

# RECURSOS HÍDRICOS

CONCEITOS BÁSICOS E FUNDAMENTAIS

RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL

RECURSOS HÍDRICOS NO ESTADO DE SÃO PAULO

DESENVOLVIMENTO INSTITUCIONAL NO ESTADO DE SÃO PAULO

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FLAVIO TERRA BARTH

WANDA ESPÍRITO SANTO BARBOSA

SÃO PAULO, 28 DE JUNHO DE 1999

# Conceitos Básicos e Fundamentos

## ÁGUA E RECURSOS HÍDRICOS

A água é um mineral presente em toda a Natureza, nos estados sólido, líquido e gasoso. É um recurso natural peculiar, pois se renova pelos processos físicos do ciclo hidrológico em que a Terra se comporta como um gigantesco destilador, pela ação do calor do Sol e das forças da gravidade. É, ainda, parte integrante dos seres vivos, e essencial à vida.

Um atributo notável da água é ser bem de múltiplos usos, destinando-se aos mais diversos fins, como abastecimento público, geração de energia elétrica, navegação, dessedentação de animais, suprimento industrial, crescimento de culturas agrícolas, conservação da flora e da fauna, recreação e lazer. Além disso, recebe, dilui e transporta esgotos domésticos, efluentes industriais e resíduos das atividades rurais e urbanas. Na maioria das vezes consegue assimilar esses despejos, regenerando-se pelo emprego de processos físicos, químicos e biológicos. No entanto, e com muita frequência, verifica-se a concentração de populações humanas, de indústrias, de atividades agrícolas e socioeconômicas fazendo uso excessivo da capacidade hídrica das bacias, de regiões hidrográficas e dos aquíferos subterrâneos. Sob essas condições, a água passa a ser escassa, o que leva à geração de conflitos entre seus diversos tipos de usos e usuários. Nas regiões semi-áridas a escassez resulta das baixas disponibilidades hídricas e das irregularidades climáticas. Já nas regiões úmidas, e devido à sua contaminação, a água se torna indisponível para os usos mais exigentes quanto aos padrões de qualidade, dando origem também à escassez.

Outro aspecto fundamental da água é o desequilíbrio provocado pelos eventos hidrológicos extremos, como as secas e as inundações. As secas trazem enormes problemas à imensa população brasileira das regiões semi-áridas, causam pobreza, desnutrição e êxodo para as grandes cidades. As enchentes, agravadas pelo desmatamento e pela impermeabilização do solo urbano, são responsáveis por prejuízos econômicos e sociais incalculáveis e pelos riscos à saúde e à qualidade de vida dos habitantes das áreas assoladas.

A poluição e a contaminação da água são as principais causas da incidência de enfermidades, em especial nas populações de baixa renda não atendidas pelos sistemas de abastecimento de água potável e de coleta e disposição de esgotos sanitários. As doenças de veiculação hídrica causam o maior número de internações hospitalares e nomeiam grande parte dos índices de mortalidade infantil.

A utilização econômica fez com que a água passasse a ser reconhecida como um *recurso hídrico*, semelhante aos *recursos minerais* quando utilizados economicamente. Por outro lado, a escassez da água está fazendo com que se torne não mais um bem livre, abundante e disponível a todos, mas um recurso parco, ao qual é atribuído valor econômico e cuja utilização deve ser objeto de pagamento pelos usuários.

Os conflitos de utilização da água têm aspectos econômicos, sociais e ambientais que não podem ser resolvidos unicamente pelos técnicos de formação em ciências exatas. Novas categorias de profissionais, formados em ciências humanas precisam participar das soluções dos conflitos, nos processos de negociação entre o poder público e a sociedade.

Com isto os engenheiros, geólogos, agrônomos, tecnólogos e economistas precisam conviver, interagir, e atuar em sinergia com sociólogos, cientistas sociais e comunicadores, formando equipes multidisciplinares de recursos hídricos. Essas equipes terão de ir a campo para interagir com os usuários das águas, com as comunidades urbanas e rurais, com os industriais, agricultores e ambientalistas a fim de encontrar, em processo de negociação complexo e difícil, as soluções de consenso para os conflitos de uso dos recursos hídricos.

Este é o grande desafio que o Estado de São Paulo e o Brasil estão enfrentando no momento a partir da moderna legislação de recursos hídricos promulgada em São Paulo, em 1991, e no âmbito nacional em 1997.

Com esta publicação a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo pretende informar aos seus alunos o que consta dessas leis e quais os desafios com que os engenheiros se defrontarão para que possam

participar do processo de desenvolvimento institucional que atualmente ocorre na área de recursos hídricos no País.

A Declaração de Dublin sobre Recursos Hídricos e Desenvolvimento, aprovada em evento preparatório à Conferência do Rio de Janeiro sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento em 1991, destaca:

*“A escassez e o desperdício da água doce representam séria e crescente ameaça ao desenvolvimento sustentável e à proteção do meio ambiente. A saúde e o bem-estar do homem, a garantia de alimentos, o desenvolvimento industrial e o equilíbrio dos ecossistemas estarão sob risco se a gestão da água e do solo não se tornar realidade, na presente década, de forma bem mais efetiva do que tem sido no passado.”*

Princípios mais importantes da Declaração de Dublin:

*“1. A água doce é um recurso finito e vulnerável, essencial para a conservação da vida, a manutenção do desenvolvimento e do meio ambiente.*

*2. O desenvolvimento e a gestão da água devem ser baseados em participação dos usuários, dos planejadores e dos decisores políticos, em todos os níveis.*

*3. As mulheres devem assumir papel essencial na conservação e gestão da água.*

*4. A água tem valor econômico em todos os seus usos competitivos; deve-se promover sua conservação e proteção.”*

## A CIÊNCIA DA HIDROLOGIA

Hidrologia é a ciência que trata da água da Terra, sua ocorrência, circulação e distribuição, suas propriedades físicas e químicas, e suas reações com o meio ambiente, incluindo suas relações com a vida. (Definição recomendada pela United States Federal Council of Science and Technology, Committee for Scientific Hydrology 1962.)

A Hidrologia, de início apenas Quantitativa, cedeu espaço de modo progressivo à Hidrologia Ambiental, para permitir o enfoque integrado dos aspectos de quantidade e de qualidade da água. Deu lugar à Hidrologia das Águas Subterrâneas, com o fim de valorizar os enormes volumes de água acumulados no subsolo, e à Hidrologia Urbana frente aos complexos problemas de inter-relação entre o uso do solo urbano e as enchentes. Todas essas especialidades estão se integrando com o suporte de métodos de análises de sistemas, no campo da Engenharia de Recursos Hídricos, em que os aspectos econômicos, sociais e ambientais são evidenciados nos estudos que consideram múltiplos objetivos.

A integração da Hidrologia com outras ciências, exatas e humanas, está sujeita à constituição de equipes multidisciplinares nas quais participem engenheiros, geólogos, agrônomos, tecnólogos, economistas, advogados, sociólogos, cientistas sociais e comunicadores. A formação e a integração desses profissionais pode depender de treinamento especializado e de cursos de pós-graduação que permitam uniformizar conceitos e transmitir experiências interdisciplinares.

## BACIA HIDROGRÁFICA

Bacia hidrográfica em uma determinada seção hidráulica de um curso d'água é a área de drenagem contida pelo divisor de águas definido pela topografia da região, sendo essa seção a única saída da água da chuva que escoando pela superfície do solo contribui para sua vazão.

Na bacia hidrográfica desenvolvem-se atividades humanas que utilizam a água para múltiplas finalidades, inclusive de recepção, diluição e assimilação de esgotos urbanos, de efluentes industriais e de rejeitos agrícolas. Os usos da água são *consuntivos* - abastecimento urbano, industrial e irrigação - que registram perdas por evaporação, infiltração no solo, evapotranspiração, absorção pelas plantas e incorporação a produtos industriais, e *não consuntivos* - geração hidrelétrica e navegação fluvial - que não afetam a quantidade da água disponível.

O balanço entre a disponibilidade e a demanda de água para diversos fins, indica a situação hídrica de escassez ou de abundância da bacia hidrográfica.

Pode-se estabelecer o balanço hídrico de uma bacia hidrográfica medindo-se as chuvas nos postos pluviométricos locais ou vizinhos e as vazões escoadas na seção fluviométrica.

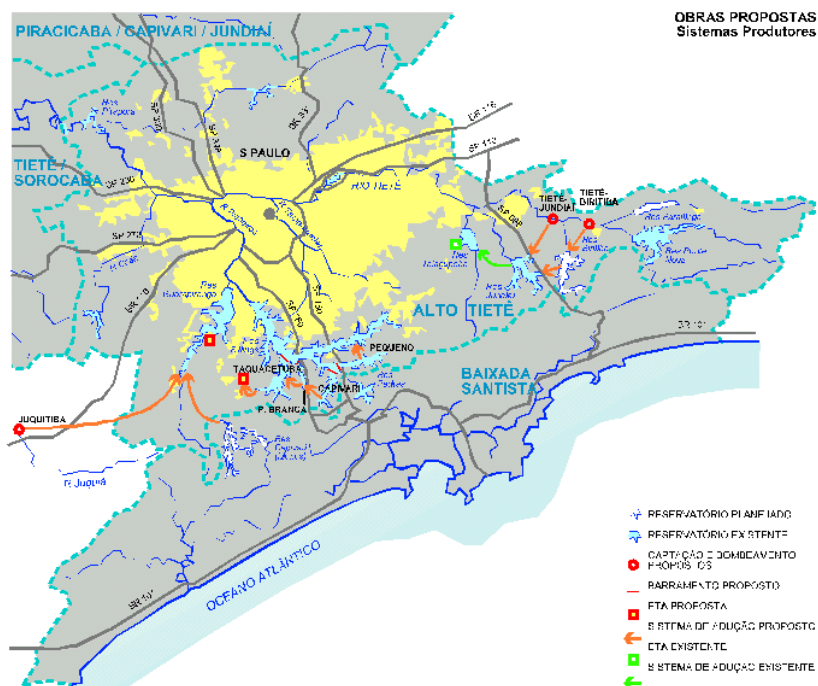


Figura 1 – bacias do Alto Tietê , Piracicaba e Baixada Santista

## AQUÍFEROS SUBTERRÂNEOS

Hidrologia das Águas Subterrâneas é a ciência que estuda a ocorrência, a movimentação e a distribuição da água na parte subterrânea da Terra. Há vinte anos essa definição seria adequada à maioria dos estudos hidrológicos; mas hoje em dia deve-se ampliá-la para incluir o aspecto qualidade da água subterrânea, objeto de redobrada atenção nos países em ritmo acelerado de industrialização.

De modo geral, a água subterrânea tem origem na superfície terrestre e está estreitamente ligada à água superficial. Porém, devido às diferenças entre esses ambientes e também à tendência natural dos seres humanos de compartimentar sistemas complexos, tanto a hidrologia da água superficial como a da água subterrânea são estudadas de forma isolada, com pouca consideração à complexa interligação hidrológica entre elas.

É preciso, porém, que os estudos de recursos hídricos de escala regional considerem que a água pode movimentar-se várias vezes entre os aquíferos, os rios e a atmosfera ao longo do caminho para o mar.

Um aquífero é uma formação geológica com suficiente permeabilidade e porosidade interconectadas para armazenar e transmitir quantidades significativas de água sob gradientes hidráulicos naturais. A expressão “quantidades significativas” refere-se à utilização que se pretenda dar à água subterrânea, isto é, às vazões que possam ser exploradas. As formações geológicas de baixa permeabilidade que armazenam água, mas não permitem extração econômica, chamam-se *aquitardes*.

Os aquíferos podem ser não confinados, freáticos ou livres quando sua superfície superior está submetida à pressão atmosférica. Os aquíferos artesianos ou confinados são formações permeáveis intercaladas por camadas impermeáveis sob pressão maior que a atmosférica. Dependendo da situação e das características locais, os poços perfurados nesses aquíferos podem ser jorrantes.

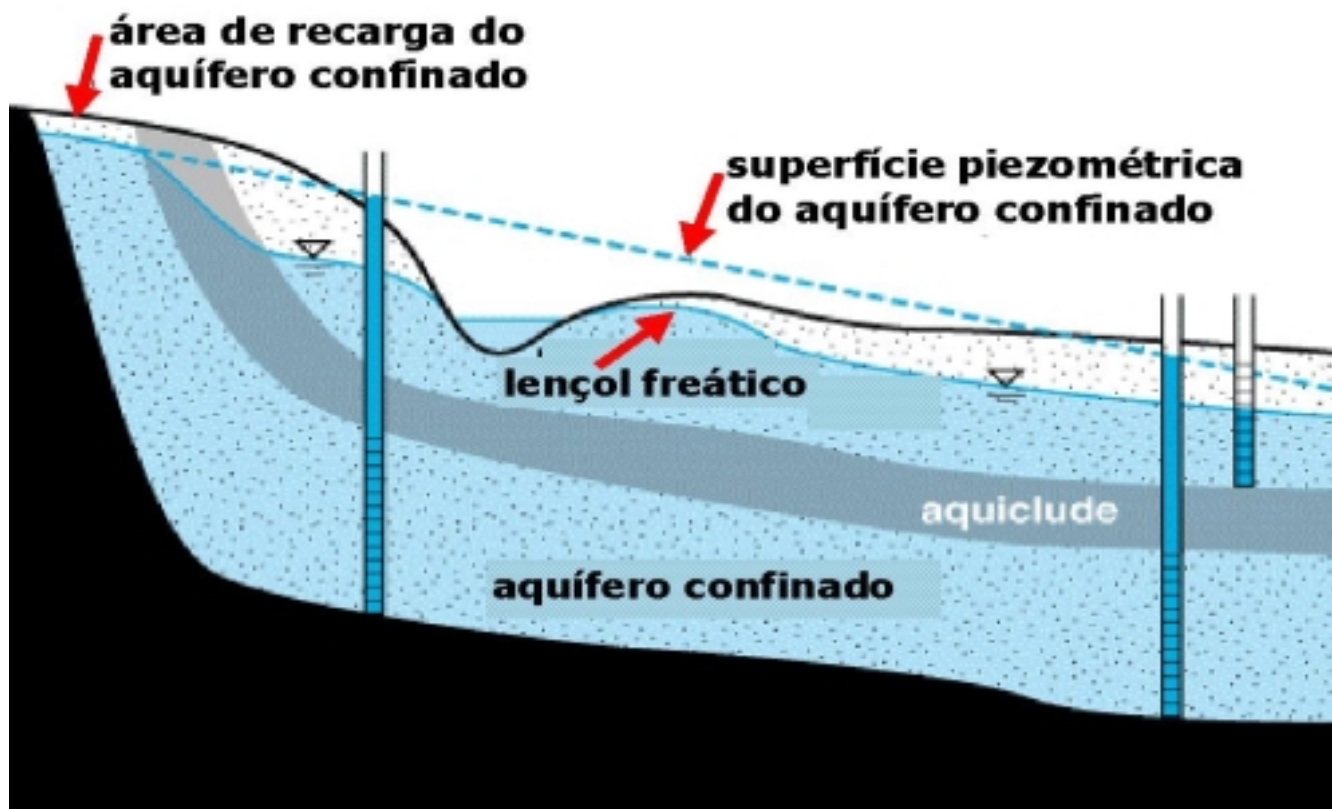


Figura 2 – esquema de um aquífero

## CICLO HIDROLÓGICO

A água constitui recurso natural renovável através dos processos físicos do ciclo hidrológico. Movida pela ação da energia solar evapora-se dos oceanos, dos lagos, dos rios e da superfície terrestre. Precipita-se sob a forma de chuva, neve ou gelo. Corre pela superfície, infiltra-se no subsolo, escoam pelos corpos d'água superficiais e pelos aquíferos subterrâneos. É absorvida pelas plantas que a transpiram para a atmosfera, da qual torna a precipitar-se e assim sucessivamente.

Segundo avaliações efetuadas no âmbito do Decênio Hidrológico Internacional da UNESCO (**local e data**), estima-se que a disponibilidade hídrica da Terra atinja a 1.380 milhões de km<sup>3</sup> de água salgada, ou seja, 97,3% do total. A água doce corresponde aos restantes 2,7% e forma um volume de 38 milhões de km<sup>3</sup>, dos quais 77,2% encontram-se em estado sólido nas calotas polares e geleiras; 22,4% estão armazenados como água subterrânea; 0,35% formam os lagos e os pântanos; 0,04% permanecem na atmosfera, e 0,01% forma os rios. Toda a água doce da Terra disponível em rios e lagos equivale a 0,36% do total e representa um cubo de 52 km de aresta, número que se inclui em uma ordem de grandeza perfeitamente imaginável.

O ciclo hidrológico é fechado, mas adota-se a atmosfera como ponto inicial de origem da água na qual existe sob a forma de vapor, partículas líquidas, gelo ou neve. Quando as partículas de água formadas por condensação do vapor atingem determinada dimensão, precipitam-se em forma de chuva. Se na queda atravessam zonas de temperatura inferior a 0° C pode haver formação de partículas de gelo, dando origem ao granizo. No caso de a condensação ocorrer sob temperaturas abaixo do ponto de congelamento, há formação de neve. Quando a condensação se verifica sobre uma superfície sólida ocorre o orvalho ou a geada, conforme seja a temperatura superior ou inferior a 0°C.

Parte da precipitação não atinge o solo devido à evaporação, durante a própria queda, ou porque é retida pela vegetação, perda a que se dá o nome de interceptação. Do volume que atinge o solo parte se infiltra, parte escoam pela superfície e parte evapora-se diretamente ou através das plantas, fenômeno conhecido como transpiração.

A infiltração é o processo de penetração da água no solo. Quando a intensidade da precipitação excede a capacidade de infiltração, a água escoam na superfície. Em primeiro lugar, preenche as depressões do

terreno. Em seguida, inicia-se o escoamento superficial propriamente dito: a água procura os canais naturais que vão concentrar-se nos vales principais, formando os cursos dos rios, para finalmente dirigir-se aos lagos, mares e oceanos. Nesse processo pode ocorrer infiltração ou evaporação, conforme as características do terreno e a umidade ambiente da zona atravessada. A água retida nas depressões ou como umidade superficial do solo pode ainda evaporar-se ou infiltrar-se. Em estado líquido, pela energia recebida do Sol ou de outras fontes, a água pode retornar ao estado gasoso, fenômeno chamado de evaporação e ao qual se atribui o equilíbrio do ciclo hidrológico.

As plantas retiram umidade do solo que utilizam em seu crescimento e eliminam na atmosfera sob a forma de vapor, ao que se dá o nome de transpiração. Em muitos estudos a evaporação do solo e das plantas é considerada em conjunto sob a denominação de evapotranspiração.

A água que se infiltra no solo movimentada-se através dos vazios existentes por percolação e, eventualmente, atinge uma zona saturada formando o lençol subterrâneo que poderá interceptar uma vertente, retornando à superfície para alimentar os rios, ou mesmo os oceanos, ou formar lençóis artesianos entre camadas impermeáveis.

Na fase aérea do ciclo hidrológico a água é pura porque nos processos de evaporação e de precipitação tudo se passa como se houvesse um gigantesco destilador. Entretanto, a água é límpida apenas enquanto vapor e no momento da condensação. Logo as impurezas começam a acumular-se; os gases dissolvem-se nas gotas das chuvas que ao atingir a superfície do solo dissolvem substâncias como cálcio, magnésio, sódio, bicarbonatos, cloretos, sulfatos e nitratos. Aparecem traços de alguns metais como chumbo, cobre, manganês e compostos orgânicos provenientes em grande parte dos processos de decomposição que ocorrem no solo. As águas superficiais e subterrâneas adquirem impurezas que sofrerão variações com a geologia local, a vegetação e o clima.

