foram consideradas uma única UGRHI.

Por outro lado, a transferência feita da Bacia do Piracicaba para a Região Metropolitana de São Paulo - RMSP, através do Sistema Cantareira é extremamente significativa pelo volume de água transferido, 31 m<sup>3</sup>/s. A Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, onde se situa a RMSP não tem disponibilidade de recursos superficiais com qualidade suficiente para suprir as maiores demandas do País, representadas pelas cidades da Grande São Paulo. Por sua vez, as bacias do Piracicaba, Capivari e Jundiaí, que apresentam demandas globais de águas superficiais da ordem de 33 m<sup>3</sup>/s, praticamente o mesmo volume que é transferido, têm de buscar formas para solucionar seus próprios problemas de água sem interferir no volume transferido, ao contrário, procurando dele tirar proveito.

Quando for implantada a cobrança pelo uso da água no Estado, então, o Sistema Cantareira passará a gerar um retorno financeiro para estas bacias. A cobrança incidirá sobre o volume de água captada, através da chamada "tarifa de água bruta" e os valores pagos pelos usuários de fora serão aplicados dentro das bacias, em obras de regularização de vazões, para compensar o volume exportado; em projetos de uso múltiplo dos reservatórios que compõem o Sistema Cantareira; em obras de despoluição dos rios; promovendo, assim, a racionalização do aproveitamento dos recursos hídricos das bacias.

Um outro fator que afeta sensivelmente a quantidade demandada de água, ou melhor, aumenta o consumo, são as perdas e o desperdício. A minimização de perdas de água constitui ação primordial para aumentar a oferta, bem como o desperdício, que só pode ser evitado através da conscientização da sociedade, mas deve, também, ser combatido através de fiscalização e aplicação de penalidades.

As perdas na rede de água tratada são constatadas através da

diferença entre o volume de água que, após tratado, é distribuído e o volume cobrado com base nos medidores de cada consumidor. Existem duas causas para essas perdas que, comumente, tem altos valores percentuais em relação ao volume total de água distribuída. Uma delas são os vazamentos na rede, que constituem, propriamente, perda de água, muito embora parte deste volume irá contribuir para a recarga dos aquíferos (considerada uma forma de recarga artificial). Outra causa de perda são as ligações clandestinas de água e as fraudes nos medidores de vazão, que constituem um volume consumido mas não medido.

Em vista dos altos índices de perdas nos municípios das bacias - Jundiaí: 33%, Campinas: 36%, Rio Claro: 38%, Piracicaba: 39%, Limeira: 43%, Capivari: 59% (CBH-PCJ, 1994) - fica evidente a necessidade de medidas de minimização de perdas. Para isso, há que se aumentar a eficiência da fiscalização dos serviços de águas municipais e as operações de manutenção na rede de distribuição.

Um outro fator de clandestinidade, que afeta a arrecadação dos serviços municipais de água e esgoto, está relacionado à exploração de água subterrânea através de poços tubulares. No Estado de São Paulo, as águas subterrâneas possuem uma Lei específica, que dispõe sobre sua preservação e disciplina seu uso (Lei 9134/88, regulamentada pelo Decreto-Lei 32.955/91). Mas, mesmo antes da lei, os proprietários de poços tubulares procuravam manter suas obras de captação na clandestinidade, para burlar o pagamento da tarifa referente à coleta e afastamento do esgoto.

O usuário de água subterrânea estabelecido numa cidade qualquer, normalmente, utiliza-se da rede de coleta de esgoto mas paga por isso um valor insignificante e subestimado em relação ao volume de esgoto que lança na rede. Isto ocorre porque a tarifa de esgoto é calculada com base no volume de água consumido. Como esse usuário consome muito pouco ou não consome água da rede de distribuição pública porque possui um poço clandestino, paga a tarifa mínima de água e, conseqüentemente, de esgoto.

Nos poços cadastrados, regulares, geralmente são instalados medidores de vazão para que se conheça ou se estime o volume de esgoto

que será lançado na rede de coleta e a tarifa possa ser aplicada de forma justa. Ocorre que, os serviços de perfuração de um poço tubular podem ser feitos, muitas vezes, sem que o órgão fiscalizador tenha ciência do fato e, depois de construído, torna-se mais difícil, ainda, a localização do poço, que tem dimensões reduzidas. Isto permite que muitos proprietários de poços optem pela clandestinidade, para burlar o pagamento da tarifa de esgoto.

Situações como esta demonstram que a falta de consciência e de respeito ao patrimônio público não é uma característica, apenas, dos mais pobres ou menos instruídos. E o pior é que um poço não cadastrado deixa de contribuir para o conhecimento hidrogeológico local. Por isso, alguns municípios controlam rigorosamente a atividade de perfuração de poços em seus territórios. O município de Americana, por exemplo, determina que os proprietários de poços tubulares instalem torneiras, para que a comunidade tenha acesso à água que eles estão captando, mas que não deixa de ser um bem público.

A água subterrânea representa, pois, uma fonte estratégica que deve ser aproveitada, mas de modo racional como se prega para as águas superficiais e implícito no uso racional de qualquer recurso natural está a sua proteção.

A demanda de água subterrânea nas bacias do Piracicaba, Capivari e Jundiá, de cerca de 2,8 m<sup>3</sup>/s, corresponde a 13% da disponibilidade hídrica dos aquíferos e equivale a 8% de toda a água utilizada nas bacias. Isso evidencia um subaproveitamento dos mananciais subterrâneos da região.

Embora o potencial de água subterrânea seja relativamente baixo e, de certo modo, mal distribuído geograficamente, nota-se pelos valores apresentados que o aproveitamento dessas águas deve ser incentivado.

