Cadernos de Educação Ambiental

RECURSOS HÍDRICOS

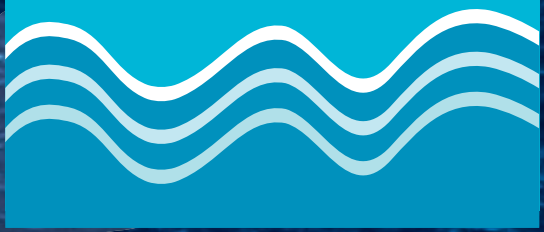
GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE

14

14

Cadernos de Educação Ambiental

RECURSOS HÍDRICOS



2ª Reimpressão

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE
SÃO PAULO
2014

Governo do Estado de São Paulo
Governador *Geraldo Alckmin*

Secretaria do Meio Ambiente
Secretário *Rubens Rizek Jr.*

Coordenadoria de Educação Ambiental
Coordenadora *Yara Cunha Costa*

A água é um recurso natural essencial para a vida no planeta. Embora o nosso planeta seja composto por três quartos de água e um quarto de terra, não significa que a água seja um recurso que temos "de sobra". Do total da água existente no mundo, 97,5% é água salgada e apenas 2,5% doce. Isso ainda é bastante água, porém, a água é distribuída, demandada e consumida de forma desigual. Além disso, há muito desperdício.

Segundo a Unicef (Fundo das Nações Unidas para a Infância), menos da metade da população mundial tem acesso à água potável. A irrigação corresponde a 73% do consumo de água; a indústria 21% e apenas 6% destina-se ao consumo humano.

Nesse contexto, a gestão adequada dos recursos hídricos torna-se ponto prioritário na política ambiental de qualquer lugar e no Estado de São Paulo não é diferente. A Região Metropolitana de São Paulo, por exemplo, é uma macrometrópole que demanda muita água. Muito mais água do que existe em suas bacias. Por esse motivo, essa região já "importa" água de outras bacias do Estado.

Além de ser importante para o consumo humano, para a agricultura e a indústria, a água também é essencial para a produção de energia elétrica, é um importante modal de transporte e é vital para perpetuação das demais espécies de flora e fauna do planeta.

Este Caderno de Educação Ambiental traz à tona esse assunto que é tão relevante para a gestão ambiental: os recursos hídricos. A publicação aborda conceitos básicos como ciclo da água, bacias hidrográficas, poluição das águas, pluviometria, disponibilidade da água, regiões hidrográficas, águas superficiais e subterrâneas, usos da água e alterações advindas do aquecimento global. O leitor também conhecerá as características dos cinco principais rios paulistas, entendendo porque eles são parte fundamental da história do Estado de São Paulo.

É primordial que o cidadão possa acompanhar o papel dos Comitês de Bacias Hidrográficas e saber como a sociedade pode e deve participar da gestão desses recursos. A reversão de quadros de escassez e poluição deve ser compromisso de todos. Conhecer o que se pretende defender e proteger é o primeiro passo e esta publicação cumpre bem esse papel.

Rubens Rizek Jr.