A composição química das águas subterrâneas depende da litologia do local do aquífero, uma vez que o tempo de sua exposição à rocha é muito maior que o das águas superficiais. Passam a ter em suspensão ainda organismos vivos, como bactérias e algas, vírus, e substâncias orgânicas com origem nas atividades humanas, além de metais pesados, óleos e graxas. De fato, a ação antropogênica é a que mais alterações provoca na qualidade das águas e causa sua poluição e contaminação.

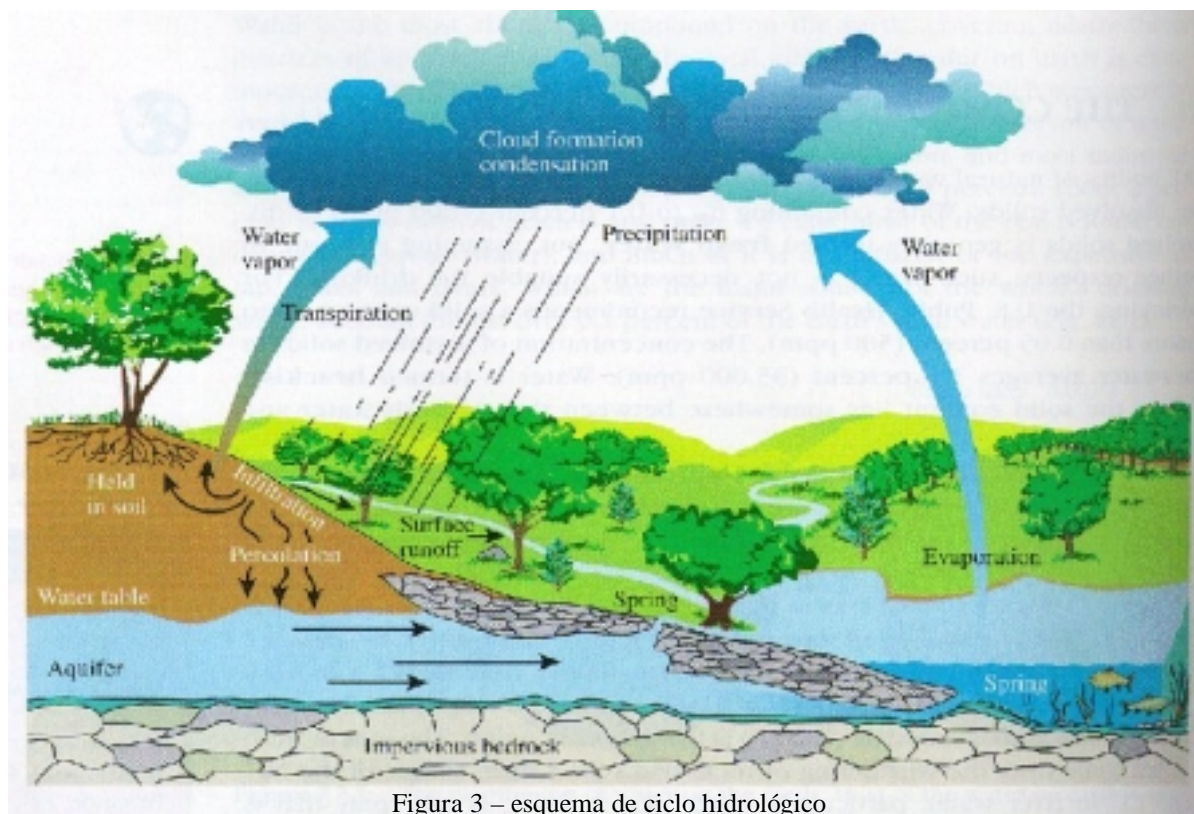


Figura 3 – esquema de ciclo hidrológico



## HIDROMETRIA

Hidrometria é a ciência que trata da medida e da análise das características físicas e químicas da água, inclusive dos métodos, técnicas e instrumentação utilizados pela Hidrologia.

A água existe em praticamente todo o Planeta - na atmosfera, na superfície dos continentes, nos mares e oceanos e no subsolo - e encontra-se em permanente circulação, ao que se convencionou chamar de ciclo hidrológico.

Face à sua complexidade, o estudo do ciclo hidrológico foi compartimentado. Hoje é objeto de análise por especialidades como meteorologia, hidrogeologia, oceanografia, limnologia e ecologia. A Hidrologia passou então a ter campo mais restrito, preocupando-se basicamente com os aspectos quantitativos da fase terrestre do ciclo hidrológico e suas interfaces imediatas. A Hidrometria, em correspondência, dedicou-se a estudar e a medir as chuvas, as vazões dos cursos d'água, a evaporação e a infiltração, isto é, as variáveis hidrológicas e hidrometeorológicas que permitem a caracterização hidrológica das bacias hidrográficas. Para isso são instaladas e operadas redes de observação de postos pluviométricos, fluviométricos e hidrometeorológicos.

As chuvas são medidas por pluviômetros e pluviógrafos que coletam e registram a altura da água precipitada em milímetros, o que pode ser convertido em volume por unidade de área ou vazão da água, neste caso se também for medido o tempo em que ocorreu a precipitação.

As vazões são estimadas com base na medição das velocidades observadas em uma seção hidráulica do curso d'água. Estabelece-se uma curva de cotas do nível de água, as vazões correspondentes e as medições sistemáticas passam a ser a das cotas com as quais se estimam as vazões.

Nos postos hidrometeorológicos são medidas grandezas como temperatura, umidade do ar, radiação, insolação, velocidade do vento e evaporação potencial, a partir de tanques de evaporação. Essas medições permitem estimar a evapotranspiração observada na Natureza.

Os investimentos nas redes de observação são vultosos e os resultados obtidos são utilizados somente a médio e longo prazos; freqüentemente hidrólogos e hidrometristas vivem à míngua, disputando os escassos recursos dos orçamentos públicos.

Do mesmo modo que a Hidrologia alargou suas fronteiras para estudar a qualidade das águas, os níveis e os volumes das águas subterrâneas, a Hidrometria também precisou ampliar a gama de dados observados, como, por exemplo, os parâmetros de qualidade físicos, químicos e biológicos, as descargas de sólidos em suspensão, os níveis piezométricos e outros. Ampliaram-se os custos e os recursos escassos ficaram ainda mais difíceis.

É de data recente uma revolução nos recursos tecnológicos à disposição da Hidrometria, como a informática, para armazenamento, análise e recuperação de dados, a eletrônica, com sensores para medir níveis ou volumes de água, os meios de comunicação e de transmissão de dados, a interpretação de imagens de satélites etc. Nem sempre a sofisticação dos meios significa menores custos ou melhor qualidade dos dados, nada substituindo o hidrólogo experiente como supervisor de todo o processo de coleta e análise.

A escassez de água implica novos desafios. A coleta de dados para caracterização das bacias não é suficiente, sendo necessário instalar redes de monitoramento de quantidade e de qualidade para adquirir e analisar os dados a tempo de permitir ações e intervenções corretivas dos conflitos de uso ou de poluição das águas.

Em particular, os eventos críticos, como as enchentes, exigem a instalação de redes telemétricas, de alerta aos operadores de obras hidráulicas, à Defesa Civil e às populações moradoras em áreas de risco de inundações.



Figura 4 – fotos de postos hidrométricos

## QUALIDADE DAS ÁGUAS EM RIOS E RESERVATÓRIOS

A água é uma solução diluída de inúmeros elementos compostos, sólidos, líquidos e gasosos, em proporções diversas, procedentes do ar, já durante o processo de condensação e precipitação pluviométrica, e também do solo e das rochas sobre as quais circula ou é armazenada e, finalmente, do contato com as atividades humanas. Esse conjunto de elementos em solução e suspensão é responsável pelas características que a água apresenta, seja do ponto de vista físico, químico ou organoléptico.

Comumente são considerados os aspectos *estéticos* (cor, turbidez, odor e sabor), *fisiológicos* (toxicidade, patogenezidade e salinidade) e *ecológicos* (pH, oxigênio dissolvido e produtividade) como propriedades representativas de parâmetros de qualidade.

Os aspectos estéticos afetam quase que exclusivamente os usos humanos da água, embora possam ser indicadores da presença de substâncias nocivas.

Os aspectos fisiológicos da água atingem especialmente o ser humano que a ingere. A água é considerada potável quando isenta de microrganismos patogênicos transmissores de doenças e de substâncias tóxicas que afetam a saúde. A existência na água de microrganismos patogênicos está associada ao lançamento de esgotos sanitários, e de substâncias tóxicas, em razão dos despejos industriais ou agrícolas, como metais pesados, biocidas ou fertilizantes.

Os parâmetros ecológicos visam a proteger a vida e a reprodução dos organismos aquáticos. A concentração de oxigênio dissolvido em teores adequados reflete a saúde do corpo d'água, no sentido de comportar formas superiores de vida animal como os peixes. A produtividade do corpo d'água mede sua capacidade de conter biomassa.

A poluição e a contaminação ocorrem quando a água assume características que podem afetar seu uso. A contaminação acarreta prejuízo à saúde humana ou aos animais que ingerem a água, que passa a desempenhar papel de veículo transmissor do agente contaminante, provocando doenças de veiculação hídrica como a hepatite e as gastroenterites. A poluição caracteriza-se pelos efeitos ecológicos em que a água passa a ser um ambiente impróprio ao desenvolvimento das comunidades aquáticas. Entretanto, é muito comum a contaminação e a poluição da água simultaneamente e com a mesma origem, como é o caso, por exemplo, do lançamento de esgotos sanitários.



Os corpos d'água têm a capacidade de diluir, transportar e, em determinadas situações, assimilar esgotos e resíduos líquidos urbanos, industriais e agrícolas, recuperando sua qualidade natural. A propriedade de regeneração da água permite que nas bacias hidrográficas de concentrações urbanas e industriais ainda seja possível obtê-la em padrões aceitáveis, até mesmo para o suprimento público de água potável. No entanto, essa capacidade é limitada, e a água pode tornar-se imprópria para os usos pretendidos.

A qualidade das águas dos reservatórios depende de processos muito diferentes dos que acontecem nos cursos d'água, em decorrência das velocidades envolvidas, que afetam de modo substancial a intensidade e as características dos fenômenos físicos, químicos e biológicos. Como nas últimas décadas têm sido implantadas centenas de usinas hidrelétricas, está sendo mudado o regime de escoamento dos corpos d'água de grandes velocidades (lóticos) para baixas velocidades (lênticos). Isso afeta a fauna e a flora aquática e os processos de diluição e de assimilação das substâncias poluentes. Há necessidade premente de se conhecer melhor esses efeitos, pois a qualidade das águas dos principais cursos dependerá de decisões para as quais não existem dados adequados nem se conhecem ainda os complexos processos envolvidos.

A definição dos parâmetros limites aceitáveis para as várias classes de uso preponderante, o enquadramento dos diversos trechos dos corpos d' água em cada classe, o licenciamento e o controle das fontes potenciais de poluição da água formam um processo complexo, baseado em leis e regulamentos, que depende de estudos técnicos complicados e de estrutura administrativa capacitada a promover sua fiscalização e controle.



Figura 5 – Poluição na Baixada Santista

# Recursos Hídricos no Brasil

## GRANDES BACIAS HIDROGRÁFICAS BRASILEIRAS

De acordo com a classificação do Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - DNAEE (recentemente transformado em Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL) reproduzida no Anuário Estatístico da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, são oito as grandes bacias hidrográficas brasileiras: Amazonas, Tocantins, Atlântico Sul trechos Norte e Nordeste, São Francisco, Atlântico Sul trechos Leste, Paraná e Paraguai, Uruguai e Atlântico Sul trecho Sudeste (Figura 15).

O balanço hídrico segundo essas grandes bacias hidrográficas consta do Quadro 1, no qual algumas delas foram subdivididas por razões geográficas ou hidrológicas.

**Quadro 1.** Balanço hídrico segundo as grandes bacias hidrográficas brasileiras.

Bacia hidrográfica		Área 1.000 km <sup>2</sup>	P mm/ano	Q m <sup>3</sup> /s	q l/s/km <sup>2</sup>	E mm/ano	Escoamento superficial %
Nº	Denominação						
1	Amazonas total	6.112	2.460	209.000	34,2	1.381	44
2	Tocantins	757	1.660	11.800	15,6	1.168	30
3A	Atlântico Sul – Norte	76	2.950	3.660	48,2	1.430	52
3B	Atlântico Sul – Nordeste	953	1.328	5.390	5,7	1.150	13
4	São Francisco	634	916	2.850	4,5	774	15
5A	Atlântico Leste 1	242	895	680	2,8	806	10
5B	Atlântico Leste 2	303	1.229	3.670	12,1	847	31
6A	Paraná	877	1.385	11.000	12,5	989	29
6B	Paraguai	368	1.370	1.290	3,5	1.259	8
7	Uruguai	178	1.567	4.150	23,3	831	47
8	Atlântico Sudeste	224	1.394	4.300	19,2	788	43
	Brasil com Amazonas	10.724	1.954	257.790	24,0	1.195	39
	Brasil	8.512		168.790	19,8		
	Amazonas Cabeceiras	2.212		89.000	40,2		
	Amazonas Brasileiro	3.900		120.000	30,8		

P= ; Q = ; q = ; E .

Fonte: Mapa Disponibilidade Hídrica no Brasil - MME/DNAEE/CGRH – 1994.

Observações: Atlântico Norte: do rio Oiapoque à bacia do rio Araguari.

Atlântico Nordeste: da bacia do rio Capim (PA) até bacia do rio Coruripe (AL).

Atlântico Leste 1: da bacia do rio Japarutuba (SE) até a bacia do rio Pardo (BA).

Atlântico Leste 2: da bacia do rio Jequetinhonha até a bacia do rio Paraíba do Sul.

Atlântico Sudeste: da bacia do ribeirão Grande (SP) até ao rio Jaguarão (RS).

Bacias dos rios Paraguai, Paraná e Uruguai: partes das bacias no território brasileiro.

Os dados do balanço hídrico mostram as grandes diversidades hidrológicas no território brasileiro. Os escoamentos superficiais específicos, por exemplo, variam de 48,2 l/s/km<sup>2</sup> no Atlântico Norte e 34 l/s/km<sup>2</sup> na bacia Amazônica, até 2,8 l/s/km<sup>2</sup> na região semi-árida do Atlântico Leste 1 e 4,5 l/s/km<sup>2</sup> na bacia do rio São Francisco.

## DEMANDAS HÍDRICAS EM FACE DAS DISPONIBILIDADES

Com exceção do setor de geração hidrelétrica, não há, no país, levantamento sistemático das demandas hídricas. As demandas para o abastecimento urbano poderiam ser estimadas com base nos dados demográficos do IBGE, mediante a adoção de cotas per capita e de índices razoáveis de perdas, e, embora precários, os dados sobre áreas irrigadas poderiam permitir a avaliação das demandas hídricas para irrigação, ao contrário das demandas para fins industriais que se acham esparsas em entidades estaduais e em considerável número de estudos e planos de bacias hidrográficas.

Assim sendo, é preferível dar indicações sobre o balanço entre demandas e disponibilidades hídricas pelo valor da disponibilidade per capita em m<sup>3</sup>/ano/hab, uma vez que há índices internacionalmente aceitos para identificar a situação hídrica de um país ou de uma região com base nesse valor (box).

As informações sobre a disponibilidade hídrica per capita em m<sup>3</sup>/dia/hab do Quadro 2 permitem avaliar a abundância ou a escassez de água nas grandes bacias hidrográficas brasileiras. Observe-se que há fartura de água no Brasil se for considerado o valor médio de 36.317 m<sup>3</sup>/dia/hab; mas há bacias no limiar da escassez hídrica, como as do Atlântico Leste 1, em contraponto com a enorme profusão da bacia do rio Amazonas.

**Quadro 2.** Disponibilidade hídrica per capita nas grandes bacias brasileiras.

Bacia hidrográfica		Área 1.000 km <sup>2</sup>	%	População 1991	%	Densidade hab/km <sup>2</sup>	Vazão m <sup>3</sup> /s	Disponibilidade m <sup>3</sup> /dia/hab
1	Amazonas (1)	3.900	46	6.245.597	4	1,60	120.000	606.379
2	Tocantins	757	9	3.271.674	2	4,32	11.800	113.828
3A	Atlântico Norte	76	1	3.424.511	2	45,06	3.660	33.730
3B	Atlântico Nordeste	953	11	25.761.672	18	27,03	5.390	6.603
4	São Francisco	634	7	10.958.888	7	17,29	2.850	8.208
5A	Atlântico Leste 1	242	3	10.909.302	7	45,08	680	1.967
5B	Atlântico Leste 2	303	4	22.598.203	15	74,58	3.670	5.125
6A	Paraguai (1)	368	4	1.700.168	1	4,62	1.290	23.946
6B	Paraná	877	10	46.622.840	32	53,16	11.000	7.446
7	Uruguai (1)	178	2	3.584.152	2	20,14	4.150	36.543
8	Atlântico Sudeste	224	3	11.605.507	8	51,81	4.300	11.693
	Brasil	8.512	100	146.682.514	100	17,23	168.790	36.317

(1) - Somente a área situada no território brasileiro.

Fonte: Aspectos de sustentabilidade e vulnerabilidade dos recursos hídricos - Benevides, V.F. de Sá e Beekman, Gertjan B. - XI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Recife, 1995.

As grandes bacias hidrográficas podem ser agregadas em três macro-regiões hidrográficas, caracterizadas da forma descrita no Quadro 3.

Do exame do Quadro 2 nota-se que 59% da população do País está contida nas bacias do Paraná-Paraguai-Uruguai, ou seja, em apenas 21% do território brasileiro. Semelhante concentração demográfica em grande parte se deve ao processo de industrialização, o que fica ainda mais evidenciado quando se examinam os dados das sub-bacias hidrográficas. Nessa macro-região a escassez de água decorre fundamentalmente da poluição dos corpos d'água por esgotos urbanos e efluentes industriais.

Na macro-região hidrográfica Nordeste-São Francisco localiza-se o semi-árido brasileiro, com área aproximada de um milhão de quilômetros quadrados e população estimada em torno de seis milhões de habitantes. A região que em sua maior parte apresenta condições desfavoráveis de disponibilidade de água e elevada densidade demográfica é o mais grave problema hídrico do País. A escassez hídrica é atenuada apenas pelo grande manancial da região, a bacia do São Francisco, cujas cabeceiras estão em clima úmido, no Estado de Minas Gerais. Essa é a motivação básica dos estudos de reversão de águas do rio São Francisco para suprir os Estados do Ceará, da Paraíba e do Rio Grande do Norte. Inversamente, a macro-região do Amazonas-Tocantins contém, em 57% do território nacional, apenas 9% da população brasileira.

O Quadro 4 permite avaliar a imensa disponibilidade hídrica da bacia amazônica, com grandes afluentes e bacias de drenagem sempre da ordem de centenas de milhares de quilômetros quadrados. Em contraponto, o Quadro 5 evidencia ainda mais a escassez hídrica no semi-árido brasileiro, segundo as unidades hidrográficas de planejamento adotadas pela SUDENE.