Assim, procurou-se, ao longo deste trabalho, destacar a importância do uso conjunto das águas superficiais e subterrâneas. Não são todos os municípios que possuem água disponível sob seus territórios, mas muitos deles dispõem desse recurso e não o exploram. Como já foi dito, esse suprimento pode complementar o abastecimento público de água nas cidades.

São várias, as maneiras de efetuar essa complementação, visando à

otimização da oferta de água doce para usos múltiplos: nas periferias das cidades e nas comunidades não servidas ou com deficiência no abastecimento de água tratada; no abastecimento rural, tanto para consumo humano quanto animal e, principalmente, na irrigação e na indústria, que no caso das bacias é o setor que mais se utiliza da água subterrânea.

Nesse contexto, são tarefas necessárias na gestão dos recursos hídricos das bacias: (1) desenvolver estudos hidrogeológicos com o objetivo de incrementar o aproveitamento de águas subterrâneas; (2) incentivar o seu uso na irrigação, atividade que requer grandes volumes de água e, portanto, não deve utilizar-se somente de um único manancial; (3) adotar medidas no sentido de garantir a recarga natural e promover a recarga artificial dos aquíferos, onde se comprove a necessidade de aumentar os estoques ou elevar os níveis de água; (4) garantir a proteção dos aquíferos tendo em vista seu grau de vulnerabilidade; (5) viabilizar a aplicação do Decreto-Lei nº32.955/91, com o objetivo de proteção às obras de captação, pondo em prática os Perímetros de Proteção de Poços pelo menos nas áreas consideradas críticas em relação ao seu potencial de contaminação; (6) desenvolver o planejamento do uso e ocupação do solo e (7) dar plenas condições ao DAEE para efetuar a outorga de direito de uso da água e realizar sua função fiscalizadora.

## **Dos aspectos jurídico-institucionais**

Nas Bacias Hidrográficas do Piracicaba, Capivari e Jundiaí; no Estado de São Paulo; no Brasil; hoje, existe uma Política sobre Recursos Hídricos que está fundamentada nos grandes princípios internacionalmente aceitos para a água. Apesar de alguns pontos polêmicos, que aqui serão discutidos, de modo geral, a Política de Recursos Hídricos brasileira representa um grande avanço na administração desse valioso recurso natural e coloca o País em condições de promover o uso racional da água, e suprir às necessidades de água, em quantidade e qualidade, de sua população.

Entretanto, o êxito na aplicação desta política depende da legislação e da completa institucionalização do Sistema Nacional (e Estaduais) de

Gerenciamento de Recursos Hídricos, por um lado, e da conscientização da sociedade, por outro; e, ainda, deve haver fiscalização, é importante que os órgãos envolvidos com o gerenciamento, principalmente, aqueles responsáveis pela outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos, como DAEE no Estado de São Paulo, tenham recursos financeiros e humanos para realizar, efetivamente, a fiscalização e o controle sobre o uso da água.

Via-de-regra, toda lei é coercitiva. O respeito às leis está relacionado ao nível de conscientização das pessoas, por isso a legislação não deve ter um caráter dogmático, determinando a verdade; mas sim doutrinário, isto é, que pressupõe a compreensão e a assimilação, por parte da sociedade, dos princípios que fundamentam as leis. Daí a necessidade de, além de se ter uma política bem estruturada e uma legislação moderna e eficaz, que a sociedade participe do processo, para que se atinja uma situação de consenso em relação ao uso dos recursos hídricos, paralelamente à necessidade de protegê-los.

A educação ambiental da população, que é um princípio político da Constituição de 88 (Art.25 §1º, VI), deve ser promovida em todos os níveis de ensino, juntamente com a conscientização pública para a preservação do meio ambiente. A Constituição do Estado de São Paulo, também, em suas Disposições Transitórias (Art. 8º, inciso I), determina que a implantação da cobrança pelo uso da água seja feita de forma gradativa, tendo início com a conscientização e educação da sociedade. E isso deve continuar, sempre, nas escolas, nas ruas, enfim, utilizar todos os meios de comunicação para fazer chegar a informação a todos. Uma campanha contínua de conscientização, como pré-requisito para aplicação das penas da lei.

Como parte da educação ambiental, visando ao uso racional da água, tem grande relevância a difusão das informações sobre a situação dos recursos hídricos. Neste sentido, tanto a Lei nº 9.433, de 08/01/97, que institui a Política Nacional, como a Lei nº 7.663, de 30/12/91, que institui a Política Estadual de Recursos Hídricos, inserem como instrumento destas políticas o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos e dentre os princípios básicos para seu funcionamento consta que o acesso aos dados e

informações deve ser garantido à toda a sociedade. Neste trabalho, especificamente, as informações disponibilizadas através dos Relatórios de Situação dos Recursos Hídricos das bacias estudadas foram de grande valia.

Contudo, o Sistema de Informações deve ser, permanentemente, atualizado, através do monitoramento sistemático dos recursos hídricos, e melhorado, com o incremento de novos estudos e da pesquisa científica, para que possa subsidiar, continuamente, o planejamento e a gestão dos recursos hídricos.

Ainda com relação à Lei 9433/97, alguns pontos polêmicos merecem ser discutidos. O primeiro deles refere-se à descentralização na gestão dos recursos hídricos, que está prevista na Constituição Federal, no § único do Art.22 e nos Art.23 e 24, e representa um princípio básico da Lei. O Art. 34, que dispõe sobre a composição do Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH, aparentemente, compromete esse princípio ao determinar que o número de representantes do Poder Executivo Federal não poderá exceder à metade mais um do total dos membros do CNRH, o que permite que o Poder executivo tenha a maioria absoluta, embora esse número possa ser menor. O CNRH, então, não possuirá composição tripartite, como é o caso, por exemplo, do Conselho Estadual de Recursos Hídricos em São Paulo, e a Lei não esclarece qual será a representação dos outros segmentos: Estados, Usuários e Organizações Cívicas.