Secretário de Estado do Meio Ambiente

SUMÁRIO

1. CONCEITOS 11

O ciclo da água 12

Água e vida 14

Bacia hidrográfica 16

Componentes da identidade de um rio 18

Poluição 23

Água e recurso hídrico 26

2. A ÁGUA NO MUNDO 27

Pluviometria 28

Disponibilidade de água 32

3. ÁGUAS NO BRASIL 35

Regiões hidrográficas 36

Águas superficiais 38

Águas subterrâneas 39

Usos da água 46

4. ÁGUAS EM SÃO PAULO 53

Águas superficiais e águas subterrâneas 54

História e condição dos principais cursos d'água em São Paulo 60

5. ADMINISTRANDO A ÁGUA 73

A gestão paulista das águas 77

6. MUDANÇAS CLIMÁTICAS E A ÁGUA 81

Tempo e clima 82

Efeito estufa e aquecimento global 85

Como avaliar as mudanças climáticas 87

O que fazer 90

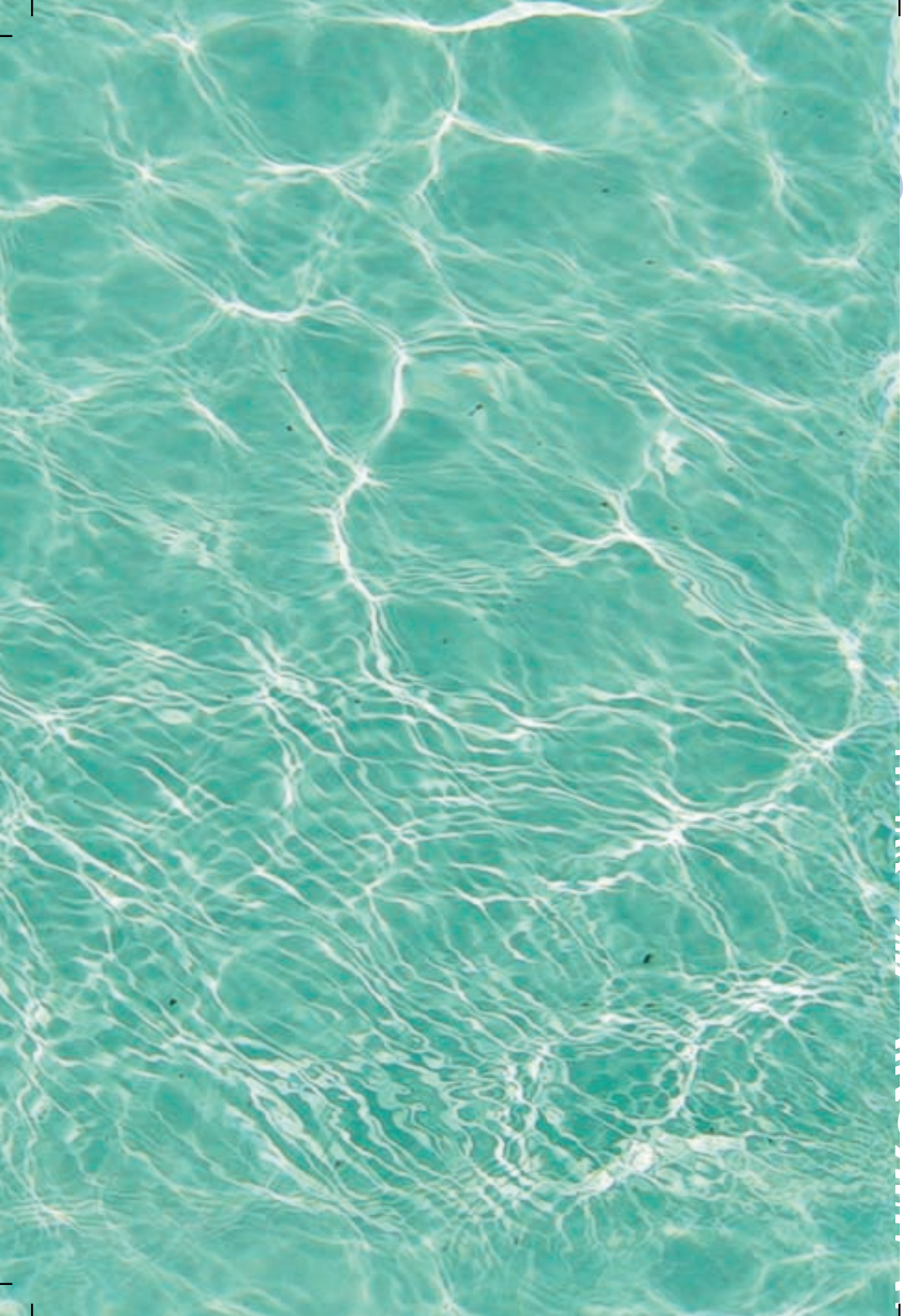
Mais informações 93

Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) 94

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 96

LISTAS DE FIGURAS 98

LISTAS DE TABELAS 98



1 CONCEITOS

O ciclo da água

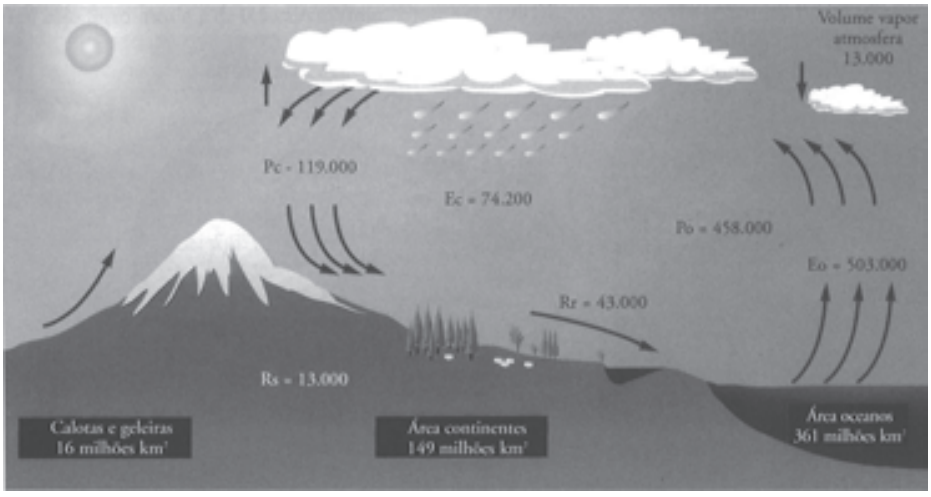
O ciclo hidrológico é o *moto perpétuo* da água entre oceanos, atmosfera e continentes, no processo constante de renovação quantitativa e qualitativa da água, em períodos variáveis, de horas a milênios - de uma altura de15 quilômetros acima da superfície, à profundidade de quase cinco quilômetros - para devolver ao planeta a água, doce, livre de impurezas e possibilitar a vida.