**Quadro 3.** Características básicas das macro-regiões hidrográficas brasileiras.

Macro-região hidrográfica	Regiões políticas	Bacias hidrográficas	Estados	Área km² e %	População em 1991 hab e %
1. Amazonas – Tocantins	Norte, Nordeste e Centro Oeste	Amazônia, Tocantins e Atlântico Norte	Rondônia, Acre, Amazonas, Roraima, Pará, Amapá, Tocantins, Maranhão, Mato Grosso, Goiás e Distrito Federal (11)	4.827.823 (57%)	12.941.782 (9%)
2. Nordeste – São Francisco	Nordeste, Sudeste e Centro Oeste	Atlântico Nordeste, São Francisco e Atlântico Leste 1	Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, Minas Gerais, Goiás e Distrito Federal (12)	1.869.904 (22%)	47.629.862 (45%)
3. Paraná- Paraguai- Uruguai	Sudeste, Sul e Centro Oeste	Atlântico Leste 2, Atlântico Sudeste, Paraná e Uruguai	Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás e Distrito Federal (12????????)	1.814.270 (21%)	86.110.870 (59%)

**Quadro 4.** Disponibilidade hídrica na bacia amazônica.

Bacia Hidrográfica	Área km²	P mm	Q m³/s	q l/skm²	E mm/ano	Escoamento superficial (%)
Xingu	504.300	1.930	9.700	19	1.323	31
Tapajós	490.000	2.250	13.500	28	1.380	39
Madeira	1.420.000	1.940	31.200	22	1.247	36
Purus	370.000	2.336	11.000	30	1.398	40
Juruá	185.000	2.452	8.440	46	1.012	59
Jutaí	77.280	2.781	3.020	39	1.548	44
Iça	143.760	3.160	8.800	61	1.228	61
Japurá	248.000	3.000	18.620	75	630	79
Negro	686.610	2.586	28.400	41	1.281	50
Trombetas	128.000	1.822	2.555	20	1.192	35
Jari	58.000	2.118	1.880	32	1.095	48
Total	4.310.950		137.115			
Solimões <sup>(1)</sup>	990.780	2.900	46.500	47	1.419	51
Solimões <sup>(2)</sup>	2.147.740	2.880	103.000	48	1.366	53
Amazonas <sup>(3)</sup>	2.854.300	2.780	131.600	46	1.325	52
Amazonas <sup>(4)</sup>	4.618.750	2.520	168.700	37	1.367	46
Amazonas <sup>(5)</sup>	6.112.000	2.460	209.000	34	1.381	44

P = ; Q = ; q = ; E = .

Fonte: Mapa "Disponibilidade hídrica da Bacia Amazônica - MME/DNAEE.CGRH – 1994.

(1) Em Manapacuru. (2) Em São Paulo de Olivença. (3) Em Jatuarana/Careiro. (4) Em Óbidos.

(5) Bacia Amazônica total

**Quadro 5.** Disponibilidade hídrica das bacias hidrográficas do semi-árido brasileiro.

Nº	Unidade de Planejamento Denominação	Área km <sup>2</sup>	Precipitação		Escoamento		l/s/km <sup>2</sup>	Rendimento Q/P %	População total 1991	Densidade hab/km <sup>2</sup>	Disponibilidade m <sup>3</sup> /ano/hab
			mm/ano	m <sup>3</sup> /s	mm/ano	m <sup>3</sup> /s					
1	Tocantins Maranhense	32.900	1.500	1.564	181	189	5,7	12,1	449.374	14	13.252
2	Gurupi	50.600	1.840	2.950	352	367	11,2	19,1	578.784	11	20.009
3	Mearim-Grajaú-Pindaré	97.000	1.550	4.764	181	189	5,7	11,7	2.321.572	24	2.565
4	Itapecuru	54.000	1.450	2.481	172	179	5,4	11,9	771.619	14	7.334
5	Munim-Barreirinhas	27.700	1.750	1.536	318	332	10,1	18,2	415.757	15	25.164
6	Parnaíba	330.000	1.030	10.770	122	127	3,9	11,8	3.359.466	10	1.195
7	Acaraú-Coreaú	30.500	970	937	173	180	5,5	17,8	900.418	30	6.321
8	Curu	11.500	880	321	205	214	6,5	23,3	385.162	33	17.511
9	Fortaleza	14.700	990	461	154	161	4,9	15,6	2.682.106	182	1.889
10	Jaguaribe	72.000	790	1.802	58	60	1,8	7,3	1.967.884	27	970
11	Apodi-Mossoró	15.900	710	358	52	54	1,6	7,3	591.716	37	2.891
12	Piranhas-Açu	44.100	640	894	62	65	2,0	9,7	1.245.411	28	1.638
13	Leste Potiguar	24.440	690	534	69	72	2,2	10,0	1.685.066	69	1.347
14	Oriental da Paraíba	23.760	690	519	92	96	2,9	13,3	2.125.117	89	1.424
15	Oriental de Pernambuco	25.300	1.040	834	171	178	5,4	16,4	5.288.645	209	1.064
16	Bacias Alagoanas	17.100	1.280	694	180	188	5,7	14,1	1.961.477	115	3.019
17	São Francisco *	487.000	910	14.042	84	88	2,7	9,2	6.438.117	13	429
18	Vaza Barris	22.330	760	538	54	56	1,7	7,1	1.019.247	46	1.743
19	Itapicuru Real	46.100	770	1.125	45	47	1,4	5,8	1.409.143	31	1.051
20	Paraguaçu Salvador	81.560	930	2.403	103	107	3,3	11,1	4.714.186	58	719
21	Contas Jequié	62.240	870	1.716	89	93	2,8	10,2	1.419.869	23	2.062
22	Pardo-Cachoeira	42.000	1.260	1.677	170	177	5,4	13,5	1.384.237	33	4.040
23	Jequetinhonha *	23.200	1.030	757	269	280	8,5	26,1	224.185	10	39.477
24	Extremo Sul da Bahia *	27.300	1.320	1.142	256	267	8,1	19,4	495.920	18	16.983
Total		1.663.230		54.819		3.765			43.834.478	26	2.711

\* Área da unidade de planejamento dentro do Nordeste da SUDENE.

Fonte: Recursos hídricos e o desenvolvimento sustentável do semi-árido nordestino - Vicente P. P. B. Vieira - Revista da ABRH - jan/fev 1996.



Quadro comparativo da situação hídrica de países europeus e dos Estados brasileiros.

Disponibilidade hídrica per capita m <sup>3</sup> /hab/ano	País	Valor m <sup>3</sup> /hab/ano	Estado brasileiro	Valor m <sup>3</sup> /hab/ano
Abundância > 20.000	Finlândia	22.600	Rondônia	132.818
	Suécia	21.800	Acre	369.305
Muito rico > 10.000	Irlanda Luxemburgo Áustria	14.000 12.500 12.000	Amazonas	878.929
			Roraima	1.747.010
			Pará	217.058
			Amapá	678.929
			Tocantins	137.666
			Rio Grande Sul	20.798
			Mato Grosso Sul	39.185
			Mato Grosso	258.242
			Goiás	39.185
			Maranhão	17.184
			Minas Gerais	12.325
			Paraná	13.431
Rico > 5.000	Países Baixos Portugal Grécia	6.100 6.100 5.900	Santa Catarina	13.662
			Piauí	9.608
			Espírito Santo	7.235
Situação correta > 2.500	França Itália Espanha	3.600 3.300 2.900	Bahia	3.028
			São Paulo	2.913
			Pobres < 2.500	Reino Unido Alemanha Bélgica
Rio Grande do Norte	1.781			
Alagoas	1.751			
Sergipe	1.743			
Rio de Janeiro	2.315			
Situação crítica < 1.500			Distrito Federal	1.752
			Paráiba	1.437
			Pernambuco	1.320

Fontes: 1- Les politiques de l'eau en Europe, Bernard Barraque, Editions La Découverte, Paris, 1995  
 2- Disponibilidades hídricas per capita no Brasil - Comissão de Gestão da Associação Brasileira de Recursos Hídricos.

# Recursos Hídricos no Estado de São Paulo

## BACIAS HIDROGRÁFICAS PAULISTAS E BALANÇO HÍDRICO

O Estado de São Paulo contém áreas da bacia do rio Paraná e de bacias da vertente marítima. As principais bacias litorâneas são a do rio Paraíba do Sul, situada na grande bacia do Atlântico Sul, trechos Leste, e a do rio Ribeira de Iguape, pertencente à grande bacia do Atlântico Sul, trecho Sudeste. Os principais afluentes do rio Paraná são o rio Grande, na divisa com Minas Gerais, o rio Tietê, e o rio Paranapanema na divisa com o Paraná. Outros afluentes menores do rio Paraná são o rio São José dos Dourados, o Aguapeí e o Peixe, cujas bacias hidrográficas estão inteiramente situadas em território paulista. Embora o rio Tietê seja visto como o grande rio paulista, pequena porção da sua bacia hidrográfica, as cabeceiras do rio Piracicaba, pertence ao Estado de Minas Gerais. O mesmo acontece com os afluentes da margem esquerda do rio Grande, os rios Mogi Guaçu, Pardo e Sapucaí Mirim.

Após nascer em território paulista, o rio Paraíba do Sul ingressa no Estado do Rio de Janeiro, recebe pela margem esquerda afluentes nascidos em Minas Gerais e segue pelo território fluminense até lançar suas águas no mar, próximo à cidade de Campos. O rio Ribeira de Iguape, que nasce no Paraná, percorre o território do Estado de São Paulo para desaguar no Oceano Atlântico.

Por disposição da Constituição Federal, o Estado de São Paulo tem uma grande maioria de cursos d'água sob seu domínio, mas quase todos de maior expressão são de domínio da União, por constituírem divisas ou percorrerem outros Estados. Parcelas significativas das áreas das bacias hidrográficas desses cursos d'água de domínio federal pertencem aos Estados vizinhos e seus recursos hídricos devem ser compartilhados com eles. Por essa razão, as disponibilidades hídricas paulistas foram estimadas com base na contribuição exclusiva do seu território, decorrentes das chuvas que nele incidem, escoam superficialmente ou se infiltram para alimentar os aquíferos subterrâneos.

No Quadro 6, embora tenha sido estimada a vazão média total de 6.488 m<sup>3</sup>/s como disponibilidade hídrica do conjunto de bacias hidrográficas teoricamente utilizável no Estado de São Paulo, somente 3.140 m<sup>3</sup>/s são considerados a disponibilidade hídrica estadual, em termos médios. Note-se que a vazão de referência, que considera as vazões regularizadas pelos reservatórios e as contribuições mínimas das áreas não controladas, é de 2.105 m<sup>3</sup>/s, ou seja, cerca de 67% da média, o que já representa um alto grau de regularização. A disponibilidade hídrica também é mostrada por sub-bacias e subdivisões e considerando a probabilidade de ocorrência, como, por exemplo, a vazão mínima, média de 7 dias e 10 anos de período de retorno, e a vazão mínima para a permanência de 95% do tempo.

O Quadro 7 apresenta o balanço hídrico no Estado de São Paulo, onde constam a precipitação, o escoamento total e a evapotranspiração, em termos médios, calculada por diferença. Se bem que seja pequena a extensão territorial paulista e relativa a uniformidade climática, há diferenças importantes na pluviosidade (entre 1.220 e 2.700 mm/ano) e no rendimento (entre 20 e 65%), na relação entre o escoamento e a chuva. Outra informação relevante é o escoamento básico, que é a parte do escoamento total assegurado pelos aquíferos subterrâneos, que representa 30 a 60% do escoamento total responsável pela manutenção das vazões de estiagem dos cursos d'água.

Os valores característicos das Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHs) do Estado de São Paulo estão no Quadro 8 no qual podem ser verificadas as vazões médias específicas, entre 8 e 55 l/s/km<sup>2</sup>; as disponibilidades per capita, entre 167 m<sup>3</sup>/ano/hab no Alto Tietê, a bacia mais crítica do país, e 52.000 m<sup>3</sup>/ano/hab na bacia do Ribeira de Iguape, considerada a Amazônia paulista. Deve-se conhecer as relações entre as vazões mínimas e médias e observar que a escolha da vazão mínima  $Q_{7,10}$  ou a  $Q_{95\%}$ , para o enquadramento dos corpos d'água nas classes de uso preponderante, pode resultar em investimentos de controle de poluição das águas substancialmente mais elevados no caso da opção pelo valor  $Q_{7,10}$ .

**Quadro 6.** Disponibilidade hídrica superficial no Estado de São Paulo.

Código	Unidade Hidrográfica	Área no Estado <sup>(1)</sup> (km <sup>2</sup> )	Escoamento Total <sup>(2)</sup> (m <sup>3</sup> /s)	Vazão Mínima (m <sup>3</sup> /s)		Q <sub>95%</sub> <sup>(5)</sup> (m <sup>3</sup> /s)	Vazão de Referência (m <sup>3</sup> /s)	
				1 mês, 10 anos <sup>(3)</sup>	7 dias, 10 anos <sup>(4)</sup>		Total <sup>(6)</sup>	No Estado <sup>(7)</sup>
7.2	Sapucaí/Grande	9.077	145	35	28	46	40	35
	Rio Grande em Usina Porto Colômbia	9.719	166	43	35	55	904	118
7.1	Alto Pardo/Mogi	11.291	168	48	39	57	120	70
7.3	Baixo Pardo/Mogi	12.180	194	56	45	67	176	126
7.4	Pardo/Grande	7.030	83	25	20	30	201	151
	Rio Grande em Usina Marimbondo	40.220	611	172	139	209	1.288	438
8.2	Turvo/Grande	15.975	122	32	26	39	32	32
	Rio Grande Confluência com Rio Paraná	56.195	733	204	165	248	1.402	477
8.1	São José dos Dourados	6.825	52	15	12	16	15	15
	Rio Paraná a montante do Rio Tietê	63.020	785	219	177	264	3.861	579
1.3	Alto Tietê	5.650	82	24	18	30	105	105
1.1	Piracicaba	11.020	141	43	34	54	50	50
1.2	Tietê/Sorocaba	14.850	135	38	28	49	222	222
2.3	Tietê/Jacaré	11.537	95	46	39	49	286	286
2.2	Tietê/Batalha	13.394	105	40	33	43	382	382
2.1	Baixo Tietê	15.347	111	32	26	35	426	426
	Rio Paraná em Porto Independência	134.818	1.454	442	355	524	4.440	1.021
3.1	Aguapeí	13.204	97	35	28	41	35	35
	Rio Paraná a montante do Ribeirão Boa Esperança	148.022	1.551	477	383	565	4.599	1056
3.2	Peixe/Santo Anastácio	14.740	112	47	40	52	47	47
	Rio Paraná em Ilha dos Pacus	162.762	1.663	524	423	617	4.860	1103
4.2	Alto Paranapanema	22.730	248	94	80	108	306	244
4.1	Baixo Paranapanema	26.254	243	113	96	128	1.106	500
	Rio Paraná em Porto São José	211.746	2.154	731	599	853	5.966	1.603
6.1	Paraíba do Sul	14.396	215	84	71	93	140	140
5.1	Ribeira de Iguape/Litoral Sul	16.771	508	180	153	219	200	180
5.2	Baixada Santista	2.887	158	51	38	59	146	146
5.3	Litoral Norte	1.906	105	36	27	39	36	36
	Vertente Marítima	21.564	771	267	218	317	382	362
	Estado de São Paulo	247.706	3.140	1.082	888	1.263	6.488	2.105

Nota : As vazões regularizadas utilizadas para o cálculo das vazões de referência foram obtidas dos relatórios: Caracterização dos recursos hídricos no Estado de São Paulo (Abril/84-DAEE) e Plano Nacional de Recursos Hídricos (Janeiro/1985 - MME/DNAEE/DCRH).

(1) Área de drenagem da subzona ou bacia hidrográfica no Estado de São Paulo.

(3) Vazão mínima anual de um mês e dez anos de período de retorno, estimada estatisticamente a partir de amostras de dados observados.

(4) Vazão mínima anual de sete dias consecutivos com dez anos de período de retorno.

(5) Vazão para 95% de permanência no tempo.

(6) Vazão de referência para as bacias estaduais e interestaduais, estimada a partir de dados de vazões regularizadas por reservatórios e contribuições mínimas de bacias não controladas.

(7) Vazão de referência considerando somente a parcela dentro do Estado de São Paulo.

Quadro 7. Balanço hídrico no Estado de São Paulo, por bacias e por sub-bacias hidrográficas.

Código	Unidade Hidrográfica	Área no Estado <sup>(1)</sup> (km <sup>2</sup> )	Precipitação Média <sup>(2)</sup>		Escoamento Total <sup>(3)</sup> (m <sup>3</sup> /s)	Evapotranspiração <sup>(4)</sup>		Escoamento Básico <sup>(5)</sup> (m <sup>3</sup> /s)	Vazão Mínima <sup>(6)</sup> (7 dias, 10 anos) (m <sup>3</sup> /s)	Rendimento <sup>(7)</sup> (%)	Básico/Total <sup>(8)</sup> (%)
			(mm/ano)	(m <sup>3</sup> /s)		(mm/ano)	(m <sup>3</sup> /s)				
62	Mantiqueira	642	1.950	40	21	933	19	9	7	53	45
72	Sapucaí/Grande	9.077	1.520	438	145	1.018	193	45	28	33	31
	Rio Grande em Usina Porto Colômbia	9.719	1.548	478	166	1.012	312	54	35	35	33
71	Alto Pardo/Mogi	11.291	1.436	514	168	966	346	56	38	33	33
73	Baixo Pardo/Mogi	12.180	1.460	564	194	958	370	65	45	34	33
74	Pardo/Grande	7.030	1.370	305	83	996	222	29	20	27	35
	Rio Grande em Usina Marimbondo	40.220	1.459	1.861	611	980	1.250	204	138	33	33
82	Turvo/Grande	15.975	1.250	633	122	1.009	511	43	26	19	35
	Rio Grande confluência com Rio Paraná	56.195	1.400	2.494	733	988	1.761	247	164	29	34
81	São José dos Dourados	6.825	1.250	271	52	1.012	219	18	12	19	35
	Rio Paraná a montante Rio Tietê	63.020	1.384	2.765	785	991	1.980	265	176	28	34
13	Alto Tietê	5.650	1.440	258	82	982	176	28	18	32	34
11	Piracicaba	11.020	1.405	491	141	1.002	350	52	34	29	37
12	Tietê/Sorocaba	14.850	1.270	598	135	983	463	45	29	23	33
23	Tietê/Jacaré	11.537	1.310	479	95	1.050	384	52	39	20	55
22	Tietê/Batalha	13.394	1.240	527	105	994	422	46	33	20	44
21	Baixo Tietê	15.347	1.210	589	111	982	478	39	26	19	35
	Rio Paraná em Porto Independência	134.818	1.335	5.707	1.454	995	4.253	527	354	25	36
31	Aguapeí	13.204	1.220	511	97	989	414	42	28	19	44
	Rio Paraná a montante do ribeirão Boa Esperança	148.022	1.325	6.218	1.551	994	4.667	570	382	25	37
32	Peixe/Santo Anastácio	14.740	1.250	584	112	1.010	472	61	40	19	55
	Rio Paraná em Ilhas dos Pacus	162.762	1.318	6.802	1.663	996	5.139	631	422	24	38
42	Alto Paranapanema	22.730	1.290	930	248	946	682	113	80	27	46
41	Baixo Paranapanema	26.254	1.280	1.066	243	989	823	140	96	23	58
	Rio Paraná em Porto São José	211.746	1.310	8.798	2.154	990	6.644	884	598	24	41
61	Paraíba do Sul	14.396	1.410	644	215	940	429	95	71	33	44
51	Ribeira de Iguape/Litoral Sul	16.771	1.800	957	508	844	449	216	153	53	43
52	Baixada Santista	2.887	2.670	244	158	939	86	54	38	65	34
53	Litoral Norte	1.906	2.680	162	105	943	57	36	27	65	34
	Vertente Marítima	21.564	1.994	1.363	771	866	592	306	218	57	40
	Estado de São Paulo	247.706	1.375	10.805	3.140	976	7.665	1.285	888	29	41

(1) Área de drenagem da bacia hidrográfica no Estado de São Paulo.

(2) Precipitação média de longo período.

(3) Escoamento total estimado para os cursos de águas relativo à vazão média de longo período.

(4) Evapotranspiração média de longo período calculada pela diferença entre a precipitação e a vazão.