Entretanto, considerando que (Art.35 da Lei 9433/97): *“Compete ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos:*

*I - promover a articulação do planejamento de recursos hídricos com os planejamentos nacional, regional, estaduais e dos setores usuários;*

*II - arbitrar, em última instância administrativa, os conflitos existentes entre Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos; (...)*

O Conselho, para ter condições de executar seu papel de articular as interações do planejamento em nível nacional e arbitrar os conflitos existentes entre os Estados, deverá ter representação majoritária da União.

Outro aspecto, extremamente importante, que causou preocupação e mobilização dos envolvidos com a gestão dos recursos hídricos, inclusive do

CBH-PCJ e do Consórcio Intermunicipal das Bacias dos rios Piracicaba e Capivari, foi a cobrança pelo uso da água.

O Projeto de Lei da Câmara - PLC nº70/96, do qual resultou a Lei 9433/97, previa que os recursos gerados pela cobrança, quando esta se referir a rios de domínio Federal, iriam constar do Orçamento Geral da União (Art.23), conseqüentemente, a liberação desses recursos para as regiões onde fossem arrecadados dependeriam de uma decisão no âmbito federal. Ora, seria mais uma demonstração de centralização administrativa, não tivesse esse artigo sido vetado. Prevaleceu, então, o Art. 22, que estabelece que os valores arrecadados serão aplicados, prioritariamente, na bacia hidrográfica onde foram gerados.

Mesmo assim, a Lei não esclarece qual será a instituição financeira que será responsável pela administração dos recursos. Apenas prevê que as Agências de Água - denominação utilizada para representar Agências de Bacia - as quais deverão efetuar a cobrança, mediante delegação do outorgante (Poder Executivo Federal), deverão, também, acompanhar a administração financeira dos recursos arrecadados.

Com relação à água subterrânea, pouca referência é feita na "Lei das Águas". O fato é que a comunidade da água subterrânea esperava que fosse aprovada uma lei específica em nível nacional. A Associação Brasileira de Águas Subterrâneas - ABAS, em 1986, encaminhou ao Congresso Nacional uma Proposta de Lei Federal sobre águas subterrâneas que, após dez anos de tramitação e muita discussão, acabou sendo arquivada. Por essa ocasião o atual governo criava o Ministério do Meio Ambiente, Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, deixando-o responsável tanto pelas águas superficiais como pelas subterrâneas.

O secretário de Recursos Hídricos do referido ministério, Paulo Afonso Romano, em entrevista ao "ABAS Informa" (Boletim Informativo da ABAS, 1997) argumenta que, sendo a água uma substância que flui por diferentes meios físicos (solo, superfície e atmosfera), sua gestão deve ser integrada, visando ao gerenciamento em qualquer fase em que ela se encontre. Entretanto, admite a possibilidade de que na regulamentação da lei 9433,

inclua-se um capítulo sobre as águas subterrâneas, “contemplando esse segmento com uma legislação enxuta e abrangente ao mesmo tempo”.

A Constituição Federal de 1988 colocou as águas subterrâneas sob domínio dos Estados (Art.26) e assegurou, a estes, o direito de legislar sobre elas. Mas, não previu que, muitas vezes, os aquíferos extrapolam as fronteiras dos Estados. Entende-se pois que, se dois ou mais Estados necessitam utilizar-se de um mesmo manancial para suprir suas demandas, caberia, então, à União promover a articulação entre eles, visando à racionalização do uso e a proteção da qualidade e da quantidade do recurso; um dispositivo federal poderia resolver eventuais impasses.

Esta é uma situação de conflito, principalmente nas áreas limítrofes dos Estados, onde ocorra a exploração de água subterrânea. Se o instrumento da outorga dos direitos de uso da água subterrânea não for utilizado por âmbos os Estados ou seus critérios não forem coerentes entre si, existirá conflito pelo uso dessas águas.

Havendo conflitos, a proteção dos aquíferos pode ficar comprometida. As áreas de recarga, eventualmente, podem situar-se num Estado apenas. Os outros Estados que exploram o aquífero, dependem das medidas de proteção tomadas por este, que por sua vez, se não conta com uma disponibilidade mínima dessa água em seu território, poderá não dar a devida atenção ou ficar omissos quanto à sua proteção.

Nesse ponto, correta a afirmação do Secretário de Recursos Hídricos, para quem a água têm que ser administrada integradamente, sem dissociação de qualquer uma das fases do ciclo hidrológico, assim como, sem dissociação dos aspectos quantidade e qualidade. Porém, casos como esse confirmam a necessidade da regulamentação condicionada a um detalhamento que contemple as especificidades inerentes a cada uma dessas fases ou aspectos.

O Estado de São Paulo, em 1988, instituiu sua Lei de Águas Subterrâneas, que foi regulamentada, em 1991, pelo Decreto-Lei nº32.955, cumprindo sua tarefa de legislar sobre as águas de seu domínio; e já possui Norma, aprovada pela Portaria do DAEE, nº187/96, que disciplina e define critérios de outorga dos direitos de uso da água, considerando, com base na

Política de Recursos Hídricos, as águas superficiais e as subterrâneas conjuntamente.

O “Código de Águas Minerais “ (Decreto-Lei nº7.841, de 8/8/45) traz, indiretamente, uma outra situação de conflito em relação às águas subterrâneas, ou mais especificamente às “potáveis de mesa”. Segundo seu Art.4º, o aproveitamento comercial dessas águas, assim como das minerais, é feito sob regime de autorizações sucessivas, de pesquisa e lavra, instituído pelo “Código de Minas”.