O volume de água do planeta é fixo. Estima-se que nas formas líquida e sólida alcance 1,4 bilhão de quilômetros cúbicos. (SHIKLOMANOV, apud VILLIERS, 2002)

Acionada pelo calor do Sol, a água evapora dos oceanos, o maior reservatório do planeta, e dos cursos d'água superficiais, do solo, da neve e gelo, dos seres vivos e da vegetação, mistura-se com o ar, é empurrada pelos ventos em torno da Terra, sobe e se condensa em nuvens. Sob o efeito da elevação da temperatura ou da altitude, precipita-se como orvalho, neve, granizo, geada, chuva, nevoeiro e escoa dos lugares mais altos para os mais baixos. Parte penetra no solo e parte se junta aos fluxos dos rios que retornam aos oceanos.

Sem princípio nem fim, o ciclo hidrológico é eterno.

Figura 1. Volume de água em circulação na Terra – km³/ano (1 km³ =1 bilhão de m³)
Fonte: Adaptado de Shiklomanov, in IHP/Unesco, 1998 (apud Rebouças; Braga; Tundisi; 2006, p.7).



Po = precipitação nos oceanos, **Eo** = evaporação dos oceanos, **Pv** = precipitação nos continentes, **Ec** = evaporação dos continentes, **Rr** = descarga total dos rios, **Rs** = contribuição dos fluxos subterrâneos às descargas dos rios.

EVAPORAÇÃO - Passagem lenta e gradual do estado líquido da água armazenada na superfície terrestre, acionada pela energia solar, para o estado de vapor, na atmosfera, constantemente renovado e perdido pela precipitação. Devido às temperaturas mais altas, dois terços da evaporação mundial ocorrem próximo ou nas áreas tropicais e equatoriais. Da água que evapora dos oceanos, 90% voltam para o mar como chuva ou neve.

EVAPOTRANSPIRAÇÃO - Evaporação da água e transpiração das plantas e dos animais combinadas em um único parâmetro. A água retirada do solo pelas raízes das plantas é transferida para as folhas de onde se evapora. A parcela que penetra no solo contribui para manter a vegetação e retorna à atmosfera. Como as plantas, os animais constantemente retêm e devolvem água ao planeta.

CONDENSAÇÃO - Formação de nuvens e nevoeiro na atmosfera, por uma parte da água que se evapora e passa do estado de vapor para o estado líquido. De início, microscópicas, as gotículas d'água se agregam em torno de um núcleo de material em suspensão no ar, como grãos de pólen, fungos, poeiras e sal da maresia, que depois se unem em gotas mais pesadas e caem.

PRECIPITAÇÃO - Retorno das águas à superfície terrestre, nos continentes e oceanos, na forma de neve, orvalho, granizo, geada e chuva, seguindo as inclinações do relevo. É desigual no planeta; porém maior próximo ao equador.

ESCOAMENTO - Fluxo das águas das chuvas, que correm pela superfície e alimentam o volume das águas que fluem pelos leitos dos rios, até atingir os oceanos.

INFILTRAÇÃO - Parcela da água da chuva que penetra no solo, acumula-se nas camadas de rochas do subsolo e origina as águas subterrâneas, lençóis freáticos e aquíferos.

PERCOLAÇÃO - Água que penetra no solo e nas formações rochosas até o lençol freático.

TRANSPIRAÇÃO - Processo de perda de vapor de água pelas plantas, que entra na atmosfera.

Água e vida

Das águas do planeta, apenas 2,5% são doces. Desse volume, a maior parte (68,9%) forma as calotas polares, geleiras e neves eternas que cobrem os cumes das montanhas mais altas e os aquíferos profundos da Antártica e Groenlândia, inacessíveis a milhões de pessoas que habitam essas regiões. As águas subterrâneas (29,9%) ocupam o segundo lugar em volume no ciclo hidrológico. A umidade dos solos e as águas dos pântanos representam perto de 0,9% do total da água doce; os rios e lagos somam apenas 0,3%. Os oceanos contêm 97,5% do total da água

da Terra e cobrem dois terços do planeta com água salgada.

Para o consumo público e as atividades econômicas utilizam-se as águas emersas ou as águas interiores dos continentes e ilhas, captadas dos rios, lagos e represas, em constante renovação pela força das chuvas, e os aquíferos subterrâneos, que abastecem dois terços da população mundial.

Figura 2. Volume de água doce e de água salgada na Terra.