(5) Escoamento básico que aflui aos corpos de águas após percolar pelos aquíferos subterrâneos, estimado a partir da média das vazões mínimas anuais de sete dias consecutivos.

(6) Vazão mínima anual de sete dias consecutivos e dez anos de período de retorno, estimada estatisticamente a partir de amostras de dados observados.

(7) Relação entre a vazão e a precipitação. Aponta a parte da chuva que é transformada em escoamento.

(8) Relação entre os escoamentos básico e total.

**Quadro 8.** Valores Característicos das Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo.

Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos		Área de drenagem km <sup>2</sup>	População 1991 habitantes	Densidade demográfica hab/km <sup>2</sup>	Chuva média mm/ano	Vazão média m <sup>3</sup> /s	Vazão específica l/s/km <sup>2</sup>	Vazão específica m <sup>3</sup> /hab/ano	Rendimento Q/P %	Vazão de 7 dias e 10 anos m <sup>3</sup> /s	Vazão de 95% m <sup>3</sup> /s	Q <sub>95</sub> /Q <sub>7.10</sub>	Relações Q <sub>95</sub> /Q	Q <sub>7.10</sub> /Q
Nº	Denominação													
1	Mantiqueira	642	50.766	79	1.950	21	33	13.055	53	7	9	1,29	0,43	0,33
2	Paraíba do Sul	14.396	1.493.415	104	1.410	215	15	4.544	33	72	93	1,29	0,43	0,33
3	Litoral Norte	1.906	146.596	77	2.680	105	55	22.605	65	27	39	1,44	0,37	0,26
4	Pardo	8.818	825.410	94	1.630	168	19	6.424	37	36	53	1,47	0,32	0,21
5	Piracicaba/Capivari Jundiá	13.430	2.787.762	208	1.380	163	12	1.845	28	39	61	1,56	0,37	0,24
6	Alto Tietê	5.650	15.099.935	2.673	1.450	80	14	167	31	17	29	1,71	0,36	0,21
7	Baixada Santista	2.887	1.194.900	414	2.670	158	55	4.173	65	39	59	1,51	0,37	0,25
8	Sapucaí/Grande	9.077	515.960	57	1.520	145	16	8.869	33	28	46	1,64	0,32	0,19
9	Mogi Guaçu	14.653	1.091.072	74	1.420	194	13	5.612	29	47	70	1,49	0,36	0,24
10	Tietê/Sorocaba	12.440	1.912.892	154	1.270	113	9	1.864	23	24	41	1,71	0,36	0,21
11	Ribeira de Iguape e Litoral Sul	16.771	307.911	18	1.800	510	30	52.274	53	155	239	1,54	0,47	0,30
12	Baixo Pardo/Grande	7.030	278.357	40	1.370	83	12	9.411	27	20	30	1,50	0,36	0,24
13	Tietê Jacaré	11.537	1.103.533	96	1.310	95	8	2.717	20	39	49	1,26	0,52	0,41
14	Alto Paranapanema	22.730	596.904	26	1.280	247	11	13.060	27	79	108	1,37	0,44	0,32
15	Turvo Grande	15.975	962.714	60	1.250	122	8	3.999	19	26	39	1,50	0,32	0,21
16	Tietê Batalha	13.394	410.750	31	1.270	105	8	8.068	19	24	33	1,38	0,31	0,23
17	Médio Paranapanema	16.763	535.490	32	1.250	162	10	9.548	24	66	85	1,29	0,52	0,41
18	São José dos Dourados	6.825	182.178	27	1.250	52	8	9.008	19	12	16	1,33	0,31	0,23
19	Baixo Tietê	15.347	640.877	42	1.210	111	7	5.466	19	26	35	1,35	0,32	0,23
20	Aguapeí	13.204	337.214	26	1.220	97	7	9.078	19	28	41	1,46	0,42	0,29
21	Peixe	12.393	358.829	29	1.250	95	8	8.356	19	34	44	1,29	0,46	0,36
22	Pontal do Paranapanema	11.838	409.460	35	1.320	98	8	7.554	20	36	49	1,36	0,50	0,37
	Total ou Média	247.706	31.242.925	126	1.381	3.139	13	3.171	29	881	1.268	1,44	0,40	0,28



## BALANÇO DE DEMANDAS E DISPONIBILIDADES HÍDRICAS

O Estado de São Paulo foi dividido em 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHIs, com base em fatores e características físicas, climáticas, sociais e econômicas, para facilitar o gerenciamento descentralizado e participativo dos recursos hídricos (Figura 16 antigo Mapa 3.2-1). A caracterização das UGRHIs consta do Quadro 9, no qual os dados foram também agregados por bacias hidrográficas e para as grandes bacias Paraná e Vertente Marítima.

As UGRHIs encontram-se em ordem decrescente de disponibilidade hídrica per capita, considerando a vazão de referência. Os dados da disponibilidade per capita, para a população de 1991, permitem conhecer a situação relativa das bacias paulistas em relação às bacias brasileiras, confirmando-se que a do Alto Tietê é a mais crítica do país, imediatamente seguida pelas bacias do rio Piracicaba e Turvo Grande. Nos dados das bacias do Alto Tietê e do Piracicaba, as vazões de referência incluem os efeitos do Sistema Cantareira, que reverte águas das cabeceiras da bacia do Piracicaba para o abastecimento urbano na bacia do Alto Tietê, quase coincidente com a Região Metropolitana de São Paulo.

As demandas para suprimento de água potável às populações urbanas (1980) encontram-se no Quadro 10, e somam 87,3 m<sup>3</sup>/s; a bacia do Alto Tietê representa quase 50% do valor total. Apesar de o manancial subterrâneo responder por apenas 13% da vazão total, mesmo assim atende parcial ou totalmente cerca de 55% dos núcleos urbanos.

As demandas de água para fins industriais encontram-se no Quadro 11 por UGRHI, e no Quadro 12 por ramo industrial. Da mesma forma predomina o manancial superficial, relativamente à vazão, mas as águas são utilizadas por um incalculável número de indústrias. As usinas de açúcar e álcool, as indústrias químicas e petroquímicas, de papel e celulose, mecânica e metalúrgica respondem por mais de 80% das demandas. Pequena quantidade de indústrias, cerca de duas mil, é responsável por quase toda a demanda.

Constam do Quadro 13 as demandas de água para irrigação que evidenciam a concentração desse uso em algumas UGRHIs.

Por fim, o Quadro 14 é o resumo geral do balanço entre demandas e disponibilidades hídricas no Estado de São Paulo. Como se considera crítica a bacia em que a utilização da água excede 50% da disponibilidade, são críticas as bacias do Piracicaba e do Alto Tietê e estão próximas desse índice as do Alto Pardo Mogi e Turvo Grande.

**Quadro 9.** Disponibilidades hídricas das unidades hidrográficas do Estado de São Paulo.

Unidades Hidrográficas	Vazão m <sup>3</sup> /s	Vazão de referência m <sup>3</sup> /s	População total/1991	Vazão média m <sup>3</sup> /ano/hab	Vazão de referência m <sup>3</sup> /ano/hab	População total/1996	Vazão média m <sup>3</sup> /ano/hab	V. de referência m <sup>3</sup> /ano/hab
22 Pontal Paranapanema	98	507	409.460	7.548	39.048	429.392	7.197	37.236
16 Tietê Batalha	105	382	410.750	8.062	29.329	433.932	7.631	27.762
17 Médio Paranapanema	163	360	535.490	9.599	21.201	583.544	8.809	19.455
19 Baixo Tietê	111	426	640.877	5.462	20.962	655.333	5.342	20.500
11 Ribeira de Iguape	508	180	307.911	52.029	18.435	320.285	50.019	17.723
12 Baixo Pardo-Grande	83	151	278357	9.403	17.107	304.485	8.596	15.639
14 Alto Paranapanema	248	244	596.904	13.102	12.891	630.379	12.407	12.207
13 Tietê Jacaré	95	286	1.103.533	2.715	8.173	1.222.124	2.451	7.380
03 Litoral Norte	105	36	146.596	22.588	7.744	173.475	19.088	6.544
01 Mantiqueira	21	8	50.766	13.045	4.970	50.974	12.992	4.949
07 Baixada Santista	158	146	1.194.900	4.170	3.853	1.310.858	3.801	3.512
10 Tietê-Sorocaba	135	222	1.912.892	2.226	3.660	1.373.765	3.099	5.096
21 Peixe	94	40	358.829	8.261	3.515	391.220	7.577	3.224
20 Aguapeí	97	35	337.214	9.071	3.273	332.038	9.213	3.324
02 Paraíba do Sul	215	140	1.493.415	4.540	2.956	1.619.942	4.185	2.725
18 S.José dos Dourados	52	15	182.178	9.001	2.597	207.716	7.895	2.277
04 Pardo	169	67	825.410	6.457	2.560	880.117	6.056	2.401
08 Sapucaí-Grande	145	35	515.960	8.863	2.139	572.252	7.991	1.929
09 Mogi Guaçu	193	59	1.091.072	5.578	1.705	1.202.705	5.061	1.547
15 Turvo Grande	122	32	962.714	3.996	1.048	1.051.461	3.659	960
05 Piracicaba	141	50	2.787.762	1.595	566	3.867.047	1.150	408
06 Alto Tietê	82	105	15.099.935	171	219	16.442.671	157	201

Bacias Hidrográficas	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	Vazão de referência m <sup>3</sup> /s	População total 1991	Vazão média m <sup>3</sup> /ano/hab	Vazão de referência m <sup>3</sup> /ano/hab	População total 1996	Vazão média m <sup>3</sup> /ano/hab	V. referência m <sup>3</sup> /ano/hab
Grande	733	352	3.724.279	6.207	2.981	4.061.994	5.691	2.733
São José dos Dourados	52	15	182.178	9.001	2.597	207.716	7.895	2.277
Tietê	669	1.471	21.955.749	961	2.113	23.994.872	879	1.933
Paranapanema	509	1.111	1.541.854	10.411	22.724	1.643.315	9.768	21.321
Peixe - Aguapeí	191	75	696.043	8.654	3.398	723.258	8.328	3.270
Litoral Norte	105	36	146.596	22.588	7.744	173.475	19.088	6.544
Paraíba do Sul	215	140	1.493.415	4.540	2.956	1.619.942	4.185	2.725
Baixada Santista	158	146	1.194.900	4.170	3.853	1.310.858	3.801	3.512
Ribeira de Iguape e Litoral Sul	508	180	307.911	52.029	18.435	320.285	50.019	17.723
Total	3.140	3.526	31.242.925	3.169	3.559	34.055.715	2.908	3.265
Paraná	2.154	3.024	28.100.103	2.417	3.394	30.631.155	2.218	3.113
Litoral	986	502	3.142.822	9.894	5.037	3.424.560	9.080	4.623

Fonte: Plano Estadual de Recursos Hídricos - CRH - 1991 - População de 1991 e 1996 segundo IBGE

**Quadro 10.** Estimativa das demandas urbanas no Estado de São Paulo (1990).

Unidade Hidrográfica	População urbana 1000 habitantes	Índice de atendimento %	Demanda per capita l/hab/dia	Demanda m <sup>3</sup> /s
11 Piracicaba	2.657	95,4	247,5	7,3
12 Tietê/Sorocaba	1.634	87,5	247,3	4,1
13 Alto Tietê	17.133	84,2	260,7	43,5
21 Baixo Tietê	493	90,3	314,0	1,6
22 Tietê/Batalha	301	87,9	288,0	0,9
23 Tietê/Jacaré	1.031	97,0	362,7	4,2
31 Aguapeí	288	90,5	242,6	0,7
32 Peixe/Santo Anastácio	585	84,6	269,8	1,5
41 Baixo Paranapanema	478	94,6	322,2	1,7
42 Alto Paranapanema	386	90,6	224,7	0,9
51 Ribeira de Iguape/Litoral Sul	181	74,1	227,0	0,4
52 Baixada Santista	1.325	55,7	678,3	5,8
53 Litoral Norte	136	83,0	371,5	0,5
61 Paraíba do Sul	1.402	78,6	310,4	4,0
62 Mantiqueira	39	66,6	518,3	0,2
71 Alto Pardo/Mogi	831	96,2	281,0	2,6
72 Sapucaí/Grande	431	90,0	274,3	1,2
73 Baixo Pardo/Mogi	831	97,3	288,3	2,7
74 Pardo/Grande	227	92,6	372,0	0,9
81 São José dos Dourados	124	88,3	243,5	0,3
82 Turvo/Grande	780	87,9	302,1	2,4
Estado de São Paulo	31.293	85,5	282,0	87,3

**Quadro 11.** Demanda industrial no Estado de São Paulo (1990)

Código	Unidade Hidrográfica	Número de indústrias	Vazão por tipo de manancial utilizado (m <sup>3</sup> /s)				Lançamentos (m <sup>3</sup> /s)
			Superficial	Subterrâneo	Rede	Total	
11 Piracicaba		440	13,88	0,33	0,70	14,91	11,17
12 Tietê/Sorocaba		383	9,60	0,57	0,22	10,39	7,05
13 Alto Tietê		593	7,67	1,20	1,17	10,04	7,02
21 Baixo Tietê		37	1,79	0,03	0,02	1,84	1,62
22 Tietê/Batalha		19	1,39	0,04	0,09	1,52	1,25
23 Tietê/Jacaré		77	8,49	0,35	0,01	8,85	6,85
31 Aguapeí		20	0,76	0,03	0,02	0,81	0,69
32 Peixe/Santo Anastácio		63	0,57	0,22	0,06	0,85	0,55
41 Baixo Paranapanema		55	2,72	0,18	0,01	2,91	2,65
42 Alto Paranapanema		23	3,48	0,01	0,02	3,51	0,49
51 Ribeira de Iguape/Litoral Sul		9	1,33	0,00	0,00	1,33	1,32
52 Baixada Santista		43	12,97	0,05	0,20	13,22	10,76
53 Litoral Norte		1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
61 Paraíba do Sul		164	7,20	1,13	0,19	8,52	4,51
62 Mantiqueira		3	0,04	0,00	0,00	0,04	0,01
71 Alto Pardo/Mogi		182	5,38	0,17	0,11	5,66	4,93
72 Sapucaí/Grande		28	0,02	0,04	0,04	0,10	0,08
73 Baixo Pardo/Mogi		98	24,33	0,51	0,14	24,98	20,11
74 Pardo/Grande		22	1,38	0,03	0,00	1,41	0,70
81 São José dos Dourados		5	0,23	0,00	0,00	0,23	0,20
82 Turvo/Grande		46	1,45	0,16	0,02	1,63	1,51
Estado de São Paulo		2311	104,68	5,05	3,02	112,75	83,47

**Quadro 12.** Distribuição da demanda industrial por atividade no Estado de São Paulo (1990).

Atividades	Número de Indústrias	Captações por tipo de manancial utilizado (m <sup>3</sup> /s)				Lançamento (m <sup>3</sup> /s)
		Superficial	Subterrâneo	Rede	Total	
Usina de açúcar e álcool	96	46,24	0,81	0,03	47,08	32,30
Química, petroquímica	346	17,97	1,29	0,46	19,72	13,13
Celulose, papel e papelão	92	13,20	0,10	0,35	13,65	9,05
Mecânica, metalúrgica, materiais elétricos	535	10,64	0,89	1,06	12,59	7,77
Têxtil	238	4,19	0,53	0,28	5,00	4,84
Curtume, abatedouro	154	0,35	0,31	0,10	0,76	0,79
Alimentos em geral	355	5,99	0,41	0,37	6,77	5,41
Bebidas em geral	200	4,56	0,37	0,18	5,11	2,15
Extrativas em geral	22	0,32	0,01	0,00	0,33	0,24
Construção civil	155	0,51	0,19	0,11	0,81	0,49
Outras atividades	118	0,71	0,14	0,08	0,93	0,32
Total	2.311	104,68	5,05	3,02	112,75	76,49

**Quadro 13.** Evolução da área irrigada e consumo de água para irrigação no Estado de São Paulo (1990).

Unidade Hidrográfica	Área Irrigada (ha)					Consumo de água (m <sup>3</sup> /s)
	1970	1975	1980	1985	1990	
Piracicaba	7.420	11.476	14.032	21.964	30.000	9,8
Tietê/Sorocaba	10.643	16.411	21.207	30.335	41.000	13,4
Alto Tietê	8.900	8.893	9.916	12.364	14.000	4,6
Baixo Tietê	1.060	1.488	7.119	12.668	30.000	9,8
Tietê/Batalha	3.179	5.020	5.414	11.974	20.000	6,5
Tietê/Jacaré	2.322	5.898	2.891	6.830	10.000	3,3
Aguapeí	911	1.747	7.158	6.135	12.000	3,9
Peixe/Santo Anastácio	1.069	3.334	5.206	7.214	14.000	4,6
Baixo Paranapanema	2.215	5.710	8.437	12.245	25.000	8,2
Alto Paranapanema	5.380	11.206	15.563	32.600	56.000	18,3
Ribeira Iguape/Litoral Sul	2.008	3.101	4.097	5.843	7.000	2,3
Baixada Santista	607	1.004	2.401	2.662	3.000	1,0
Litoral Norte	53	156	189	800	1.000	0,3
Paraíba do Sul	12.244	19.900	19.827	23.266	25.000	8,2
Mantiqueira	111	215	224	214	200	0,1
Alto Pardo/Mogi	11.777	33.662	29.430	51.752	64.000	20,9
Sapucai/Grande	1.798	1.651	1.646	9.677	27.000	8,8
Baixo Pardo/Mogi	13.384	12.377	14.276	14.760	18.000	5,9
Pardo/Grande	2.122	742	4.194	15.410	31.000	10,1
São José dos Dourados	192	623	2.029	3.184	8.000	2,6
Turvo/Grande	3.560	5.450	5.119	17.580	35.000	11,4
Total do Estado	90.955	150.064	180.375	299.477	471.200	154,1

**Quadro 14.** Disponibilidades e demandas hídricas no Estado de São Paulo

Unidade Hidrográfica	Demandas m <sup>3</sup> /s				Disponibilidade m <sup>3</sup> /s		Disponibilidade m <sup>3</sup> /ano/hab		Demandas m <sup>3</sup> /ano/hab				Índices demanda – disponibilidade %			
	Urbana	Irrigação	Industrial	Total	Média	Referência	Média	Referência	Urbana	Irrigação	Industrial	Total	Urbana	Irrigação	Industrial	Total
Piracicaba	7,3	9,8	14,9	32,0	141	50	1.675	594	87	116	177	380	15	20	30	64
Tietê/Sorocaba	4,1	13,4	10,4	27,9	135	222	2.607	4.288	79	259	201	539	2	6	5	13
Alto Tietê	43,5	4,6	10,0	58,1	82	105	151	193	80	8	18	107	41	4	10	55
Baixo Tietê	1,6	9,8	1,8	13,3	111	426	7.106	27.271	102	627	115	851	0	2	0	3
Tietê/Batalha	0,9	6,5	1,5	8,9	105	382	11.009	40.053	94	682	157	933	0	2	0	2
Tietê/Jacaré	4,2	3,3	8,9	16,3	95	286	2.908	8.755	129	101	272	499	1	1	3	6
Aguapeí	0,7	3,9	0,8	5,5	97	35	10.630	3.835	77	427	88	603	2	11	2	16
Peixe/Santo Anastácio	1,5	4,6	0,9	7,0	112	47	6.042	2.536	81	248	49	378	3	10	2	15
Baixo Paranapanema	1,7	8,2	2,9	12,8	243	500	16.044	33.013	112	541	191	845	0	2	1	3
Alto Paranapanema	0,9	18,3	3,5	22,7	248	244	20.277	19.950	74	1.496	286	1.856	0	8	1	9
Ribeira de Iguape/Litoral Sul	0,4	2,3	1,3	4,0	508	180	88.577	31.386	70	401	227	697	0	1	1	2
Baixada Santista	5,8	1,0	13,2	20,0	158	146	3.763	3.478	138	24	314	476	4	1	9	14
Litoral Norte	0,5	0,3	0,0	0,8	105	36	24.366	8.354	116	70	0	186	1	1	0	2
Paraíba do Sul	4,0	8,2	8,5	20,7	215	140	4.840	3.151	90	185	191	466	3	6	6	15
Mantiqueira	0,2	0,1	0,0	0,3	21	8	16.994	6.474	162	81	0	243	3	1	0	4
Alto Pardo/Mogi	2,6	20,9	5,7	29,2	168	70	6.380	2.658	99	794	216	1.109	4	30	8	42
Sapucaí/Grande	1,2	8,8	0,1	10,2	145	35	10.618	2.563	88	644	7	747	3	25	0	29
Baixo Pardo/Mogi	2,7	5,9	25,0	33,6	194	126	7.368	4.785	103	224	949	1.276	2	5	20	27
Pardo/Grande	0,9	10,1	1,4	12,4	83	151	11.540	20.994	125	1.404	195	1.724	1	7	1	8
S. José dos Dourados	0,3	2,6	0,2	3,2	52	15	13.235	3.818	76	662	51	814	2	17	1	21
Turvo/Grande	2,4	11,4	1,6	15,5	122	32	4.936	1.295	97	461	65	627	8	36	5	48
Total do Estado	87,4	154,1	112,8	354,2	3140	2.105	3.167	2.123	88	155	114	357	4	7	5	17

## QUALIDADE E POLUIÇÃO DAS ÁGUAS

### ASPECTOS LEGAIS E NORMATIVOS

A Lei 997, de 31 de maio de 1976, instituiu o sistema de prevenção e controle de poluição do meio ambiente, nele incluídos além das águas, o solo e o ar. O Decreto 8.468, de 8 de setembro do mesmo ano, regulamentou a Lei 997 e estabeleceu a classificação das águas segundo seus usos preponderantes, fixou os padrões de qualidade de cada classe e os padrões de emissão dos efluentes a serem lançados nas águas interiores ou costeiras, superficiais ou subterrâneas.