A diferença entre as águas “de mesa” e as minerais, como já foi visto, é que as primeiras não possuem nenhuma ação medicamentosa, apenas devem cumprir os padrões de potabilidade para a região.

O que distingue a água “de mesa”, dentro do universo das águas subterrâneas é o fato de que esta é captada para ser comercializada. Por isso, seu aproveitamento é disciplinado juntamente com as minerais, pelo “Código de Águas Minerais”.

Sabe-se que existem muitos poços tubulares, cujos proprietários comercializam, em caminhões-pipa, a água que produzem. Porém, esta é uma operação irregular, porque, normalmente, o aproveitamento dessas águas não é feito pela via, legalmente, correta, ou seja, por autorizações concedidas pelo DNPM - Departamento Nacional da Produção Mineral. Portanto, são operações de comércio de água subterrânea, e não de mesa. Também, muitos desses poços não são encontrados nos cadastros do DAEE; então, mesmo como água subterrânea, o aproveitamento está irregular.

Neste contexto, o que se poderia sugerir é que as águas potáveis de mesa, que são subterrâneas e portanto de domínio do Estado, tenham o seu aproveitamento condicionado ao regime de outorga executado pelo órgão competente do Estado - DAEE.

Desse modo, a questão da comercialização dessas águas ficaria regularizada e controlada, uma vez que ela só se daria nos locais onde houvesse disponibilidade. O sistema de outorga tem que ser utilizado com a

intensão de promover o uso racional dos recursos hídricos; o comércio deve estar num segundo plano, em relação ao abastecimento de água.

Com respeito a uma utilização da água *in situ*, representada pelo aproveitamento hidrelétrico, a Lei 9433/97 apenas alterou os percentuais da compensação financeira aos Estados, Distrito Federal e Municípios, dele provenientes. Pelo Art.20 da Constituição Federal, "os potenciais de energia hidráulica" figuram entre os bens da União (inciso VIII). A compensação financeira pela exploração desses potenciais nos respectivos territórios fica assegurada no §1º e foi regulamentada pelas Leis 7990/89 e 8001/90.

Os reservatórios construídos para geração de energia elétrica, normalmente, cobrem grandes extensões de terra. Essas terras, que muitas vezes são agricultáveis, após a implantação do reservatório, têm restringidas as suas funções de uso.

Os municípios são, pois, os maiores prejudicados, porque são atingidos, diretamente, pelos impactos ambientais e sócio-econômicos resultantes dessa exploração. Além da compensação financeira deve-se fazer valer o Art. 143 do "Código de Águas" (ver item II.1.3), promovendo a utilização múltipla desses reservatórios em benefício dos Municípios e das comunidades locais.

Os municípios estão se organizando cada vez mais. Na área objeto de estudo deste trabalho, está sendo instituída a Região Metropolitana de Campinas. Este fato faz surgir algumas questões sobre o futuro do CBH-PCJ e, principalmente, do Consórcio Intermunicipal das bacias dos rios Piracicaba e Capivari.

Poderá existir uma tendência ao corporativismo entre os municípios integrantes da Região Metropolitana de Campinas, mas no atual estágio em que se encontram a Política e o Sistema Estadual de Recursos Hídricos, a gestão desses recursos nas bacias não deverá ser prejudicada, ao contrário, deve-se fazer prevalecer o espírito participativo, a descentralização em prol do desenvolvimento da região como um todo.

O modelo de gestão de recursos hídricos, em prática, hoje, no Brasil, teve grande influência da experiência de outros países. O sistema de Gerenciamento do Estado de São Paulo e o Sistema Nacional de

Gerenciamento de Recursos Hídricos apresentam muitas similaridades em relação ao modelo Francês. A cooperação técnica da França tem sido muito importante na adequação desse modelo no Brasil.

Deve-se ressaltar, também, os exemplos da Alemanha, que através de suas "Associações de usuários" introduziu, já no início deste século, o princípio do poluidor-pagador como instrumento de gestão; e da Espanha, país com ampla visão e experiência na utilização conjunta de águas superficiais e subterrâneas.

Esses países, e outros não mencionados neste trabalho, têm contribuído para o desenvolvimento da gestão dos recursos hídricos e, a eles, soma-se, agora, o Brasil, que há dez anos iniciou a reformulação de sua legislação, marcada pela promulgação da Constituição Federal de 1988, e que hoje, contando com uma Política Nacional de Recursos Hídricos, está mais capacitado para enfrentar o desafio de assegurar o abastecimento de água a toda a sua população e às suas gerações futuras.