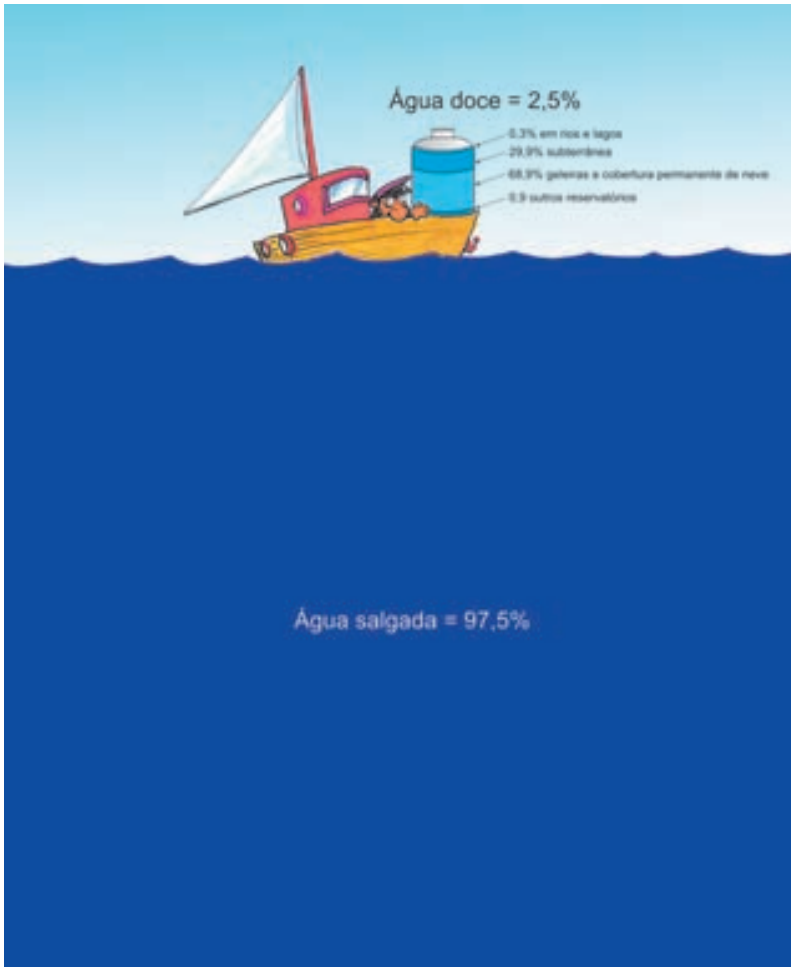


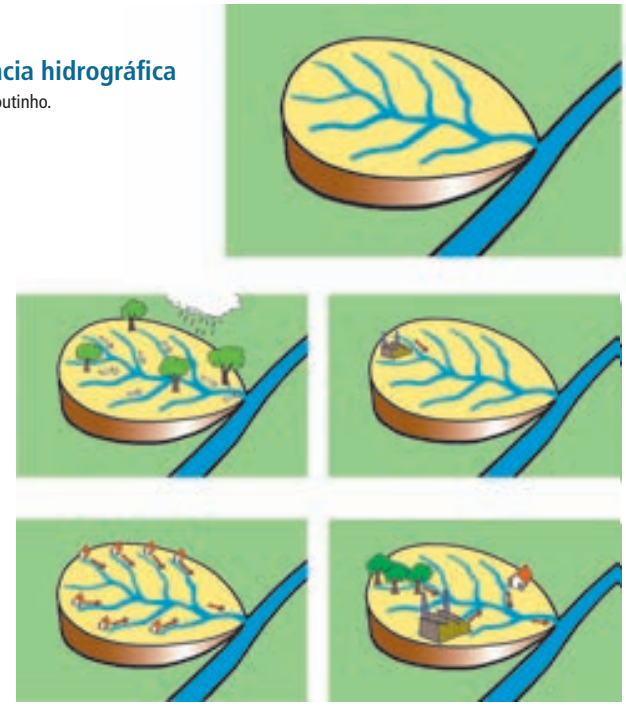
Ilustração: Benedito Coutinho.

Bacia hidrográfica

É o conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes. A área da bacia hidrográfica é delimitada das cabeceiras ao ponto de saída da água (exutório). As chuvas e os fluxos subterrâneos são as entradas de água na bacia. A evaporação, a transpiração das plantas e animais e o escoamento das águas superficiais e subterrâneas são as saídas. Nas bacias hidrográficas a água escoa normalmente dos pontos mais altos para os mais baixos.

A área de drenagem, calculada em quilômetros quadrados (km^2), a extensão do rio principal em quilômetros (km) e sua declividade e a declividade do terreno caracterizam cada bacia hidrográfica. A vazão é expressa de modo geral, em metros cúbicos por segundo (m^3/s) ou em litros por segundo (L/s).

Figura 3.
Exemplo de bacia hidrográfica
Ilustração: Benedito Coutinho.
Fonte: DAEE (2002).



As bacias hidrográficas distinguem-se por fatores físicos e caracterizam-se pela ocupação do solo e pela ação dos grupos sociais que se instalam na região e determinam os usos da água na bacia, no ambiente rural ou urbano, interferindo no meio físico em razão dos seus interesses.