O Decreto 10.755, de 22 de novembro de 1977, efetuou o enquadramento dos corpos d'água receptores de efluentes na classificação estabelecida pela Lei 997/76 e discriminou os trechos dos cursos d'água enquadrados nas Classes 1, 3 e 4, ficando os demais enquadrados na Classe 2.

É importante salientar que a aprovação da proposta de enquadramento dos corpos d'água passou a ser atribuição dos Comitês de Bacias Hidrográficas, isto porque essa proposta integra o plano de bacia hidrográfica a ser aprovado pelo Comitê, conforme determina a Lei 7.663 de 30 de dezembro de 1991.



## Procedimentos Atuais de Enquadramento

Os atuais processos de enquadramento dos corpos d'água em classes de uso preponderante tiveram início em São Paulo e no presente são disciplinados pela Resolução CONAMA número 20, de 18 de junho de 1986, que adota as seguintes definições:

*“Classificação:* qualificação das águas doces, salobras e salinas com base nos usos preponderantes (sistema de classes de qualidade).

*Enquadramento:* estabelecimento do nível de qualidade (classe) a ser alcançado e/ou mantido em um segmento de corpo d'água ao longo do tempo.

*Condição:* qualificação do nível de qualidade apresentado por um segmento de corpo d'água, num determinado momento, em termos dos usos possíveis com segurança adequada.

*Efetivação do enquadramento:* conjunto de medidas necessárias para colocar e/ou manter a condição de um segmento de corpo d'água em correspondência com a sua classe.”

Dessa forma, o enquadramento pode ser visto como meta a ser alcançada com o passar do tempo, mediante um conjunto de medidas necessárias, dentre as quais, por exemplo, programas de investimentos em tratamento de esgotos urbanos. Observe-se que são expressões contidas da Resolução CONAMA: “alcançado ou mantido” e “colocar ou manter”.

Todavia a aplicação do enquadramento invariavelmente ocorre como se a classe do corpo d'água estivesse na condição da classe em que foi enquadrado e assim devesse permanecer. Isso tem implicado no seguinte: uma estação de tratamento de esgotos urbanos não pode ser licenciada, não obstante a evidente melhoria que proporcionaria aos corpos d'água receptores, porque os efluentes lançados “não podem conferir ao corpo de água receptor características em desacordo com o enquadramento do mesmo” (§ 1º, do artigo 18, do Decreto 8.468 de 8/9/76 do Estado de São Paulo). Os efeitos desse procedimento são agravados pela adoção da vazão  $Q_{7,10}$  para os cálculos de potencial de assimilação pelos corpos d'água, valor hoje considerado muito pessimista pelos hidrólogos.

Além da atualização do enquadramento dos corpos d'água, seria indispensável que se retomasse seu conceito como meta a ser alcançada ao longo do tempo e não para efetivação imediata.

Os quadros a seguir caracterizam as classes de qualidade estabelecidas pela Resolução 20/86 do CONAMA, as limitações de cada classe para o lançamento de efluentes e as condições de balneabilidade.

**Classes de usos preponderantes das águas doces, salobras e salinas do território nacional.**  
RESOLUÇÃO CONAMA 20/86

Tipo	Classe	Destinação
Águas doces	Especial	Abastecimento doméstico sem prévia ou com simples desinfecção. Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas
Salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰	1	Abastecimento doméstico após tratamento simplificado Proteção das comunidades aquáticas Recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho) Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película. Criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana
	2	Abastecimento após tratamento convencional Proteção das comunidades aquáticas Recreação de contato primário (esqui aquático, natação e mergulho) Irrigação de hortaliças e plantas frutíferas Criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana
	3	Abastecimento doméstico, após tratamento convencional Irrigação de culturas arbóreas, cerealísticas e forrageiras Dessedentação de animais
	4	Navegação Harmonia paisagística Usos menos exigentes
Águas salinas	5	Recreação de contato primário Proteção das comunidades aquáticas Criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana
Salinidade variando entre, 0,5 e 30 ‰	6	Navegação comercial Harmonia paisagística Recreação de contato secundário
Águas salobras	7	Recreação de contato primário Proteção das comunidades aquáticas Criação natural e/ou (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana
Salinidade igual ou superior a 30 ‰	8	Navegação comercial Harmonia paisagística Recreação de contato secundário

**Limites e condições das classes de uso preponderante**  
**RESOLUÇÃO CONAMA 20/86**

Item	Classe					Observações
	Especial	1	2	3	4	
Materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais		Virtualmente ausentes	Virtualmente ausentes	Virtualmente ausentes	Virtualmente ausentes	
Óleos e graxas		Virtualmente ausentes	Virtualmente ausentes	Virtualmente ausentes	Toleram-se iridicências	
Substâncias que comuniquem gosto ou odor		Virtualmente ausentes	Virtualmente ausentes	Virtualmente ausentes	Odor e aspecto não objetáveis	
Corantes artificiais		Virtualmente ausentes	(1)	(1)		(1) Não permitidos os corantes artificiais não removíveis por processos convencionais de coagulação, sedimentação e filtração.
Substâncias que formem depósitos objetáveis		Virtualmente ausentes	Virtualmente ausentes	Virtualmente ausentes	Virtualmente ausentes	
Coliformes por 100 ml, em 80% ou mais, de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês	Ausentes em qualquer amostra	Fecais até 100 e totais até 200 (2), (3) e (4)	Fecais até 1.000 e totais até 5.000 (2) e (3)	Fecais até 4.000 e totais até 20.000 (2) e (3)		(2) Para recreação de contato primário atender o artigo 26, sobre balneabilidade. (3) Somente no caso de não haver meios para exame de coliformes fecais. (4) As águas para irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas rentes ao solo e ingeridas cruas, sem remoção de película, não devem ser poluídas por excrementos humanos - necessárias inspeções sanitárias periódicas.
DBO <sub>5</sub> , a 20 °C, em mg/l		Até 3	Até 5	Até 10		
OD, em qualquer amostra, em mg/l		Não inferior a 6	Não inferior a 5	Não inferior a 4	Superior a 2	
Unidades nefelométricas de turbidez – UNT		Até 40	Até 100	Até 100		
Nível de cor em mg Pt/l		Cor natural	Até 75	Até 75		
pH		6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	
Índice de fenóis		0,001	0,001	0,3	Até 1,0	

**Limites e condições das classes de uso preponderante**  
**RESOLUÇÃO CONAMA 20/86**

Item	Unidade	Classe			
		1	2	3	4
Alumínio	mg/l Al	0,1	0,1	0,1	-
Amônia não ionizável	mg/l NH <sub>3</sub>	0,02	0,02	-	-
Arsênio	mg/l As	0,05	0,05	0,05	-
Bário	mg/l Ba	1,0	1,0	1,0	-
Berílio	mg/l Be	0,1	0,1	0,1	-
Boro	mg/l B	0,75	0,75	0,75	-
Benzeno	mg/l	0,01	0,01	0,01	-
Benzeno-a-pireno	mg/l	0,00001	0,00001	0,0001	-
Cádmio	mg/l Cd	0,001	0,001	0,001	-
Cianetos	mg/l CN	0,01	0,01	0,2	-
Chumbo	mg/l Pb	0,03	0,03	0,05	-
Cloretos	mg/l Cl	250	250	250	-
Cloro residual	mg/l Cl	0,01	0,01	-	-
Cobalto	mg/l Co	0,2	0,2	0,2	-
Cobre	mg/l Cu	0,02	0,02	0,5	-
Cromo trivalente	mg/l Cr	0,5	0,5	0,5	-
Cromo hexavalente	mg/l Cr	0,05	0,05	0,05	-
1,1 dicloroetano	mg/l	0,0003	0,0003	0,0003	-
1,2 dicloroetano	mg/l	0,01	0,01	0,01	-
Estanho	mg/l Sn	2,0	2,0	2,0	-
Índice de fenóis	mg/l C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	0,001	0,001	0,3	1,0
Ferro solúvel	mg/l Fe	0,3	0,3	5,0	-
Fluoretos	mg/l F	1,4	1,4	1,4	-
Fosfato total	mg/l P	0,025	0,025	0,025	-
Lítio	mg/l Li	2,5	2,5	2,5	-
Manganês	mg/ Mn	0,1	0,1	0,5	-
Mercurio	mg/l Hg	0,0002	0,002	0,002	-
Níquel	mg/l Ni	0,025	0,025	0,025	-
Nitrato	mg/l N	10	10	10	-
Nitrito	mg/l N	1,0	1,0	1,0	-
Nitrogênio amoniacal	mg/l N	-	-	1,0	-
Prata	mg/l Ag	0,01	0,01	0,05	-
Pentaclorofenol	mg/l	0,01	0,01	0,01	-
Selênio	mg/l Se	0,01	0,01	0,01	-
Sólidos dissolvidos totais	mg/l	500	500	500	-
Substâncias tenso-ativas que reagem com o azul de metileno	mg/l LAS	0,5	0,5	0,5	-
Sulfatos	mg/l SO <sub>4</sub>	250	250	250	-
Sulfetos (como H <sub>2</sub> S não dissociado)	mg/l S	0,002	0,002	0,3	-
Tetracloroetano	mg/l	0,01	0,01	0,01	-
Tricloroetano	mg/l	0,03	0,03	0,03	-
Tetracloroeto de carbono	mg/l	0,003	0,003	0,003	-
2,4,6 triclo-rofenol	mg/l	0,01	0,01	0,01	-
Úrânio total	mg/l U	0,02	0,02	0,02	-
Vanádio	mg/l V	0,1	0,1	0,1	-
Zinco	mg/l Zn	0,18	0,18	5,0	-
Aldrin	ug/l	0,01	0,01	0,03	-
Clordano	ug/l	0,04	0,04	0,3	-
DDT	ug/l	0,002	0,002	1,0	-
Dieldrin	ug/l	0,005	0,005	0,03	-
Endrin	ug/l	0,004	0,004	0,2	-
Endossulfan	ug/l	0,056	0,056	150	-
Epóxido de heptacloro	ug/l	0,01	0,01	0,01	-
Heptacloro	ug/l	0,01	0,01	0,1	-
Lindano (gama-BHC)	ug/l	0,02	0,02	3,0	-
Metoxicloro	ug/l	0,03	0,03	30,0	-
Dodecacloro + nonacloro	ug/l	0,001	0,001	0,001	-
Bifenilas policloradas (PCB's)	ug/l	0,001	0,001	0,001	-
Toxafeno	ug/l	0,01	0,01	5,0	-
Demeton	ug/l	0,1	0,1	14,0	-
Gution	ug/l	0,005	0,005	0,005	-
Malation	ug/l	0,1	0,1	100,0	-
Paration	ug/l	0,04	0,04	35,0	-
Carbaril	ug/l	0,02	0,02	70,0	-
Compostos organofosforados e carbamatos totais	ug/l em Paration	10,0	10,0	100,0	-
2,4 - D	ug/l	4,0	4,0	20,0	-
2,4,5 - TP	ug/l	10,0	10,0	10,0	-
2,4,5 - T	ug/l	2,0	2,0	2,0	-

RESOLUÇÃO CONAMA NÚMERO 20, DE 18 DE JUNHO DE 1986  
 Limites e condições para os efluentes de qualquer fonte poluidora

Item	Condição
PH	5 a 9
Temperatura °C	Inferior a 40 °C sendo que a elevação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3 °C.
Materiais sedimentáveis	Até 1 ml/l em teste de <del>H</del> uma hora em cone Imhoff Para lançamento em lagos e lagoas, com velocidade praticamente nula, virtualmente ausentes.
Regime de lançamento	Vazão máxima até 1,5 vezes a vazão média do período de atividade diária <del>e</del> do agente poluidor.
Óleos e graxas	Óleos minerais até 20 mg/l. Óleos vegetais e gorduras animais até 50 mg/l.
Materiais flutuantes	Ausentes.
Efluentes de hospitais e outros estabelecimentos nos quais haja contaminação com microrganismos patogênicos.	Tratamento especial.

Teores máximos admissíveis de substâncias

Item	Unidade	Limite
Amônia	mg/l NH <sub>3</sub>	5,0
Arsênio total	mg/l As	0,5
Bário	mg/l Ba.	5,0
Boro	mg/l B	5,0
Cádmio	mg/l Cd	0,2
Cianetos	mg/l CN	0,2
Chumbo	mg/l Pb	0,5
Clorofórmio	mg/l	1,0
Cobre	mg/l Cu	1,0
Cromo trivalente	mg/l Cr	2,0
Cromo hexavalente	mg/l Cr	0,5
Estanho	mg/l Sn	4,0
Índice de fenóis	mg/l C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	0,5
Ferro solúvel	mg/l Fe	15,0
Fluoretos	mg/l F	10,0
Manganês solúvel	mg/ Mn	1,0
Mercúrio	mg/l Hg	0,01
Níquel	mg/l Ni	2,0
Prata	mg/l Ag	0,1
Selênio	mg/l Se	0,05
Sulfetos	mg/l S	1,0
Sulfitos	mg/l S	1,0
Tricloroeteno	mg/l	1,0
Tetracloroeto de carbono	mg/l	1,0
Zinco	mg/l Zn	5,0
Dicloroeteno	mg/l	1,0
Compostos organofosforados e carbamatos totais	ug/l em Paration	1,0
Compostos organoclorados não listados acima	mg/l	0,05
Outras substâncias que poderiam ser prejudiciais	-	Concentrações a serem fixadas pelo CONAMA

**Condições de balneabilidade**  
RESOLUÇÃO CONAMA 20/86 (artigo 26)

Categoria	Categoria	Condição
Própria	<b>Excelente</b> 3 estrelas	Quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores colhidas no mesmo local houver, no máximo, 250 coliformes fecais em 100 ml ou 1.250 coliformes totais em 100 ml.
	<b>Muito Boa</b> 2 estrelas	Idem 500 coliformes fecais ou 2.500 totais.
	<b>Boa</b> 1 estrela	Idem 1.000 coliformes fecais ou 5.000 totais.
Imprópria	Qualquer uma das seguintes circunstâncias	1 - Não enquadramento em nenhuma das categorias anteriores, por ter ultrapassado os índices bacteriológicos nela admitidos.
		2 - Ocorrência, na região, de incidência relativamente elevada ou anormal de enfermidades transmissíveis por via hídrica, a critério das autoridades sanitárias.
		3 - Sinais de poluição por esgotos, perceptível, pelo olfato ou pela visão.
		4 - Recebimento regular, intermitente ou esporádico de esgotos por intermédio de valas, corpos d'água ou canalizações, inclusive galerias de águas pluviais, mesmo que seja de forma diluída
		5 - Presença de resíduos ou despejos sólidos ou líquidos, inclusive óleos, graxas e outras substâncias capazes de oferecer riscos à saúde ou tornar desagradável a recreação.
		6 - pH menor que 5 ou maior que 8,5
		7 - Presença, na água, de parasitas que afetem o homem, ou a constatação da existência de seus hospedeiros intermediários infectados.
		8 - Presença, nas águas doces, de moluscos transmissores potenciais de esquistossomose, caso em que os avisos de interdição ou alerta deverão mencionar especificamente esse risco sanitário.
		9 - Outros fatores que contra-indiquem, temporária ou permanentemente, o exercício da recreação de contato primário.

### Qualidade das Águas Superficiais

A Rede de Monitoramento da Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo, mantida pela CETESB, tem 124 pontos de amostragem de onde a cada dois meses são retiradas amostras para análise em laboratório, sendo determinados 33 parâmetros físicos, químicos e microbiológicos de qualidade. Desses parâmetros, nove compõem o Índice da Qualidade das Águas (IQA): Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), coliformes fecais, temperatura da água, pH, nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais e turbidez.

O Quadro 17 mostra os níveis de qualidade registrados, em cuja interpretação deve-se considerar que a qualidade das águas muda durante o ano em função de fatores meteorológicos, da sazonalidade de lançamentos poluidores e das vazões. O Quadro 18 apresenta para cada uma das bacias as médias da porcentagem do tempo em que as águas se encontravam nos níveis de qualidade estabelecidos pelo IQA.

As situações mais críticas ocorrem na Região Metropolitana de São Paulo (Alto Tietê) e em trechos dos rios Tietê Médio Superior, Jundiá, Capivari, Sorocaba e Piracicaba que recebem cargas muito significativas de esgotos domésticos.

No Quadro 20 observa-se que no ano de 1989 a taxa média de redução da carga orgânica, lançada aos rios pelas indústrias e pelos municípios do interior do Estado, manteve-se em torno de 93%, exceção feita à Região Metropolitana de São Paulo (57%) e às bacias do litoral paulista (46%).