## Referências bibliográficas

- ASSIS, R.B. Gerenciamento das Bacias Hidrográficas: Descentralização *In*: Sâmia Maria Tauk-Tornisielo et al (org.), **Análise Ambiental: estratégias e ações**. Rio Claro: Centro de Estudos Ambientais-UNESP, 1995. p.122-129.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, São Paulo, **Colêanea da Legislação e Regulamentação sobre o Uso e Preservação das Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo**, São Paulo, DAEE, 1992. 66p.
- \_\_\_\_\_. **ABAS informa**, São Paulo, ago/set. 1997, n72. (Boletim Informativo)
- ALBRECHT, D. R. Gerenciamento dos Recursos Hídricos na Bacia do Rio Ruhr. *In*: SEMANA DE DEBATES DE RECURSOS HÍDRICOS E MEIO AMBIENTE. Piracicaba: DAEE/FUNDAP, 1992, p.107-117.
- BARTH, F.T. *et al*. Fundamentos para Gestão de Recursos Hídricos. *In*: Barth, F.T. (ed.), **Modelos para Gerenciamento de Recursos Hídricos**. São Paulo: Nobel: ABRH, 1987. p.1-86.
- BENETTI, A. & BIDONE, F. O Meio Ambiente e os Recursos Hídricos. *In*: Tucci, C.E.M. (ed.), **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. Porto Alegre: Ed. da Universidade: ABRH:EDUSP, 1993. p.849-870.
- BENEVIDES, V.F.S. & COIMBRA, R.M. Gerenciamento de Recursos Hídricos. **A Água em Revista**, Belo Horizonte:M.G.,1, 14-17, Nov. 1993.
- BENEVIDES, V.F.S.; COIMBRA, R.M.; ROCHA, C.L. Gerenciamento de Recursos Hídricos - Uma Abordagem para o Mercosul. **A Água em Revista**, Belo Horizonte:M.G, 5, 4-10, Out. 1995.

BODELÓN, F.F. **Aguas Continentales Y Medio Ambiente: Derecho Hidraulico Español y Comunitario**. Madrid:Espanha: Editorial: MAPFRE, 1988. 1356p.

BRASIL. Decreto nº24643, 10 jul. 1934. Código de Águas.

\_\_\_\_\_. Decreto-Lei nº7841, 8 ago. 1945. Código de Águas Minerais.

\_\_\_\_\_. Congresso Nacional. Constituição da República Federativa do Brasil. 5 out. 1988.

BURAS, N. El Futuro de la Gestion de los Recursos Hidricos. *In*: Macet, E. C. & Herranz, A.S. (eds.), **El agua en la Comunidad Valenciana**. Valencia (España): Universidad Politecnica de Valencia: Publicaciones de la Generalitat Valenciana, 1990. p.19-39.

CAMPOS, J.N.B. & VIEIRA, V. P.P.B. Gerenciamento dos Recursos Hídricos: A Problemática do Nordeste. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, vol. 27, 2, 83-91, Abr/Jun 1993.

CBH-PCJ Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, **Relatório da Situação dos Recursos Hídricos de 1993**. São Paulo, DAEE, 1994. (minuta)

\_\_\_\_\_. **Relatório da Situação dos Recursos Hídricos de 1994**. São Paulo, DAEE, 1995. 89p

\_\_\_\_\_. **Relatório da Situação dos Recursos Hídricos de 1995**. São Paulo, DAEE, 1996a. 63p

\_\_\_\_\_. **Implantação, Resultados e Perspectivas**. Campinas: Arte Brasil, 1996b. 71p

\_\_\_\_\_. **Comitê das Águas**, Piracicaba, nov. 1997, nº6. (Informativo)

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Controle da Poluição Ambiental na bacia do rio Capivari**. São Paulo: CETESB, 1991a. (Relatório)

\_\_\_\_\_. **Controle da Poluição Ambiental na bacia do rio Jundiá**. São Paulo: CETESB, 1991b. (Relatório)

\_\_\_\_\_. **Controle da Poluição Ambiental na bacia do rio Piracicaba**. São Paulo: CETESB, 1991c. (Relatório)

\_\_\_\_\_. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo 1995**. São Paulo: CETESB, 1996. 286p.

CONEJO, J.G.L. A Outorga de Usos da Água como Instrumentos de Gerenciamento dos Recursos Hídricos. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, vol.27, 2, 28-62, Abr/Jun 1993.

CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1992, Rio de Janeiro. **Agênda 21**. 2 ed. Brasília: Senado Federal, 1997. 598p.

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. (ed.). Hidrologia - Panorama Global e a Ação da CPRM. **A Água em Revista**, Belo Horizonte: MG, 1, 4-13, nov.1993.

DAEE. Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Estudo de Águas Subterrâneas**. Região Administrativa 5 - Campinas. São Paulo: DAEE, 1981. 2v.

\_\_\_\_\_. Regionalização Hidrológica no Estado de São Paulo. **Águas e Energia Elétrica**, São Paulo, DAEE, ano 5,14,1988a. p.4-10.

\_\_\_\_\_. Água Subterrânea - Reserva Estratégica. **Águas e Energia Elétrica**, São Paulo, DAEE, ano 5,14,1988b. p.14-24.

- EL-ASHRY, M.T. Water Resources Management for the Next Century. **Interciencia**, vol19, 3, 117-119, 1994.
- FANO, E.; BREWSTER, M.; THOMPSON, T. Managing Water Quality in Developing Countries. **Natural Resources Forum**, United Nations, N.Y.:USA, vol.10, 1, 77-87, 1986.
- FERRER, R. La Gestión Integrada de las Águas Superficiales Y Subterráneas del Rio Llobregat. **Anais do Congresso Brasileiro de Água Subterrânea**, Recife:PE, 529-539, Dez 1994.
- FREEZE, A.L. & CHERRY, A.J. **Groundwater**. Englewood Cliffs,N.J.:Prentice-Hall, 1979. 588p.
- GRANZIERA, M.L.M. **Direito de Águas e Meio Ambiente**. São Paulo: Ícone, 1993. 135p.
- HIRATA, R. C. A. Os Recursos Hídricos Subterráneos e as novas exigências ambientais. *In: Poluição em Águas Subterráneas*. São Paulo: DAEE, FCTH, USP, 1993. (Apostila)
- IPT. Instituto de Pesquisa Tecnológica. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: IPT, 1981a. Esc. 1:1.000.000
- \_\_\_\_\_. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: IPT, 1981b. Esc. 1:500.000
- LANNA, A.E. Gestão de Recursos Hídricos. *In: Tucci, C.E.M. (ed.), Hidrologia: Ciência e Aplicação*. Porto Alegre: Ed. da Universidade: ABRH:EDUSP, 1993. p.727-764.
- LANNA, A.E. & DORFMAN, R. Sistemas de Gerenciamento dos Recursos Hídricos: Críticas a Algumas Propostas. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, vol.27, 2, 63-73, Abr/Jun 1993.
- LEINZ, V. **Geologia Geral**. São Paulo: Ed. Nacional, 1980. 397p.