No território da bacia hidrográfica desenvolvem-se as atividades humanas e se concentram as cidades e populações, as áreas rurais, os pólos industriais, as regiões pecuárias, as áreas de preservação da fauna e da flora, os pequenos e os grandes cursos d'água.

Para a gestão dos recursos hídricos concorrem algumas ciências, como, por exemplo, a Hidrografia, que descreve oceanos e mares, lagos, rios, entre outros cursos d'água, com relação ao uso. O termo aplica-se, ainda, ao conjunto das águas correntes ou estáveis de uma região. Esse conhecimento contribui para identificar as declividades do solo, em geral, com base no traçado de curvas de nível para delimitar o território das bacias, elaborar o diagnóstico e avaliar a condição de escoamento das águas.

De posse dos dados da rede hidrográfica da bacia, inicia-se o reconhecimento dos fatores relativos à disponibilidade de água e daqueles que influenciam a demanda, como quantidade, qualidade, localização, distribuição temporal, custos para exploração, grau de preservação e/ou de degradação dos rios e sustentabilidade dos recursos hídricos.

Com o auxílio da Pedologia, identifica-se o tipo de solo e realiza-se o estudo do seu perfil, para avaliar o comportamento das águas das chuvas e a disponibilidade hídrica de uma região, o que contribui para o planejamento e alocação dos usos da água na bacia hidrográfica.

O perfil do solo é uma seção vertical da superfície até a rocha matriz, que mostra, na maior parte dos casos, uma série de camadas dispostas longitudinalmente chamadas horizontes. O levantamento pedológico, apresentado em mapa, revela a distribuição espacial dos solos na paisagem, enquanto o relatório técnico descreve a situação encontrada e as características morfológicas de formação dos solos (propriedades químicas, físico-hídricas e mineralógicas).

A Geomorfologia é o ramo das ciências geográficas que estuda as formas, as relações e a organização dos componentes dos sistemas que constituem a superfície terrestre ou o seu relevo e o comportamento hidráulico.

O conhecimento geomorfológico de uma região permite identificar as bacias hidrográficas, o impacto causado pelas ações antrópicas sobre o equilíbrio dos ecossistemas e avaliar a influência da relação chuva-vazão e demais fatores do ciclo hidrológico.

Componentes da identidade de um rio

O rio é um curso d'água natural, que flui continuamente. Sua vazão deságua no mar, num lago ou em outro rio e, neste caso, denomina-se afluente.

São características de um rio o nível da água, que é a altitude da água correspondente à superfície do espelho d'água e a cota de fundo, que delimita o ponto inferior do rio em uma seção. No leito menor do rio, a água escoa durante quase todo o tempo dentro de suas margens. No leito maior, o rio se espraia durante as inundações.

Outra característica considerada é a declividade - a inclinação da superfície do terreno em relação ao plano horizontal -, que permite o escoamento das águas até o ponto mais baixo do relevo ou de saída da água. Quanto maior a declividade, maior a velocidade de escoamento. A vazão é o volume de água escoado na unidade de tempo, em uma determinada seção do curso d'água.

Vazão

A necessidade de medir o comportamento físico de um corpo d'água em movimento ou em repouso sempre existiu. Ao longo do tempo e após inúmeras tentativas, foram desenvolvidas técnicas e equipamentos que hoje permitem o registro da velocidade, pressão, temperatura e vazão de um corpo d'água, com certa facilidade.

Uma das variáveis é o cálculo da vazão para quantificar o consumo, avaliar a disponibilidade de água e planejar a gestão dos recursos hídricos. As vazões são igualmente importantes em projetos de obras hidráulicas, no cálculo do calado para a navegação, na capacidade de recebimento dos efluentes urbanos e industriais e nas estimativas de irrigação, entre tantas outras aplicações.

A vazão ou descarga do rio é a quantidade de água que passa por uma determinada seção de rio ou canal em um intervalo de tempo. Expressa de modo geral em m^3/s ou L/s, é determinada pelas variáveis de profundidade, largura e velocidade do fluxo.

A corrente de um curso d'água flui de montante para jusante. A vazão aumenta da nascente (montante), região mais alta do rio, para as áreas rio abaixo, até a foz (jusante). Sujeita às variações do clima, é maior durante os períodos chuvosos, diminui nas épocas de secas, e sob efeito das estações do ano é menor quando as taxas de evaporação são elevadas.

Os métodos adotados para medir a vazão podem ser indiretos, como um objeto lançado na água, para estimar a velocidade que percorre em uma determinada distância, ou automáticos, com o uso de tecnologias avançadas.