**Quadro 18.** Permanência temporal, em 1988, das águas das bacias hidrográficas do Estado de São Paulo nos níveis de qualidade estabelecidos (% do tempo)

Bacia	Ótima	Boa	Aceitável	Imprópria para tratamento convencional	Imprópria
Tietê-Alto Cabeceiras	21	60	19	0	0
Tietê-Alto Zona Metropolitana					
Mananciais(Tanque Grande e Paiva Castro)	43	57	0	0	0
Demais rios	0	0	16	38	46
Reservatório Billings					
Compartimento Pedreira	0	29	24	28	19
Compartimento rio Grande	32	40	22	6	0
Baixo Cotia	4	51	28	17	0
Reservatório Guarapiranga	27	61	12	0	0
Tietê Médio Superior	0	23	35	40	2
Capivari	0	0	0	90	10
Jundiá	0	23	35	39	3
Piracicaba	0	29	44	27	0
Sorocaba	0	29	28	32	11
Tietê Médio Inferior	20	80	0	0	0
Tietê Baixo	45	55	0	0	0
Paraná (vertentes parciais)	52	48	0	0	0
Peixe	0	63	37	0	0
Aguapeí/Feio	0	86	14	0	0
Santo Anastácio	0	12	55	33	0
Parapanema Alto	15	48	25	12	0
Parapanema Baixo	31	69	0	0	0
Baixada Santista	1	46	25	28	0
Litoral Norte	-	-	-	-	-
Litoral Sul	16	59	11	0	0
Paraíba do Sul	0	62	22	0	0
Sapucaí Mirim	1	48	25	27	0
Pardo	20	89	10	0	0
Mogi-Guaçu	0	36	19	21	4
Turvo	7	50	30	20	0
São José dos Dourados	47	83	10	0	0
Grande (vertentes parciais)	17	53	0	0	0
Ribeira de Iguape		69	14	0	0

**Quadro 19.** Trechos de rios classificados conforme o IQA no período de 1987 a 1989 (em km)

Rios	Qualidade para abastecimento público														
	Ótima			Boa			Aceitável			Imprópria para tratamento convencional			Imprópria		
	1987	1988	1989	1987	1988	1989	1987	1988	1989	1987	1988	1989	1987	1988	1989
Aguapeí e Tibiriçá	97	97	97	70	415	380	390	55	102	40	30	18	-	-	-
Peixe e Alegre	30	30	30	-	-	-	280	362	342	102	20	40	-	-	-
Santo Anastácio	20	20	20	8	8	8	-	-	-	122	122	122	-	-	-
Paranapanema, Itapetininga, Taquari, Itararé e Pardo	191	191	191	1470	1138	1190	-	195	190	-	137	90	-	-	-
Ribeira, Ribeira de Iguape e Juquiá	22	22	22	513	278	278	-	235	235	-	-	-	-	-	-
Cubatão, Piaçaguiera, Mogi e Capivari-Monos	-	-	-	42	42	47	43	28	23	-	15	15	-	-	-
Paraíba do Sul e Jaguari	40	40	40	140	137	137	195	198	198	-	-	-	-	-	-
Sapucaí-Mirim e Ribeirão dos Bagres	-	-	-	282	183	282	18	117	18	30	30	30	-	-	-
Pardo	-	-	-	365	365	341	55	55	79	-	-	-	-	-	-
Mogi-Guaçu	-	-	-	205	205	303	195	150	97	-	-	-	-	-	-
Turvo, Preto, Onça e Ribeirão São Domingos	70	72	72	233	118	313	317	432	237	55	53	53	-	-	-
São José dos Dourados	10	10	10	328	328	328	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Piracicaba, Atibais, Cachoeira, Jaguari e Corumbataí(1)	71	71	67	277	267	309	153	136	198	135	162	110	-	-	-
Soracaba	21	21	21	12	12	12	82	82	86	115	98	111	-	17	-
Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira	50	50	50	154	234	154	181	101	181	-	-	-	-	-	-
Tietê	160	30	30	455	609	660	75	51	195	264	264	119	136	136	136
Capivari	-	-	-	18	18	18	35	35	35	130	130	130	-	-	-
Jundiá	-	-	-	29	29	29	9	9	9	85	49	49	-	36	36
Biritiba-Mirim, Jundiá, Taiapuê, Baquirivu-Guaçu, Tanque Grande, Juqueri, Cotia, Pinheiros	46	31	31	144	159	164	58	57	42	70	65	41	69	75	101
Tamanduateí, Embu-Guaçu, Embu-Mirim, Grande ou Jurubatuba, Billings e Guarapiranga(1)	828	685	681	4.745	4.590	4.953	2.086	2.298	2.267	1.148	1.175	928	205	264	223
Total em %	9,2	7,6	7,5	52,7	50,9	54,7	23,1	25,5	25,2	12,7	13,1	10,2	2,3	2,9	2,4



Quadro 20. Redução da carga orgânica total biodegradável e o equivalente populacional nas bacias hidrográficas do Estado de São Paulo.

Bacia	Carga potencial		Carga residual		Redução (%)
	tDBO/dia	População equivalente x 1 000	tDBO/dia	População Equivalente x 1 000	
<b>Interior do Estado</b>					
Aguapeí	474,2	8.781	27,4	507	94
Capivari	364,6	6.752	30,8	570	92
Grande-Vertentes Parciais	176	3.259	38,3	709	78
Jundiá	177,7	3.291	146,5	2.713	18
Mogi-Guaçu	3 803,1	70.428	71,7	1.328	98
Paraíba do Sul	142,1	2.631	61,9	1.146	56
Paraná-Vertentes Parciais	120,3	2.228	28,1	520	77
Paranapanema Alto	436,8	8.089	55,7	1.031	87
Paranapanema Baixo	573,8	10.626	39,3	728	93
Pardo	1 646,2	30.485	99,9	1.850	94
Peixe	190	3.519	18,7	346	90
Piracicaba	1 671	30.944	172,1	3.187	90
Ribeira de Iguape	3,9	72	2,8	52	28
Santo Anastácio	86,4	1.600	15,9	294	82
São José dos Dourados	117,1	2.169	3,5	65	97
Sapucai-Mirim	354,6	6.567	36,6	678	90
Sorocaba	193,4	3.581	35,1	650	82
Tietê Baixo	685,5	12.694	26,4	489	96
Tietê Médio-Inferior	1 871,5	34.657	88,8	1.644	95
Tietê Médio-Superior	147,6	2.733	16,5	306	89
Turvo	846,2	15.670	30,9	572	96
<b>Total</b>	<b>14 082</b>	<b>260.778</b>	<b>1 046,9</b>	<b>19.387</b>	<b>93</b>
<b>Litoral do Estado</b>					
Baixada Santista	165,6	3.067	88,3	1.635	47
Litoral Norte	4	74	2,4	44	40
Litoral Sul	1	19	0,9	17	10
<b>Total</b>	<b>170</b>	<b>3.148</b>	<b>91,6</b>	<b>1.696</b>	<b>46</b>
<b>Região Metropolitana</b>					
Billings	4,1	76	1,4	26	66
Cotia	8,6	159	0,5	9	94
Guarapiranga	1,6	30	0,4	7	75
Tietê Alto-Cabeceiras	38,7	717	20,7	383	47
Tietê Alto-Zona Metropolitana <sup>1</sup>	9,4	174	3,7	69	61
<b>Total</b>	<b>62,4</b>	<b>1.156</b>	<b>26,7</b>	<b>494</b>	<b>57</b>

1. Não foi computada a carga orgânica biodegradável lançada nos cursos d'água enquadrados na classe 4, pertencentes à Bacia do Tietê Alto-Zona Metropolitana.

## Águas Subterrâneas

As águas subterrâneas do Estado de São Paulo apresentam, em geral, boa qualidade química natural; mas há indícios generalizados e disseminados de contaminação bacteriológica tanto em poços rasos como tubulares, neste caso resultante da má construção, falta de cimentação e de laje de boca e de perímetro de proteção sanitária.

Os maiores riscos de poluição das águas subterrâneas estão associados aos impactos da produção industrial e da agroindústria e carecem, ainda, de avaliação cuidadosa.

Embora as águas subterrâneas sejam naturalmente melhor protegidas dos agentes contaminantes do que os rios, os processos de poluição dos aquíferos são lentos (as velocidades de fluxo nos aquíferos variam geralmente de poucos centímetros a alguns metros por dia), podendo levar alguns anos para que seus efeitos sejam notados.

Os aquíferos sedimentares na sua maior área de exposição são mais vulneráveis à poluição, embora o processo de transferência de poluentes infiltrados seja lento. Os aquíferos fissurados cristalinos são mais

protegidos, pois sua exposição é muito limitada pela cobertura do manto de intemperismo (regolito). Entretanto, nas zonas de falha ou de fraturamento intenso, a estrutura constitui-se numa verdadeira porta ao ingresso dos poluentes de superfície e com tempos de trânsito relativamente reduzidos.

A suscetibilidade à poluição da bacia de São Paulo é gerada pela grande oferta de poluentes das atividades urbana e industrial e a existência de estruturas geomorfológicas vulneráveis, quer no pacote sedimentar, quer nas rochas cristalinas do assoalho e bordas pré-cambrianas.

Na bacia de Taubaté, no Vale do Paraíba, vários desses poços, inclusive alguns com vazões de exploração ultrapassando 150 m<sup>3</sup>/h, foram construídos geralmente por indústrias em zonas de recarga natural na formação Caçapava, muito vulnerável à poluição. Acresce-se a esta exploração, por vezes predatória, a infiltração de efluentes perigosos e a localização de aterros sanitários e industriais.

No aquífero litorâneo, de modo geral, a água apresenta teores excessivos de ferro e está sujeita à salinização. Sua vulnerabilidade é extrema, em especial devido ao risco de quebra do equilíbrio da interface água doce-água salgada, devendo ser mantido um controle das vazões dos poços a fim de evitar a subida dessa interface.

No aquífero Bauru-Caiuá a degradação pelas atividades agrícolas tem sido notória nos últimos dez anos, através dos teores excessivos de nitratos e da presença de produtos químicos advindos da utilização crescente dos agrotóxicos. Em determinadas áreas o cultivo da cana-de-açúcar tem contribuído com cargas excessivas de vinhaça infiltrada no subsolo.

O aquífero Serra Geral é localizadamente muito vulnerável (fraturamentos, disjunções colunares, horizontes vesiculares, zonas tectonizadas) onde a velocidade de percolação dos poluentes pode atingir dezenas de centímetros por dia.

## CONFLITOS DE USO

Os principais conflitos de uso dos recursos hídricos no Estado de São Paulo acontecem nas bacias industrializadas situadas a Leste, em especial as do Alto Tietê, do Piracicaba-Capivari-Jundiá, do Sorocaba, do Paraíba do Sul e do Mogi-Guaçu.

O fator fundamental da geração de conflito é a poluição das águas que passam a ter padrões inadequados para os usos mais exigentes.

Nas bacias com grandes demandas de água para a agroindústria e a irrigação ocorrem ao mesmo tempo conflitos quantitativos e qualitativos entre irrigantes, e entre a irrigação e os sistemas de abastecimento público. Os exemplos mais expressivos são as bacias do Baixo Pardo (município de Guaíra e adjacentes), do Piracicaba (município de Atibaia e outros próximos), do rio Sorocaba (municípios de Ibiúna e Piedade), do Sorocaba, e do Alto Paranapanema (municípios de Itu, Tatuí e Itapetininga).

As grandes reversões de águas entre bacias como a do sistema Pinheiros-Billings-Cubatão, através do qual as águas do Alto Tietê são revertidas para a Baixada Santista, e a do sistema Cantareira, que importa águas das cabeceiras do rio Piracicaba para abastecimento da Região Metropolitana da Grande São Paulo, são exemplos de conflitos inter-regionais. De fato, este é um dos maiores casos de conflitos do mundo. A Figura 18 apresenta esse conjunto de bacias em perspectiva.

O reservatório Billings foi concebido como depósito de regularização das águas do Alto Tietê para geração de energia elétrica nas Usinas Henry Borden, construídas pela empresa canadense Ligth, que integram atualmente o patrimônio da Empresa Metropolitana de Água e Energia-EMAE do Governo do Estado de São Paulo. Ao longo do tempo esse reservatório assumiu outras funções como abastecer de água o ABC, a partir da captação no braço do rio Grande próximo à via Anchieta, e controlar as enchentes no canal do rio Pinheiros mediante as usinas reversíveis de Pedreira e de Traição. Com a reversão das águas a jusante das descargas das usinas no rio Cubatão, foram implantados os sistemas de abastecimento das cidades de Santos e de São Vicente, das indústrias do pólo petroquímico de Cubatão, e da COSIPA.

Quando foi incluído na Constituição do Estado de São Paulo de 1989 o dispositivo que restringia os bombeamentos das águas do canal do Pinheiros para a Billings, os usos precedentes e os decorrentes, como geração hidrelétrica e abastecimento de água industrial de Cubatão, deram lugar à recuperação do reservatório Billings e ao abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo que, entretanto, precisam conciliar-se com o controle de cheias do rio Pinheiros.

Por outro lado, a reversão de águas da bacia do rio Piracicaba para o Alto Tietê traz benefícios consideráveis como a garantia de 33 m<sup>3</sup>/s de água de excelente qualidade para o abastecimento de mais de 10 milhões de habitantes da Região Metropolitana de São Paulo. Isso, porém, implica na diminuição da água na bacia doadora, cuja comunidade se vê no direito de reivindicar retribuição financeira pelo seu fornecimento.

Esses conflitos podem ser objeto de estudos de engenharia e de modelos matemáticos para orientar e balizar decisões. Mas serão insuficientes se não considerarem os componentes e os fatores sociais, econômicos e ambientais que não podem ser quantificados como o valor da energia elétrica gerada.

Um dos grandes desafios dos profissionais de recursos hídricos é, com certeza, como enfrentar esses conflitos e viabilizar as soluções encontradas.

## CONTROLE DE CHEIAS E PREVENÇÃO DE INUNDAÇÕES

Um dos problemas mais sérios que o Estado de São Paulo vem enfrentando nos últimos anos é a ocorrência de enchentes em áreas urbanas, especialmente na Região Metropolitana da Grande São Paulo.

Entretanto as enchentes são fenômenos naturais: os rios enchem durante as chuvas e vazam depois que elas cessam. No período das chuvas, com muita frequência, os rios extravasam do seu leito menor, ocupando suas áreas marginais e o seu leito maior. As várzeas são formadas nesse processo geomorfológico de contínuo transbordamento dos cursos d'água e de sedimentação dos sólidos carreados pelas correntezas.

Em grande parte, as inundações decorrem da atitude imprudente do homem, que ocupa as várzeas de forma indevida. Durante décadas as várzeas do Tietê e do Tamanduateí somente foram usadas como campos de futebol. O único prejuízo causado pelas cheias era o adiamento das rodadas dos campeonatos. Com a construção de avenidas marginais, as inundações vêm provocando terríveis congestionamentos e ainda põem em risco a segurança e a vida das pessoas.

Outro fator que contribui para as inundações é a impermeabilização do solo que faz com que as cheias se tornem mais rápidas e mais elevadas. A canalização de córregos elimina os extravasamentos marginais, mas aumenta a velocidade do escoamento e propicia também mais rapidez e elevação dos picos de enchentes.

Após décadas de investimentos de grande vulto em obras de combate às enchentes, em muitos países, descobriu-se que os prejuízos se tornavam cada vez maiores: o controle das cheias mais frequentes causava uma falsa sensação de segurança, ocupavam-se mais intensamente as áreas de risco e quando ocorriam as chuvas mais fortes os prejuízos eram muito mais vultosos. Além disso, a política de canalização de cursos d'água, que procurava resolver as inundações locais, somente transferia o problema para as áreas de jusante.

Atualmente há novas diretrizes para a prevenção de inundações consubstanciadas no seguinte conjunto de recomendações:

1. Estudar a bacia inteira em planos de macrodrenagem, evitando que soluções locais sejam adotadas em detrimento de outras áreas.
2. Não adotar mais para os projetos de cursos d'água canais retilíneos de grande declividade e baixa rugosidade, mas procurar mantê-los próximos das condições naturais, assegurando a manutenção de áreas de extravasamento e de armazenagem de enchentes.
3. Ocupar as áreas marginais e as várzeas dos rios somente com usos e atividades compatíveis com as inundações periódicas.
4. Compatibilizar as posturas municipais referentes a loteamentos, sistemas de serviços de utilidade pública, construções, pontes e travessias com as novas formas de projetar as obras de controle de cheias.
5. Adotar medidas não-estruturais de prevenção como: incentivo à manutenção de áreas permeáveis; construção de pavimentos permeáveis em grandes áreas de estacionamentos e semelhantes; soluções locais de controle como comportas, sistemas de alerta e seguro inundações.

As Figuras 19 e 20 ilustram as novas concepções de medidas e de obras de controle de inundações.

# Desenvolvimento Institucional no Estado de São Paulo

Por iniciativa do Professor Lucas Nogueira Garcez, através da criação do Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE, pela Lei 1.350 de 12 de dezembro de 1950, procurou-se trazer para o Estado de São Paulo o modelo da Tennessee Valley Authority - TVA, autarquia pública federal criada nos Estados Unidos. A finalidade era implantar planos de aproveitamento integrado dos recursos hídricos similares ao realizado naquela bacia interestadual americana.

No Vale do Paraíba o plano foi elaborado tendo como propósitos a geração de energia elétrica, o controle de cheias e o aproveitamento hidroagrícola. No Vale do Tietê eram prioritárias a geração de energia elétrica, a navegação fluvial e a irrigação. O DAEE foi então organizado na forma de Serviços Regionais: do Vale do Tietê, do Vale do Paraíba e do Vale do Ribeira.

Entretanto, como a grande prioridade da época era a geração hidrelétrica, foram criadas empresas mistas que implantaram as primeiras usinas nos rios Pardo e Tietê. A Companhia Energética de São Paulo-CESP, sucedeu às empresas de energia elétrica e construiu depois também as usinas projetadas no Vale do Paraíba. Os outros propósitos dos planos de bacias foram postergados, como a navegação fluvial ao longo do rio Tietê, que só recebeu atenção em data recente a partir da década de 1980. As obras hidroagrícolas da bacia do Paraíba, basicamente constituídas por pôlderes e sistemas de irrigação e drenagem em cerca de 40 mil hectares de várzeas, foram implantadas em apenas dez por cento da área planejada.

Como os outros usos da água ainda tinham pouca expressão e não havia até então conflitos importantes, as atribuições do DAEE de aplicação do Código de Águas<sup>1</sup> e, em particular, a outorga de direitos de uso da água, tiveram pequena prioridade até o início da década de 1970.

A poluição das águas começou a ser combatida em 1970, com a lei que antecedeu a legislação hoje aplicada pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB.

O DAEE foi reorganizado em 1971, extinguindo-se os Serviços Regionais, reativados somente em 1986, na forma de Diretorias de Bacia Hidrográfica, decisão precursora do atual sistema de gerenciamento de recursos hídricos.

Em 1987, com a criação do Conselho Estadual de Recursos Hídricos, começou a ser preparado o primeiro Plano Estadual de Recursos Hídricos e elaborado o projeto de lei sobre a Política e o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SIGRHI.

## O MODELO PAULISTA DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS

De acordo com a Lei 7.663, de 30 de dezembro de 1991, o modelo paulista baseia-se em três princípios básicos: *é descentralizado, integrado e participativo; adota a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gerenciamento de recursos hídricos; e, ao reconhecer o valor econômico da água, implanta a sua cobrança, isto é, adota o princípio “usuário – pagador”.*

São ainda partes do modelo *os planos de recursos hídricos, tanto no âmbito estadual como no âmbito de cada bacia hidrográfica, o sistema institucional de gerenciamento, mediante colegiados deliberativos, centrais e descentralizados, e o Fundo Estadual de Recursos Hídricos - FEHIDRO.*

A Figura 21 mostra como essas partes funcionam integradamente, ou melhor, o Plano define o que fazer e quanto custa; no âmbito do Sistema são tomadas as decisões, e o FEHIDRO dá apoio financeiro ao funcionamento do Sistema e à realização do Plano.

Em particular esse modelo se aplica a cada bacia hidrográfica, como ilustra a mesma figura, com a analogia entre a bacia hidrográfica e um condomínio de um prédio de apartamentos.

---

<sup>1</sup> Decreto Lei Federal 24.643, de 10 de julho de 1934.

De fato, existem no prédio de apartamentos as unidades autônomas, de propriedade de cada condômino, e as áreas, bens e equipamentos comuns (elevadores, instalações elétricas e hidráulicas, piscinas, áreas de circulação e de recreação e jardins). Na bacia hidrográfica o bem comum de todos, cidades, indústrias e propriedades rurais, é a água.