- LOPES, M.F.C. **Condições de Ocorrência de Água Subterrâneas nas Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari**. Campinas: UNICAMP, 1994. 83 p  
Dissertação (Mestrado) Faculdade de Engenharia Civil Universidade Estadual de Campinas, 1995.
- MACHADO, P.A.L. **Estudos de Direito Ambiental**. São Paulo: Malheiros Editores, 1994.
- MARQUES, P.P. Programa de Qualidade de Águas. **A Água em Revista**, Belo Horizonte:MG,1, 35-42, out , 1994.
- MONTICELI, J.J. & MARTINS, J.P.S. **A Luta pela Água - Nas Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari**. Capivari- São Paulo: EME, 1993. 126pp.
- NEGRI, B. Urbanização e Demanda de Recursos Hídricos na bacia do rio Piracicaba, SP. *In*: SEMANA DE DEBATES DE RECURSOS HÍDRICOS E MEIO AMBIENTE. Piracicaba: DAEE/FUNDAP, 1992, p.27-37.
- ORLÓCI, I. & SZESZTAY, K. Assesment of Water Resources Supply and Demand. **Natural Resources Forum**, United Nations, N.Y.:USA,vol. 6, 4, 362-367, 1982.
- POMPEU, C.T. **Regime Jurídico da Polícia das Águas Públicas: Política da Qualidade**. São Paulo: CETESB, 1976. 150p.
- \_\_\_\_\_. Águas e Constituinte. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, 29 jul. 1988. Tribunais, p.31.
- PRÓ-MINÉRIO. Programa de Desenvolvimento de Recursos Minerais. **Subsídios para aperfeiçoamento da legislação relacionada à mineração e ao meio ambiente: cadastro de legislação ambiental**. São Paulo: IPT, 1987. 283p.

REBOUÇAS, A.C. Gestão Sustentável dos Grandes Aquíferos. **Anais do Congresso Brasileiro de Água Subterrânea**, Recife:PE, 131-139, Dez 1994.

ROCHA, A.A. A Problemática da Água. *In*: Leite, J.L. (org.), **Problemas-Chave do Meio Ambiente**. Salvador: Instituto de Geociências da UFBA: Espaço Cultural EXPOGEO, 1993. p.91-114.

SÃO PAULO. Secretaria de Estado do Governo. Constituição do Estado de São Paulo. 5 out. 1989.

\_\_\_\_\_. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. **Plano Estadual de Recursos Hídricos: primeiro plano do Estado de São Paulo**. São Paulo, DAEE, 1990. 140p.

\_\_\_\_\_. Secretaria do Meio Ambiente. **Estabelecimento de metas ambientais e reenquadramento dos corpos d'água: Bacia do Rio Piracicaba**. Secretaria do Meio Ambiente. São Paulo: A secretaria, 1994. 81p.

SENADO FEDERAL. Gabinete do Senador Bernardo Cabral. **Caderno Legislativo nº002/1997: Legislação Estadual de Recursos Hídricos**. Brasília: Senado Federal, 1997. v.1.

TIEN DUC, N. O Princípio Francês de Gestão das Águas e a Experiência da Agência de Águas Sena-Normandia. *In*: SEMANA DE DEBATES DE RECURSOS HÍDRICOS E MEIO AMBIENTE. Piracicaba: DAEE/FUNDAP, 1992, p.41-48.

YASSUDA, E.R. Gestão de Recursos Hídricos: Fundamentos e aspectos institucionais. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, vol. 27, 2, 5-18, Abr/Jun 1993.

**Anexos**

---

## Anexo 1 - LEGISLAÇÃO FEDERAL

Abreviaturas utilizadas:

Diplomas legais:

D : Decreto  
DL : Decreto-lei  
Dleg : Decreto legislativo  
L : Lei  
Port. : Portaria  
Res. : Resolução

Órgãos expedidores dos diplomas legais:

CONAMA : Conselho Nacional do Meio Ambiente  
DNAEE : Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica  
DNPM : Departamento Nacional de Produção Mineral  
MINTER : Ministério do Interior  
MME : Ministério das Minas e Energia  
SEMA : Secretaria Especial do Meio Ambiente