O método descrito a seguir é uma técnica simplificada, porém, realizada com critério, fornece uma estimativa da descarga de córregos, por exemplo. Neste caso, utiliza-se um flutuador para estimar a velocidade média do fluxo e a área da seção transversal do rio no ponto em que é feita a medição. São indispensáveis à medição da vazão com flutuador:

- piquetes (no mínimo dois, de madeira) paralelos à margem do rio. Servem como referência para a contagem do tempo entre a largada e a chegada do flutuador;
- trena de no mínimo 10 metros para medir a largura do rio, a distância entre piquetes e as distâncias da margem para a medição das profundidades da calha do rio;
- régua impermeável ou outro tipo de instrumento para medir a profundidade do rio, como uma vara de bambu, corda com peso, ou fita métrica laser.
- flutuador ou qualquer objeto que flutue e possa ser acompanhado visualmente da margem do rio, de preferência não muito leve, para resistir à força do vento;
- cronômetro, calculadora e máquina fotográfica;
- mapa do rio, com roteiro de chegada aos pontos predeterminados.

Seleção de um trecho do rio

O trecho escolhido para medir a vazão não deve ter curvas, nem águas paradas. Grandes modificações a montante do trecho selecionado devem ser evitadas, como abertura e fechamento de comportas de reservatórios, funcionamento ou desligamentos de grandes captações de água e outras que possam alterar a vazão do rio.

Passos para a medição

Distância (d) em metros: a extensão do rio que o flutuador deve percorrer pode ser considerada como equivalente a duas ou três vezes a largura do rio no trecho escolhido. Assim, por exemplo, se o rio tiver 5 metros de largura, a distância entre os piquetes será de 2 x 5 m = 10 m, ou de 3 x 5 m = 15 m.

Tempo (t) em segundos: o tempo que o flutuador leva para percorrer a distância prevista deve ser a média de três repetições, o que significa lançar o flutuador e efetuar a medição pelo menos três vezes seguidas para maior precisão na estimativa.

Área da seção transversal do rio (A) em metros quadrados: a área da seção do rio é o produto da largura do rio pela média das profundidades na seção considerada. A medida da largura do rio é feita com o uso de trena, orientada por uma corda esticada de margem a margem, ao longo da qual são marcados intervalos iguais. Em seguida, mede-se a profundidade em cada intervalo marcado. Obtém-se o cálculo da profundidade média da seção dividindo-se o total das medições pelo número de intervalos acrescido de +1. Soma-se + 1 ao número total de intervalos, porque é preciso considerar a profundidade zero. De posse dessas medidas, pode-se obter a área média da seção multiplicando-se a largura do rio pela profundidade média.

Figura 4. Seção de um rio

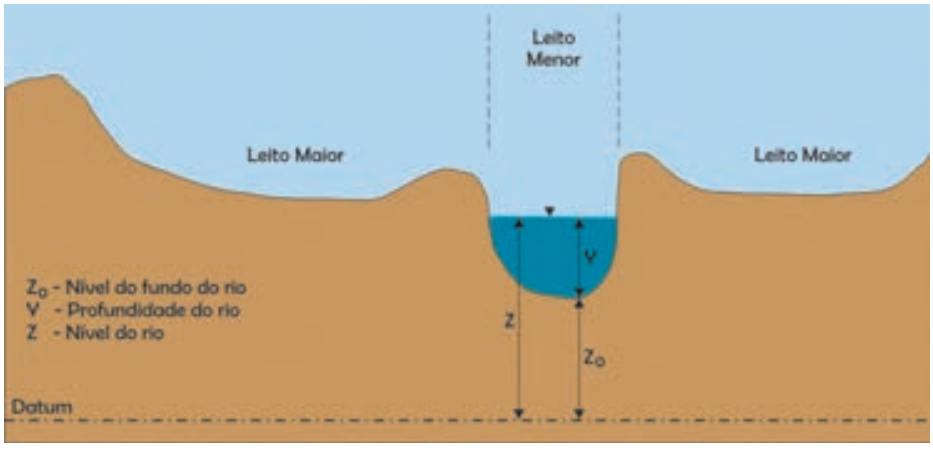


Ilustração: Antonio C. Palácios.

Cálculos

Velocidade (V) em metros por segundo: a velocidade do flutuador é o espaço por ele percorrido (distâncias entre os piquetes) – (d) dividido pelo tempo (t) cronometrado no trecho. Admite-se que essa velocidade seja a mesma da correnteza na superfície do rio.

Exemplo: se a distância é igual a 10 metros e o tempo 5 segundos, com o uso da fórmula: V = d / t, tem-se V = 10 / 5 = 2 m/s.

Vazão ou descarga (Q) em metros cúbicos por segundo: é o produto da área da seção transversal (A) do rio, pela velocidade média do escoamento (V_m). A vazão é determinada pela equação: Q = C (0,8) x A x V. O coeficiente C= 0,8, ou fator de correção, significa que a velocidade média do fluxo é em média 20% inferior à apresentada na superfície do espelho d'água. Dando continuidade ao exemplo hipotético, se a área da seção mede 4 m^2, pode-se estimar a vazão com o emprego da equação: Q = 0,8 x 4 x 2 = 6,4 m^3/s.