No condomínio, as assembleias de condôminos decidem sobre os orçamentos a serem aplicados no custeio e em melhorias do prédio e, portanto, sobre as taxas de condomínio. Nas bacias hidrográficas os usuários da água reunidos em Comitês de Bacias Hidrográficas decidirão sobre as metas de quantidade e qualidade dos recursos hídricos, o respectivo programa de investimentos a ser realizado e, como consequência, os valores a serem aplicados na cobrança pelo uso da água.

Na Figura 22 encontra-se o conteúdo dos planos de bacias hidrográficas e suas relações com o Plano Estadual de Recursos Hídricos que deve basear-se nos planos de bacia e ser aprovado por lei.

A Figura 23 apresenta o organograma geral do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SIGRH. Merece menção a Agência de Bacia, fundação de direito privado que será responsável pela cobrança pelo uso dos recursos hídricos e pela gestão dos recursos financeiros que serão obtidos e aplicados, prioritariamente, na mesma bacia hidrográfica em que forem arrecadados.

## NECESSIDADE DE ARTICULAÇÃO COM A UNIÃO E COM OS ESTADOS VIZINHOS

Como visto, o Estado de São Paulo compartilha bacias hidrográficas com os Estados de *Minas Gerais* (bacias do rio Grande, Mogi Guaçu, Pardo, Sapucaí Mirim e Piracicaba) *Paraná* (bacias dos rios Paranapanema e Ribeira de Iguape) e *Rio de Janeiro* (bacia do rio Paraíba do Sul que também contém áreas no território do Estado de Minas Gerais).

Há nessas bacias, portanto, cursos d'água superficiais de domínio da União (rios de divisa ou que percorrem mais de um Estado), do Estado de São Paulo (rios que nascem e morrem no território paulista, como o Turvo, afluente do rio Grande) e dos outros Estados mencionados. As águas subterrâneas são de domínio do Estado em que estão subjacentes.

A Lei 9.443, de 8 de janeiro de 1997, aprovou a Política e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos com princípios e diretrizes muito semelhantes à lei paulista e às leis de dezesseis Estados aprovadas a partir de 1991. Assim, o Estado de São Paulo, embora seja uma unidade federativa autônoma, não pode decidir sobre todos os recursos hídricos do seu território sem articular-se com a União e os Estados vizinhos.

## MODELO BRASILEIRO DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS

Os princípios, diretrizes e instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, conforme a Lei 9.433/97, constam da Figura 24, na qual se pode verificar que são semelhantes aos dispositivos da lei paulista.

A Figura 25 apresenta o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos segundo a Lei 9.433/97 e a maioria das leis estaduais análogas. Todavia há peculiaridades das bacias hidrográficas e dos Estados das várias regiões políticas do País que devem ser consideradas na implantação do modelo brasileiro de recursos hídricos, conforme retratado no organograma.

No caso da bacia do rio Paraíba do Sul, por exemplo, uma das mais complexas em termos institucionais e políticos em razão de sua importância para o abastecimento de Região Metropolitana do Rio de Janeiro, foi criado o Comitê de Integração da Bacia do Rio Paraíba do Sul (Figura 26).

Segundo essa concepção, os Estados deveriam integrar-se quanto à política de recursos hídricos e à implantação de planos de bacias hidrográficas, com objetivos e metas aprovados consensualmente nos Comitês de Integração, intervindo a União apenas para conciliar ou arbitrar conflitos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. *Água : tratamento e qualidade*. Tradução de Alliryo Macedo Filho e Zadir Castelo Branco. Rio de Janeiro : Ao Livro Técnico, 1964. 456 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RECURSOS HÍDRICOS . *Carta de Foz de Iguaçu*. São Paulo : ABRH, 1989. 7 p.
- \_\_\_\_\_. *Sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos : audiência pública nacional em Piracicaba*. São Paulo : ABRH, data. 8 p.
- BARTH , Flavio Terra et al. *Modelos de gerenciamento de recursos hídricos*. São Paulo : Nobel : ABRH, data. 526 p. (Coleção ABRH de recursos hídricos).
- BOLETIM CONJUNTURA. Política social – análise de conjuntura – recursos hídricos – gestão e participação. São Paulo : Editora , v. , n. , mês 1995. 46 p.
- BRANCO, Samuel Murgel et al. *Hidrologia ambiental*. São Paulo : ABRH : EDUSP, 1991. 414 p. (Coleção ABRH de recursos hídricos)
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica. *Código de águas*. Brasília : DNAEE, 1980. v. 1, 457 p.
- \_\_\_\_\_. *Relatório final do grupo de trabalho instituído pela portaria 661, de 5/6/86*. Brasília : DNAEE, 1980. v. 1, 457 p.
- BRASIL. *Política nacional de recursos hídricos – Lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997*. Brasília : D.O. ou Editora, 1997. 33 p.
- BRASIL. Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras. *Programa PQA em convênio com MPO/SEPURB – Programas de investimentos nas bacias dos rios Paraíba do Sul e Piracicaba, Capivari e Jundiá*. São Paulo, 1998. .... p.
- CADERNOS FUNDAP. Planejamento e gerenciamento ambiental. São Paulo : FUNDAP, v. , n. , mês 1989. 94 p.
- \_\_\_\_\_. *Alternativas de gestão do meio ambiente da bacia do rio Piracicaba : relatório final – versão preliminar*. São Paulo : FUNDAP, v. , n. , mês 1991. 89 p.
- CAVALCANTI, Bianor Scelza. Gestão integrada de recursos hídricos e do meio ambiente : medidas institucionais no Brasil no contexto da reforma do Estado. *Revista de Administração Pública*, Rio de Janeiro, v. 28, n. 3 , p. 248, jul./set. 1994.
- CEDRAZ, Aroldo. *Projeto de Lei no. 2.249, de 1991: substitutivo do relator*. Brasília : Câmara dos Deputados, 1996. ... p.
- CHISTOFOLETTI, Antônio. *Geomorfologia*. 2.ed. São Paulo : Edgard Blucher, 1980. 188 p.
- COMISSÃO BRASILEIRA PARA O PROGRAMA HIDROLÓGICO INTERNACIONAL. *Glossário de termos hidrológicos*. Brasília, 1983. 291 p.
- COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO TIETÊ. Plano de bacia : termos de referência para contratação de serviços profissionais especializados. São Paulo : CBH, 1998. .... p. (Documenta 2)
- COMITÊS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS. *Relatórios de situação e relatórios “0”*. São Paulo, 1995-99. 5 v.
- CONSÓRCIO HIDROPLAN. *Plano integrado de aproveitamento e controle dos recursos hídricos das bacias do Alto Tietê, Piracicaba e Baixada Santista* : relatório síntese. São Paulo, 1995. 43 p.
- CUNHA, Antonio José Teixeira Cunha, CUNHA, Sandra Batista da. *Geomorfologia* : uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro : Bertrand Brasil, 1998. 472 p.

- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (SP). *Elaboração de estudo para implantação da cobrança pelo uso dos recursos hídricos no Estado de São Paulo* : relatório RP 01 - consolidação dos aspectos relevantes da legislação. São Paulo : DAEE, 1994. 35 p. Consórcio CNEC/FIPE.
- \_\_\_\_\_. *Elaboração de estudo para implantação da cobrança pelo uso dos recursos hídricos no Estado de São Paulo* : RP 10 – plano geral de implementação. São Paulo : DAEE, 1996. 60 p. Consórcio CNEC/FIPE.
- \_\_\_\_\_. *Elaboração de estudo para implantação da cobrança pelo uso dos recursos hídricos no Estado de São Paulo* : RP 11 – detalhamento dos programas para implementação da cobrança. São Paulo : DAEE, 1996. 35 p. Consórcio CNEC/FIPE.
- ENCONTRO INTERESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS, 1. , 1994. Local do Evento. *Título ...* São Paulo : FGV, data de publicação. 80 p.
- FELDMANN, Fábio. *Projeto de Lei no. 2.249, de 1991 e parecer do relator*. Brasília : Câmara dos Deputados, 1994. ... p.
- FUNDAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO ADMINISTRATIVO (SP). *Sistema estadual de gestão de recursos hídricos* : relatório base - sumário executivo. São Paulo : FUNDAP, 1989. v. 1, p. ....
- \_\_\_\_\_. *Cobrança pelo uso da água* : relatório final. São Paulo : FUNDAP, 1992. 111 p.
- \_\_\_\_\_. *Comitê das bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá* : relatório parcial. São Paulo : FUNDAP, 1993. 26 p.
- \_\_\_\_\_. *Comitê das bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá* : relatório final. São Paulo : FUNDAP, 1994. 171 p.
- GRANZIERA, M.L.M. *Direito de águas e meio ambiente*. São Paulo : Ícone, 1993. 136 p.
- INSTITUTO LATINO-AMERICANO. *Qualidade e gestão da água*. São Paulo : ILAM : Ministério das Minas e Energia : PNUD, 1993. 63 p.
- MONTICELLI, J.J. , MARTINS, J.P.S. *A luta pela água nas bacias dos rios Piracicaba e Capivari*. São Paulo : EME, 1993. 126 p.
- PORTO, Rubem La Laina (Org.). *Técnicas quantitativas para o gerenciamento de recursos hídricos*. Porto Alegre : ABRH : UFRS, 1998. 419 p.
- RAMOS, Fábio et al. *Engenharia hidrológica*. Rio de Janeiro : UFRJ, 1989. 404 p. (Coleção ABRH de recursos hídricos).
- REVISTA ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. São Paulo : DAEE, ano ..., n. ..., abr. 1999. 98 p.
- \_\_\_\_\_. São Paulo : DAEE, ano ..., n. ..., out. 1998. 82 p.
- \_\_\_\_\_. São Paulo : DAEE, ano 5, n. 16, mês 1989. 66 p.
- \_\_\_\_\_. São Paulo : DAEE, ano 5, n. 15, mês 1988. 60 p.
- \_\_\_\_\_. São Paulo : DAEE, ano 5, n. 13, mês 1988. 66 p.
- \_\_\_\_\_. São Paulo : DAEE, ano 4, n. 14, out. 1987. 58 p.
- \_\_\_\_\_. São Paulo : DAEE, ano 4, n. 12, abr. 1987. 58 p.
- SÃO PAULO. Comitê Coordenador do Plano Estadual de Recursos Hídricos. *Simulação da cobrança pelo uso da água – versões preliminares de 31/7/97 e de 20/8/97*. São Paulo, 1998. .... p.
- SÃO PAULO. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. *Legislação sobre recursos hídricos*. São Paulo, 1994. 72 p.
- \_\_\_\_\_. *Plano estadual de recursos hídricos* : Lei no. 9.034, de 27/12/94. São Paulo, 1994-5. 29 p.

- \_\_\_\_\_. *Minuta do anteprojeto de lei do plano estadual de recursos hídricos 1996/1999*. São Paulo, 1995. 4 p.
- \_\_\_\_\_. *Projeto de lei no. 20* : dispõe sobre a cobrança pela utilização dos recursos hídricos do domínio público do Estado de São Paulo e dá outras providências. São Paulo, 1998. ... p.
- \_\_\_\_\_. Lei no. 10.020, de 3 de julho de 1998. Autoriza o Poder Executivo a participar da constituição de fundações Agências de Bacias Hidrográficas dirigidas aos corpos d'água superficiais e subterrâneos de domínio do Estado de São Paulo e dá outras providências correlatas. *Título*, São Paulo, v. ..., n. ..., p. .... - ....., dia mês 1998. Seção ....., pt. ....
- SÃO PAULO. Secretaria do Meio Ambiente. *Recursos hídricos* : histórico, gestão e planejamento. São Paulo, 1995. 90 p.
- \_\_\_\_\_. *Comitê de bacia hidrográfica : subsídios para a instalação de comitês, elaboração de estatutos e funcionamento*. São Paulo, 1996. 62 p.
- \_\_\_\_\_. *Uma nova política de mananciais* : Lei 9.866 de 28/11/98. São Paulo, 1999. 214 p.
- \_\_\_\_\_. *Programa de recuperação ambiental do reservatório Billings* : relatório síntese e relatórios integrais. São Paulo, 1998/1999. .... p./ v.
- \_\_\_\_\_. *Perfil ambiental do Estado de São Paulo*. São Paulo : SEADE, 1999. 1 CD ROM.
- SEMANA DE DEBATES SOBRE RECURSOS HÍDRICOS E MEIO AMBIENTE, 1992. Local. *Anais* .... São Paulo : Consórcio Intermunicipal das Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari., 1992. 213 p.
- SEMINÁRIO PERSPECTIVAS DOS RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO, n., data. Local de realização. *Título* ... São Paulo : FUNDAP : DAEE, 1986. 423 p.
- SEMINÁRIO RECURSOS HÍDRICOS E O SANEAMENTO AMBIENTAL : novos conceitos do usuário pagador, n., data. Local. *Título* ... São Paulo : Secretaria de Energia e Saneamento, 1992. .... p.
- SOUZA PINTO, Nelson L. de , HOLTZ, Antonio Carlos Tatit, MARTINS, José Augusto. *Hidrologia de superfície*. Curitiba : Universidade Federal do Paraná., 1967. 155 p.
- TOOD, David K. *Hidrologia de águas subterrâneas*. Tradução de Araken Silveira e Evelyn Bloem Souto Silveira. São Paulo : Edgard Blucher, 1959. 319 p.
- TUCCI, Carlos E. M. (Org.). *Ciência e aplicação*. Porto Alegre : Universidade do Rio Grande do Sul, 1997. 943 p.
- VILLELA, Swami Marcondes, MATOS, Artur. *Hidrologia aplicada*. São Paulo : McGraw Hill do Brasil., 1975. 245 p.
- WISLER, C. O., BRATER, E.F. *Hidrologia*. Tradução de Leonino Júnior. Rio de Janeiro : Ao Livro Técnico, 1964. 484 p.
- THE WORLD BANK. *A World Bank policy paper*. Washington, D.C., 1993. 140 p.



**ESTADO DE SÃO PAULO**  
**SISTEMA INTEGRADO DE GERENCIAMENTO DE**  
**RECURSOS HÍDRICOS - SIGRH**

Lei 7.663 de 30/12/1991  
Decreto 36.787 de 18/05/1993  
Decreto 37.300 de 25/08/1993

**CONSELHO**  
**ESTADUAL DE**  
**RECURSOS**  
**HÍDRICOS - CRH**

PARTICIPAÇÃO TRIPARTITE DO  
ESTADO , MUNICÍPIOS E  
SOCIEDADE

**COMITÊ**  
**COORDENADOR DO**  
**PLANO ESTADUAL**  
**DE RECURSOS**  
**HÍDRICOS - CORHI**

DAEE , CETESB  
SMA/CPLA , SRHSO

**CONSELHO DE**  
**ORIENTAÇÃO DO**  
**FEHIDRO -**  
**COFEHIDRO**

SECRETARIA DA FAZENDA  
E PLANEJAMENTO  
DAEE E CETESB  
BANESPA

**COMITÊS DE**  
**BACIAS**  
**HIDROGRÁFICAS**  
**CBHs**

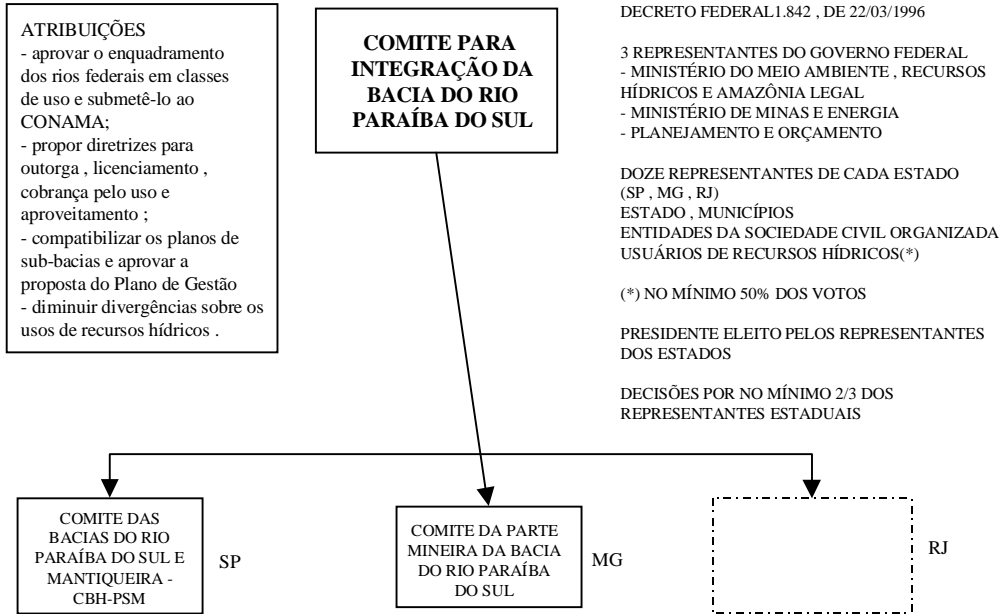
PARTICIPAÇÃO TRIPARTITE DO  
ESTADO , MUNICÍPIOS E  
SOCIEDADE

**AGÊNCIA DE**  
**BACIA**

Entidade jurídica , com estrutura  
administrativa e financeira própria , a  
ser criada a partir da cobrança pelo  
uso dos recursos hídricos

**ARTICULAÇÃO ENTRE O COMITÊ DE BACIA DE RIO FEDERAL E OS  
COMITÊS ESTADUAIS DA MESMA BACIA**

**O CASO DO RIO PARAÍBA DO SUL**



**ATRIBUIÇÕES**  
 - aprovar o enquadramento dos rios federais em classes de uso e submetê-lo ao CONAMA;  
 - propor diretrizes para outorga, licenciamento, cobrança pelo uso e aproveitamento;  
 - compatibilizar os planos de sub-bacias e aprovar a proposta do Plano de Gestão  
 - diminuir divergências sobre os usos de recursos hídricos.