Diploma N°.	Data	Diário Oficial	Assunto	Observação
D-24643	10/07/1934	20/07/1934	Código das Águas	Modificação DL-852/38 Ver: D-62529/68
DL-794	19/10/1938	21/10/1938	Código de Pesca (antigo)	Revogação: DL-221/67
DL-852	11/11/1938	12/11/1938	Modifica o Código das Águas (D-24643/34)	
DL-2848	07/12/1940	31/12/1940 03/01/1941	Código Penal	Art. 271 Ver: DL-1004/69 L-6578/78, Alteração: L-7209/84
DL-7841	08/08/1945	20/08/1945	Código das Águas Minerais	Alteração: L-6726/79
L-2312	03/09/1954	09/09/1954	Código Nacional da Saúde	Regulamentação D-49974-A/61
L-3824	23/11/1960	24/11/1960	Limpeza de reservatórios artificiais de água: lagos, represas, bacias hidrográficas	
D-49974-A	21/01/1961	28/01/1961	Regulamenta a L-2312/54 (Código Nacional de Saúde)	
D-50877	29/06/1961	29/06/1961	Lançamento de resíduos tóxicos ou oleosos em águas interiores ou litorâneas	
D-58256	26/04/1966	29/04/1966	Tratado de prescrição das experiências com armas nucleares na atmosfera, espaço cósmico e sob a água	
DL-221	28/02/1967	28/02/1967	Código de Pesca	Alterações: L-5438/68, L-6276/75 e L-6631/79
L-5318	26/09/1967	27/09/1967	Política Nacional de Saneamento e Conselho Nacional de Saneamento	
L-5357	17/11/1967	20/11/1967	Penalidades para embarcações que lançarem detritos ou óleo nas águas	
D-62529	16/04/1968	18/04/1968	Comissão para rever Código das Águas	
L-5438	20/05/1968	21/05/1968	Altera Art.4° do DL-221/67 (Código de Pesca)	
D-63164	26/08/1968	26/08/1968	Exploração e pesquisa na plataforma submarina, águas do mar territorial e interiores	Ver: D-62837/68 DL-1098/70
Dleg.-45	15/10/1968	16/10/1968	Convênções sobre o Direito do Mar	
DL-1004	21/10/1969	21/10/1969	Código Penal (revoga DL-2848/40)	Alt.: L-6016/73 Rev.: L-6578/78
Port. DNPM - 117	17/07/1972	24/07/1972	Instruções sobre estudos de pesquisa de fontes de águas minerais ou potáveis de mesa	
L-6016	31/12/1973		Modifica o Código Penal (DL-1004/69)	Rev.: L-6578/78
L-6050	24/05/1974	27/05/1974	Fluoretação de águas em sistema de abastecimento	Regulamentação : D-76872/75

Fonte : PRÓ-MINÉRIO (1987) atualizado

**Anexo 1 - LEGISLAÇÃO FEDERAL (continuação)**

Diploma N°.	Data	Diário Oficial	Assunto	Observação
Port. SEMA-01	09/12/1974	20/12/1974	Normas e critérios para exame e classificação de águas de recreação balneária	
Port. SEMA-03	11/04/1975	24/04/1975	Limites de concentração de mercúrio em águas	
D-76872	22/12/1975	23/12/1975	Regulamento da L-6050/74 (Fluoretação de águas em sistemas de abastecimento)	
Port. MINTER-0013	15/01/1976	23/01/1976	Classificação das águas interiores do Território Nacional	Ver: Port. SEMA-029/80, Port. MINTER-086/81
D-79367	09/03/1977	10/03/1977	Normas e padrões de potabilidade de água	Ver: Port. BSB/MS-56/77
Port. BSB/MS-56	14/03/1977	22/03/1977	Aprova normas e padrões de potabilidade de água	Ver: D-79367/77
Port. Interminist.-1	23/01/1978	26/01/1978	Recomenda a classificação e o enquadramento de águas federais e estaduais para efeito de seu controle	
Port. MME/MINTER-090	29/03/1978	12/06/1978	Comitê Especial de Classificação dos cursos d'água da União	Ver: Port. MME/MINTER-003/79 complementada c/ Port. MME/MINTER-160/82
L-6578	11/10/1978		Revoga DL-1004/69, L-6016/73(Código Penal)	Ver: DL-2848/40
Port. MME-1832	17/11/1978	23/11/1978	Autorização para derivação de águas públicas federais para aplicações da indústria e da higiene	Ver: Port. SEMA 02/79 e Port. DNAEE 99/79
Port. MIN-TER-323	29/11/1978	04/12/1978	Lançamento de vinhoto em coleções hídricas por destilarias	Ver: Port. MINTER 0158/80
Port. MME/MINTER03	12/03/1979	27/03/1979	Regimento int. Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas -CEEIBH	Ver: Port. MME/MINTER 599/82
L-6726	21/11/1979	22/11/1979	Modifica Art.27 do Código das Águas Minerais	
Port. MIN-TER-124	20/08/1980	25/08/1980	Normas para prevenção de acidentes de poluição de rios	
Port. MIN-TER-086	04/06/1981	15/06/1981	Enquadra em classes os cursos d'água da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul	
L-6938	31/08/1981	02/09/1981	Política Nacional do Meio Ambiente	Reg. D-88351/83 Alt. D-89532/84
Port. MME/MINTER-599	20/04/1982		Aprova Regimento Interno do CEEIRH (Port. MME/MINTER-003/79)	
Parecer CGR P022-(MINTER)	25/08/1982		Rios que desaguam no oceano como sendo bem do Estado ou Território	
Port. MIN-TER-157	26/10/1982	29/10/1982	Efluentes líquidos de atividades industriais Rio Paraíba do Sul (D-87651/82)	
Port. MME-233	09/03/1983	14/03/1983	Explicita e agrupa incumbências legais do DNAEE	
D-88351	01/06/1983	03/06/1983	Regulamento da L-6938/81 (Política Nacional do Meio Ambiente) e L-6902/81 (Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental)	Alt.: D-89532/84, D-91305/85, D-93630/86