A medida da vazão em uma seção transversal de um canal fluvial é feita normalmente com o auxílio de molinete (equipamento que mede a velocidade da água em qualquer profundidade), com o qual se obtém a medida da velocidade da corrente fluvial em pontos preestabelecidos.

Dessa forma, a determinação da vazão é feita em duas etapas. Inicialmente, realiza-se a batimetria da seção do rio que possibilita o cálculo da área da seção. Em seguida, identifica-se a velocidade do rio em vários pontos da seção, com o auxílio de um molinete. A vazão do rio é determinada pela equação: Q= A.Vm.

As ferramentas utilizadas para o levantamento batimétrico (procedimento para conhecer a geometria do leito de canal, rio etc.) podem ser manuais ou automáticas.

Poluição

Poluição é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas do meio ambiente — água, ar e solo — causada por qualquer forma de energia ou substância sólida, líquida e gasosa ou a combinação de elementos lançados no meio ambiente, em níveis capazes de direta ou indiretamente: prejudicar a saúde, a segurança e o bem-estar da população; criar condições inadequadas às atividades domésticas, agropecuárias, industriais e outras, com prejuízos às demandas sociais ou econômicas; e causar danos relevantes aos recursos naturais.

Alguns tipos de poluição decorrem de fenômenos naturais. Entretanto, na maior parte dos casos, resultam das ações antrópicas.

A contaminação é um caso particular de poluição hídrica. Atribui-se essa denominação genérica às consequências da poluição, como os efeitos da introdução de substâncias ou organismos nocivos na água, que afetam a saúde pública.

Índices de qualidade das águas

A crescente preocupação social com os aspectos ambientais e com o desenvolvimento requer um elevado número de informações em graus de complexidade cada vez maiores. Os indicadores tornaram-se fundamentais no processo decisório das políticas públicas e no acompanhamento dos seus efeitos. Desde 1975, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) utiliza o índice de qualidade das águas (IQA) como informação básica de qualidade da água para o público em geral e para a gestão das 22 (vinte e duas) Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHIs) paulistas.

Tanto a legislação estadual como a federal estabelecem que os usos preponderantes dos recursos hídricos, entre outros, são o abastecimento público e a preservação do equilíbrio das comunidades aquáticas.

IQA – Índice de Qualidade das Águas

É um índice consolidado a partir da composição de nove parâmetros, a saber: temperatura da água, pH, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total, resíduo total e turbidez. O indicador varia de 0 a 100, sendo a qualidade da água dividida em classes, de acordo com as seguintes faixas:

Classe	Intervalo do IQA
Ótima	79 – 100
Boa	51 – 79
Regular	36 – 51
Ruim	19 - 36
Péssima	< 19

O IQA mede a qualidade da água bruta ao longo do rio, indicando o grau de poluição.

A partir de 2002, a CETESB adota índices específicos que refletem a qualidade da água para cada uso dos recursos hídricos: Índice de Qualidade de Águas Brutas para fins de Abastecimento Público (IAP); Índice de Qualidade de Águas para Proteção da Vida Aquática (IVA); e Índice de Balneabilidade (IB).

As variáveis de qualidade consideradas no cálculo do IQA refletem, principalmente, a contaminação dos corpos hídricos ocasionada pelo lançamento dos esgotos domésticos. É importante salientar que o IQA foi desenvolvido para avaliar a qualidade das águas, tendo como principal determinante sua utilização para o abastecimento público, considerando aspectos relativos ao tratamento.

IAP – Índice de Qualidade de Águas Brutas para fins de Abastecimento Público

O índice é uma associação do IQA com o ISTO – Índice de Substâncias Tóxicas e Organolépticas, ou seja, as substâncias que afetam o odor, gosto

e a cor da água. Para o cálculo, utiliza-se o valor do IAP ponderado pela vazão captada no corpo d'água. Os intervalos de classe da água são os mesmos do IQA.

IVA - Índice de Qualidade de Águas para a Proteção da Vida Aquática

O índice tem como objetivo avaliar a qualidade da água para a proteção da fauna. O cálculo leva em conta a concentração de contaminantes, seu efeito sobre os organismos aquáticos (toxicidade) e duas variáveis consideradas essenciais para a biota: pH e Oxigênio Dissolvido (OD).