**COMITE PARA  
INTEGRAÇÃO DA  
BACIA DO RIO  
PARAÍBA DO SUL**

DECRETO FEDERAL 1.842, DE 22/03/1996

3 REPRESENTANTES DO GOVERNO FEDERAL  
 - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, RECURSOS HÍDRICOS E AMAZÔNIA LEGAL  
 - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA  
 - PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO

DOZE REPRESENTANTES DE CADA ESTADO (SP, MG, RJ)  
 ESTADO, MUNICÍPIOS  
 ENTIDADES DA SOCIEDADE CIVIL ORGANIZADA  
 USUÁRIOS DE RECURSOS HÍDRICOS(\*)

(\*) NO MÍNIMO 50% DOS VOTOS

PRESIDENTE ELEITO PELOS REPRESENTANTES DOS ESTADOS

DECISÕES POR NO MÍNIMO 2/3 DOS REPRESENTANTES ESTADUAIS

COMITE DAS BACIAS DO RIO PARAÍBA DO SUL E MANTIQUEIRA - CBH-PSM SP

COMITE DA PARTE MINEIRA DA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL MG

COMITE DA PARTE RJ

Organização segundo a Lei Estadual 7.663, de 30/12/1991, criada pela Lei 9.034, de 27/12/1994 sobre o PERH 94/95 e implantado em 25/11/1994

A ser organizado segundo a Lei Estadual 11.504, de 20/06/1994

Lei estadual em discussão na Assembleia Legislativa

10 representantes do Estado

Representantes do Poder Público, paridade entre Estado e Municípios

Indicação de representantes ao CEIVAP será feita independentemente antes da lei estadual

10 representantes de entidades civis e usuários de recursos hídricos

Representantes de usuários e entidades da sociedade civil, em paridade com o Poder Público

10 representantes dos 36 Municípios, organizados por sub-regiões

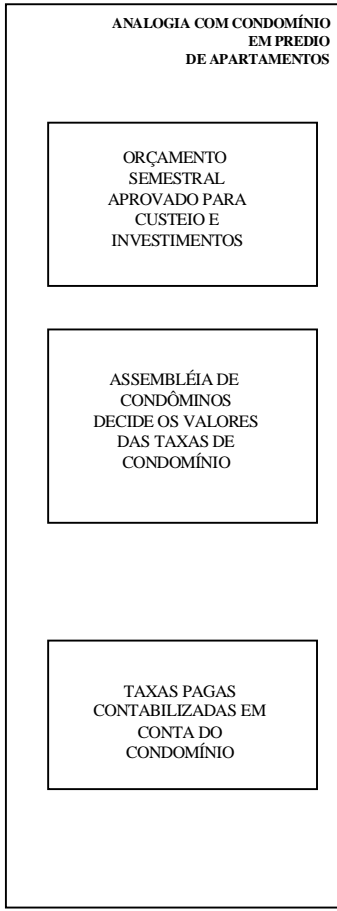
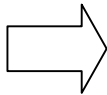
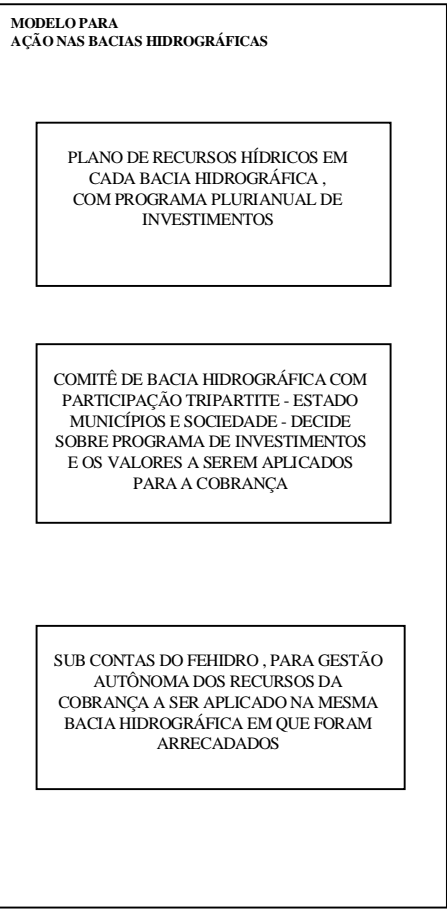
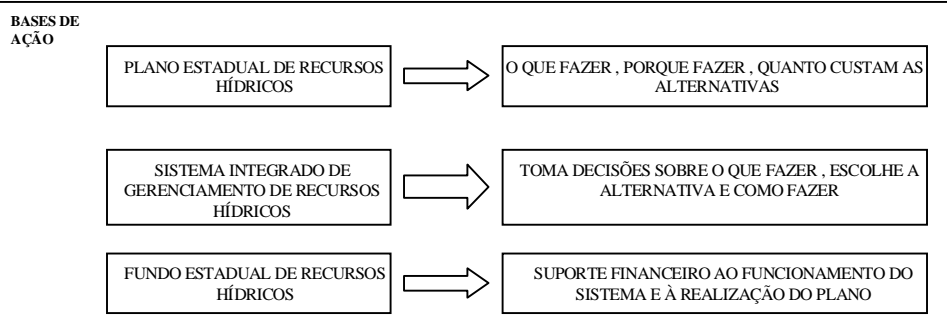
**ATRIBUIÇÕES LEI 7.663/91**  
 - aprovar a proposta:  
 a) da bacia para integrar o Plano Estadual de Recursos Hídricos;  
 b) de programas anuais e plurianuais de aplicação de recursos financeiros em obras e serviços de recursos hídricos;  
 c) do plano de utilização e enquadramento em classes de uso preponderante;  
 - promover  
 a) entendimento, cooperação e conciliação entre os usuários  
 b) estudos, divulgação e debates  
 - apreciar o Relatório de Situação

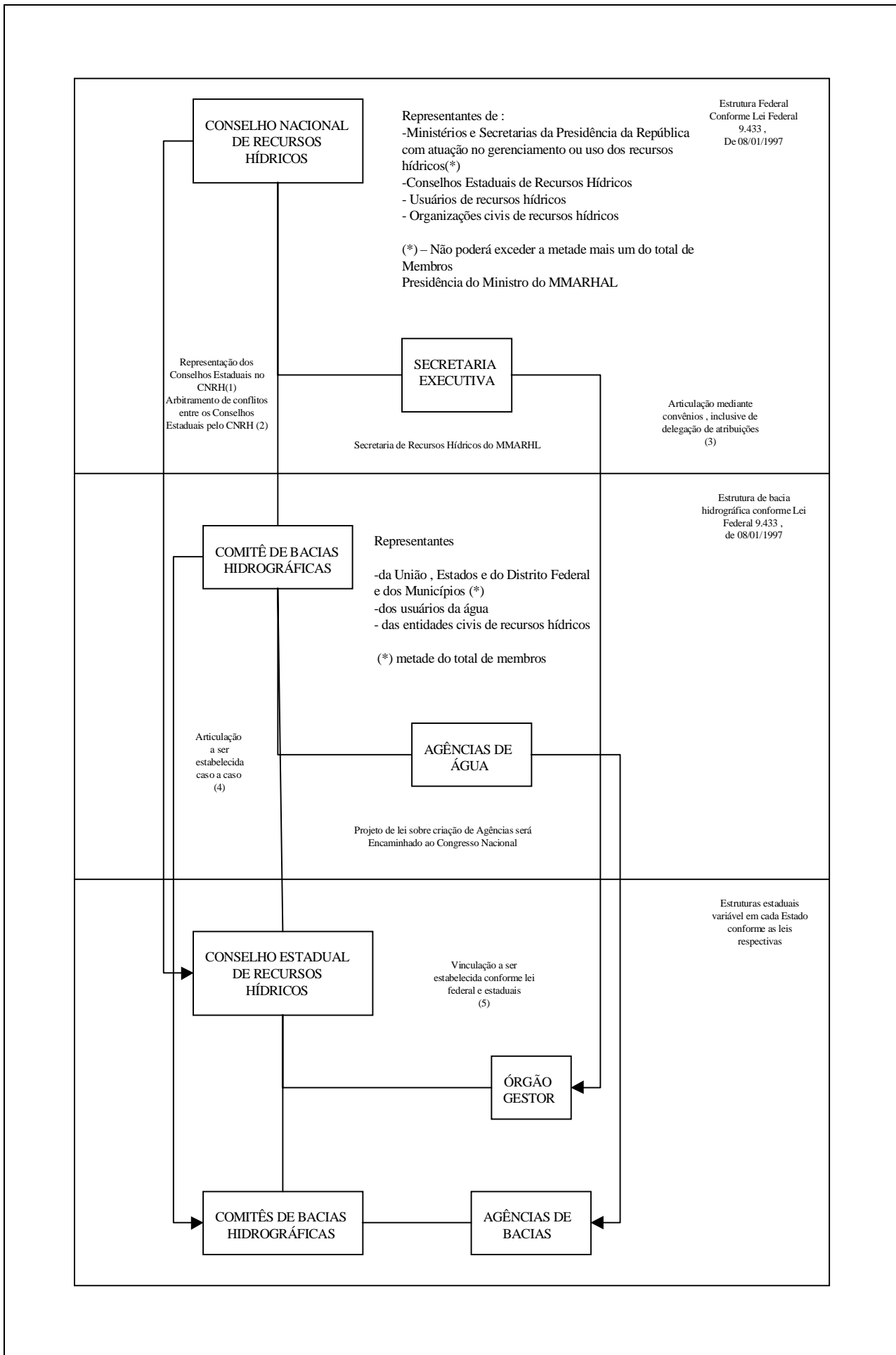
**ATRIBUIÇÕES LEI 11.504/94**  
 - propor planos e programas de utilização de recursos hídricos;  
 - decidir sobre os conflitos entre usuários, atuando como primeira instância de decisão;  
 - deliberar sobre os projetos de aproveitamento de recursos hídricos;  
 - estabelecer critérios e normas sobre a cobrança;  
 - estabelecer critérios de rateio de custos do uso múltiplo de recursos hídricos;  
 - criar sub-comitês de bacia hidrográfica, a partir de propostas de usuários e entidades da sociedade civil  
 - exercer outras funções, conforme regulamentado

**ATRIBUIÇÕES :**  
 A serem definidas no futuro, dependendo da aprovação da lei estadual

**MODELO PAULISTA DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS SEGUNDO  
A LEI 7.663 , DE 30/12/1991**

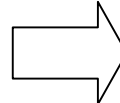
**PRINCIPAIS PRINCÍPIOS DA POLÍTICA**  
GERENCIAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS DESCENTRALIZANDO , INTEGRADO E PARTICIPATIVO  
ADOÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE PLANEJAMENTO E GERENCIAMENTO  
COBRANÇA PELO USO DOS RECURSOS HÍDRICOS - PRINCÍPIO USUÁRIO - PAGADOR





**PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS SEGUNDO A LEI 7.663 , DE 30/12/1991 , DO ESTADO DE SÃO PAULO**

AS DIRETRIZES E NECESSIDADES FINANCEIRAS PARA A ELABORAÇÃO E IMPLANTAÇÃO DO PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DEVERÃO CONSTAR DO PLANO PLURIANUAL DAS DIRETRIZES ORÇAMENTÁRIAS E DO ORÇAMENTO ANUAL



**PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS**

INSTITUÍDOS POR LEI , TOMANDO COMO BASE OS PLANOS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS , AS NORMAS RELATIVAS À PROTEÇÃO DO MEIO AMBIENTE E AS DIRETRIZES DE PLANEJAMENTO E GERENCIAMENTO AMBIENTAIS

**PLANO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS**

DIRETRIZES GERAIS , A NÍVEL REGIONAL , CAPAZES DE ORIENTAR OS PLANOS DIRETORES MUNICIPAIS , NOTADAMENTE NOS SETORES DE CRESCIMENTO URBANO , LOCALIZAÇÃO INDUSTRIAL , PROTEÇÃO DE MANANCIAS , EXPLORAÇÃO MINERAL , IRRIGAÇÃO E SANEAMENTO , SEGUNDO AS NECESSIDADES DE RECUPERAÇÃO , PROTEÇÃO E CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS DAS BACIAS E REGIÕES HIDROGRÁFICAS CORRESPONDENTES



OBJETIVOS E DIRETRIZES GERAIS , EM NÍVEIS ESTADUAL E INTER-REGIONAL , DEFINIDAS MEDIANTE PROCESSOS DE PLANEJAMENTO ITERATIVO QUE CONSIDERE OUTROS PLANOS GERAIS , REGIONAIS E SETORIAIS , DEVIDAMENTE COMPATIBILIZADOS COM AS PROPOSTAS DE RECUPERAÇÃO , PROTEÇÃO E CONSERVAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

METAS DE CURTO , MÉDIO E LONGO PRAZOS PARA SE ATINGIR ÍNDICES PROGRESSIVOS DE RECUPERAÇÃO , PROTEÇÃO E CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS , CONSUBSTANCIADOS EM :



DIRETRIZES E CRITÉRIOS GERAIS PARA O GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS

- PLANOS DE UTILIZAÇÃO PRIORITÁRIA E PROPOSTAS DE ENQUADRAMENTO DOS CORPOS DE ÁGUAS EM CLASSES DE USO PREPONDERANTE
- PROGRAMAS ANUAIS E PLURIANUAIS DE RECUPERAÇÃO , PROTEÇÃO , CONSERVAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS , INCLUSIVE COM ESPECIFICAÇÃO DOS RECURSOS FINANCEIROS NECESSÁRIOS
- PROGRAMAS DE DESENVOLVIMENTO REGIONAIS INTEGRADOS DOS MUNICÍPIOS AFETADOS POR RESERVATÓRIOS E LEIS DE PROTEÇÃO DE MANANCIAS



DIRETRIZES E CRITÉRIOS PARA A PARTICIPAÇÃO FINANCEIRA DO ESTADO NO FOMENTO AOS PROGRAMAS REGIONAIS RELATIVOS AOS RECURSOS HÍDRICOS DEFINIDAS EM ARTICULAÇÃO TÉCNICA FINANCEIRA E INSTITUCIONAL COM A UNIÃO ESTADOS VIZINHOS E ENTIDADES INTERNACIONAIS DE COOPERAÇÃO

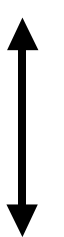
PROGRAMAS DE DESENVOLVIMENTO INSTITUCIONAL , TECNOLÓGICO , GERENCIAL , DE VALORIZAÇÃO PROFISSIONAL E DE COMUNICAÇÃO SOCIAL NO CAMPO DOS RECURSOS HÍDRICOS , AJUSTADOS ÀS CONDIÇÕES E PECULIARIDADES DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS



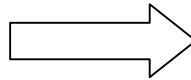
COMPATIBILIZAÇÃO DAS QUESTÕES INTERBACIAS E CONSOLIDAÇÃO DOS PROGRAMAS ANUAIS E PLURIANUAIS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS



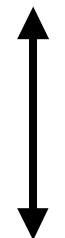
PROGRAMAS DE DESENVOLVIMENTO INSTITUCIONAL , TECNOLÓGICO , GERENCIAL DE VALORIZAÇÃO PROFISSIONAL E DE COMUNICAÇÃO SOCIAL NO CAMPO DOS RECURSOS HÍDRICOS



PLANOS E PROGRAMAS APROVADOS PELOS COMITÊS DE BACIAS SERÃO VINCULANTES PARA A APLICAÇÃO DOS RECURSOS DA COBRANÇA



ORIENTAÇÃO À APLICAÇÃO DOS RECURSOS DO FUNSO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS – FEHIDRO



RELATÓRIO DE SITUAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA  
BALANÇO ENTRE DISPONIBILIDADE E DEMANDA  
AVALIAÇÃO DO CUMPRIMENTO E PROPOSIÇÃO DE AJUSTE AOS PROGRAMAS  
DECISÕES TOMADAS PELO CONSELHO ESTADUAL E PELOS COMITÊS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

RELATÓRIO DE SITUAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO

MONITORAMENTO  
RELATÓRIOS ANUAIS  
SOBRE SITUAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

**POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS ESTABELECIDADA PELA LEI 9.433, DE 08/01/1997**

**DIRETRIZES GERAIS DE AÇÃO**

- 1 – GESTÃO SEM DISSOCIAÇÃO DA QUANTIDADE E QUALIDADE
- 2 – ADEQUAÇÃO ÀS DIVERSIDADES DAS REGIÕES
- 3 – INTEGRAÇÃO COM A GESTÃO AMBIENTAL
- 4 – ARTICULAÇÃO COM O PLANEJAMENTO DOS USUÁRIOS E COM O REGIONAL, ESTADUAL E NACIONAL
- 5 – ARTICULAÇÃO COM A GESTÃO DO USO DO SOLO
- 6 – INTEGRAÇÃO COM O GERENCIAMENTO COSTEIRO
- 7 – ARTICULAÇÃO DA UNIÃO COM OS ESTADOS

**OBJETIVOS**

- 1 – ASSEGURAR À ATUAL E ÀS FUTURAS GERAÇÕES A DISPONIBILIDADE E OS PADRÕES DE QUALIDADE
- 2 – UTILIZAÇÃO RACIONAL E INTEGRADA DOS RECURSOS HÍDRICOS, INCLUSIVE O TRANSPORTE AQUAVIÁRIO, COM VISTAS AO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
- 3 – PREVENÇÃO E DEFESA CONTRA EVENTOS HIDROLÓGICOS CRÍTICOS NATURAIS OU DECORRENTES DO USO INADEQUADO DOS RECURSOS NATURAIS

**FUNDAMENTOS**

- 1 – ÁGUA É BEM PÚBLICO
- 2 – RECURSO NATURAL LIMITADO DE VALOR ECONÔMICO
- 3 – PRIORIDADE PARA O CONSUMO HUMANO E DESSEDENTAÇÃO DE ANIMAIS
- 4 – GESTÃO DEVE PROPORCIONAR O USO MÚLTIPLO
- 5 – BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE TERRITORIAL
- 6 – GESTÃO DESCENTRALIZADA, COM PARTICIPAÇÃO DO PODER PÚBLICO, DOS USUÁRIOS E DAS COMUNIDADES

**INSTRUMENTOS**

**PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS ENQUADRAMENTO DOS CORPOS DE ÁGUAS EM CLASSES DE USO PREPONDERANTE**

- 1 – DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS
- 2 – ANÁLISE DE ALTERNATIVAS DE CRESCIMENTO ECONÔMICO, DE EVOLUÇÃO DAS ATIVIDADES PRODUTIVAS E DA OCUPAÇÃO DO SOLO
- 3 – BALANÇO ENTRE DISPONIBILIDADES E DEMANDAS FUTURAS DOS RECURSOS HÍDRICOS
- 4 – METAS DE RACIONALIZAÇÃO DO USO, DE AUMENTO DA QUANTIDADE E MELHORIA DA QUALIDADE
- 5 – MEDIDAS, PROGRAMAS E PROJETOS PARA ATENDIMENTO DAS METAS
- 6 – PRIORIDADE PARA OUTORGA DE DIREITOS DE USO
- 7 – DIRETRIZES E CRITÉRIOS PARA A COBRANÇA PELO USO DOS RECURSOS HÍDRICOS
- 8 – PROPOSTAS PARA CRIAÇÃO DE ÁREAS DE PROTEÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS
- 9 – ELABORADOS POR BACIAS, POR ESTADOS E PARA O PAÍS

**OUTORGA DE DIREITOS DE USO DE RECURSOS HÍDRICOS**

- 1 – DERIVAÇÃO OU CAPTAÇÃO DE ÁGUA
- 2 – EXTRAÇÃO DE ÁGUA DE UM AQUIFERO SUBTERRÂNEO
- 3 – LANÇAMENTO DE ESGOTOS E RESÍDUOS NOS CORPOS DE ÁGUA
- 4 – APROVEITAMENTO DO POTENCIAL HIDROELÉTRICO
- 5 – OUTROS USOS QUE ALTEREM O REGIME, A QUANTIDADE OU QUALIDADE DA ÁGUA

**COBRANÇA PELO USO DOS RECURSOS HÍDRICOS**

- 1 – RECONHECER A ÁGUA COMO BEM ECONÔMICO
  - 2 – INCENTIVAR A RACIONALIZAÇÃO DO USO
  - 3 – OBTER RECURSOS FINANCEIROS PARA OS PROGRAMAS
- 1 – SUJEITO À COBRANÇA OS USOS QUE DEPENDEM DE OUTORGA
  - 2 – NAS CAPTAÇÕES O VOLUME E REGIME DE VARIAÇÃO
  - 3 – NOS LANÇAMENTOS O VOLUME, O REGIME DE VARIAÇÃO E AS CARACTERÍSTICAS DO EFLUENTE

**SISTEMA DE INFORMAÇÕES SOBRE RECURSOS HÍDRICOS**

- 1 – SISTEMA DE COLETA, TRATAMENTO, ARMAZENAMENTO E RECUPERAÇÃO DE INFORMAÇÕES
  - 2 – DAR CONSISTÊNCIA E DIVULGAR DADOS E INFORMAÇÕES
  - 3 – DADOS SOBRE DISPONIBILIDADE E DEMANDA DE RECURSOS HÍDRICOS
  - 4 – FORNECER SUBSÍDIOS PARA A ELABORAÇÃO DOS PLANOS DE RECURSOS HÍDRICOS
- 1 – DESCENTRALIZAÇÃO DA OBTENÇÃO E PRODUÇÃO DE DADOS E INFORMAÇÕES
  - 2 – COORDENAÇÃO UNIFICADA
  - 3 – ACESSO AOS DADOS E INFORMAÇÕES GARANTINDO A TODA A SOCIEDADE