Fonte : PRÓ-MINÉRIO (1987) atualizado

**Anexo 1 - LEGISLAÇÃO FEDERAL (continuação)**

Diploma N°.	Data	Diário Oficial	Assunto	Observação
Res. CONAMA-003	05/06/1984		Estudos para proposta de reformulação da Port. MINTER-0013/76 (Classificação das águas interiores do Território Nacional)	Ver: Res. CONAMA-020/86
Res. CONAMA-002	05/03/1985		Determina que se comunique a todos os órgãos afins, que os projetos de construção de barragens deverão ser objetos de licenciamento pelos órgãos estaduais competentes, por tratar-se de atividade potencialmente poluidora	
Res. CONAMA-013	18/03/1986	02/05/1986	Cria Comissão Especial para propor a reformulação da Port. MINTER-0013/76 (Classificação das águas interiores do Território Nac.	Ver: Res. CONAMA-003/84
Res. CONAMA-020	18/06/1986	30/07/1986	Classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional	
D-92931	16/07/1986	17/07/1986	Promulga o Acordo de Cooperação Amazônica entre a República Federativa do Brasil e a República Cooperativista da Guiana	
Res. CONAMA-023	18/09/1986	06/11/1986	Requisição, junto a Centrais Elétricas Brasileiras S/A Eletrobrás, desta às Empresas do Sistema Elétrico, de informações técnicas no que concerne aos estudos das alternativas e possíveis conseqüências ambientais dos projetos de construção de hidrelét.	
Res. CONAMA-026	03/12/1986		Cria Câmaras Técnicas de Recursos Hídricos, de Poluição Industrial, de Mineração, Flora e Fauna e Agrotóxicos	
L-7.990	28/12/1989		Institui, para os Estados, Distrito Federal e Municípios, compensação financeira pelo resultado da exploração de petróleo ou gás natural, de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica, de recursos minerais em seus respectivos territórios, plataforma continental, mar territorial ou zona econômica exclusiva e dá outras providências	
L-8.001	13/03/1990		Define os percentuais da distribuição da compensação financeira de que trata a L-7.990	Reg. L-7.990
L-9.433	08/01/1997		Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.	Reg: inciso XIX Art 21 C.F. Alt. L-8.001

Fonte : PRÓ-MINÉRIO (1987) atualizado

**Anexo 2 - LEGISLAÇÃO ESTADUAL - SP**

Abreviaturas utilizadas:

Diplomas legais:

D : Decreto  
DL : Decreto-lei  
Delib.: Deliberação  
L : Lei  
Port. : Portaria  
Res. : Resolução

Órgãos expedidores dos diplomas legais:

CECPA: Conselho Estadual de Controle da Poluição das Águas  
CETESB: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental  
DAEE: Departamento de Águas e Energia Elétrica  
SMA: Secretaria do Meio Ambiente

**Anexo 2 - LEGISLAÇÃO ESTADUAL - SP (continuação)**

Diploma N°.	Data	Diário Oficial	Assunto	Observação
L-2182	23/07/1953	25/07/1953	Criação do Conselho Estadual de Controle da Poluição das Águas - CECPA	Alt.: L-3068/55; Reg.: D-24806/55; Ver: D-50592/68; Rev.: DL-195-A/70, D-52490/70
L-3068	14/07/1955	16/07/1955	Nova redação aos Arts. 1° e 4° da L-2182/53 (Conselho Estadual de Controle de Poluição das Águas - CECPA)	Reg.: D-24806/55 Rev.: DL-195A/70 D-52490/70
D-24806	25/07/1955	26/07/1955	Regulamenta as L-2182/53 e L-3068/55	Ver: D-50592/68
Port. CECPA-08	15/02/1956		Classificação das águas interiores do Estado	
D-45231	16/09/1965	17/09/1965	Normas para lançamentos residuários em água	
DL-195-A	19/02/1970	20/02/1970	Proteção dos recursos hídricos do Estado	Ver: D-52490/70
DL-211	30/03/1970	31/03/1970	Normas da Secretaria da Saúde	Ver: D-12342/78, D-52450/70, D-12486/78
D-52490	14/07/1970	16/07/1970	Proteção dos recursos hídricos do Estado	Ver: DL-195A/70
D-52706	11/03/1971	12/03/1971	Enquadramento dos corpos de águas receptores	
L-898	18/12/1975	19/12/1975	Uso do solo para proteção de mananciais na Região Metropolitana da Grande São Paulo	Ver: L-1172/76, D-12219/78, D-9714/77, Res. SNM-02/78 Alt.: L-2177/79, L-3286/82, L-3746/83
L-1380	06/09/1977	07/09/1977	Controle da potabilidade da água	
D-10330	13/09/1977	14/09/1977	Atuação de órgãos estaduais na fluoretação de águas	
D-10755	22/11/1977	23/11/1977	Enquadramento dos corpos d'água D-8468/76 (Regulamento da L-997/76 - Controle de poluição do meio ambiente)	Ver: D-11213/78, Delib. CETESB-01/78, D-24839/86
Delib. CETESB-01	28/04/1978	01/07/1978	Atividade industrial em bacias de drenagem enquadradas	Ver: L-1172/76
D-22032	22/03/1984	23/03/1984	Altera o D-8468/76: Fontes de poluição, licen- ciamentos etc. (Controle de poluição do meio ambiente)	Ver: L-997/76
L-5005	14/04/1986		Institui o Sistema de Conservação do Solo e Água no Estado de São Paulo	
L-6134 *	02/06/1988		Dispõe sobre a preservação dos depósitos naturais de águas subterrâneas do Estado SP	
D-32955 *	07/02/1991		Regulamenta a L-6134/88	
Port. DAEE-12 *	14/03/1991		Normas para emissão de "Licença de Execução" e da "Licença de Operação" de poços tubulares profundos e da outorga para exploração das águas subterrâneas	
L-7.663	30/12/1991		Institui a Política Estadual de Recursos Híd. e cria o Sistema Est. de Gerenciamento de Rec. Híd. e o Conselho Estadual de R. H.	
Port. DAEE-187*	16/05/1996	17/05/1996	Aprova Norma que disciplina o uso dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos do Estado de São Paulo.	

Fonte : PRÓ-MINÉRIO (1987) atualizado - \* ABAS (1992)