A qualidade da água para a proteção da vida aquática tem a seguinte classificação:

Classe	Intervalo do IVA
Ótima	≤ 2,5
Boa	2,6 – 3,3
Regular	3,4 – 4,5
Ruim	4,6 – 6,7
Péssima	≥ 6,8

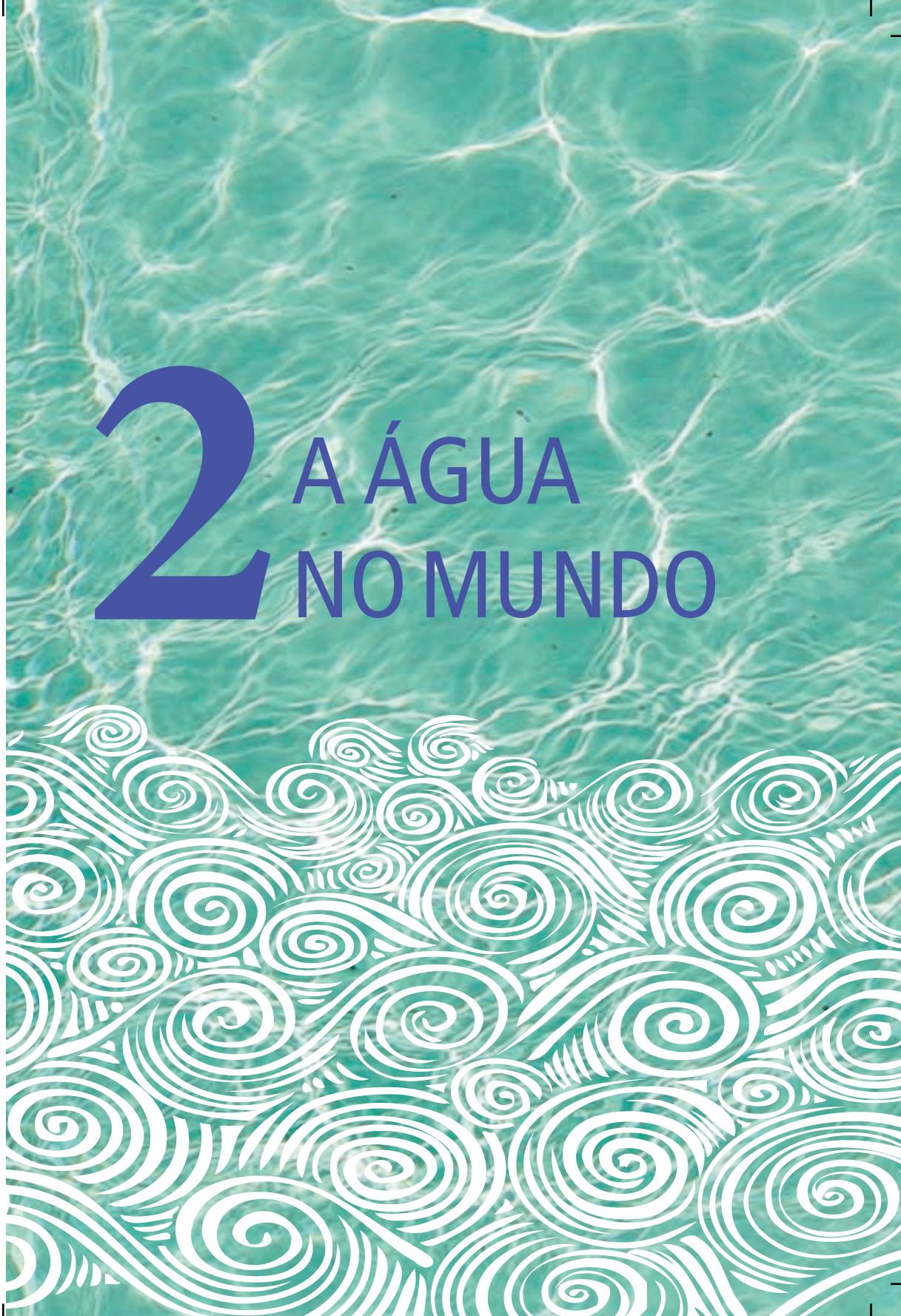
O IAP comparado com o IQA é um índice mais fidedigno da qualidade da água bruta a ser captada; que, após tratamento, será distribuída à população. Do mesmo modo, o IVA foi considerado o indicador mais adequado da qualidade da água para a proteção da vida aquática, porque incorpora com ponderação significativa variáveis mais representativas, especialmente toxicidade e eutrofização.

O Índice de Balneabilidade (IB) avalia as condições da água para a recreação de contato primário nas praias de águas interiores de reservatórios e rios.

Água e recurso hídrico

O termo água refere-se, em geral, ao recurso natural, desvinculado de qualquer uso. Todo recurso hídrico é água, mas nem toda água é recurso hídrico; nem sempre seu uso possui viabilidade econômica. A apropriação da água para atingir um fim nas atividades econômicas e no trabalho envolve sua transformação em bem econômico, que passa a ser considerado como recurso hídrico.

Água e recurso hídrico são termos comumente empregados com o mesmo significado. Para o jurista Cid Tomanik Pompeu, água é gênero, é o elemento natural; recurso hídrico é espécie, é a água como bem econômico. Os textos legais privilegiam recursos hídricos, sinalizando o interesse econômico de exploração e aproveitamento na política de recursos hídricos, gestão de recursos hídricos, como é o caso da Lei Estadual 7.663/91, que cria o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo.



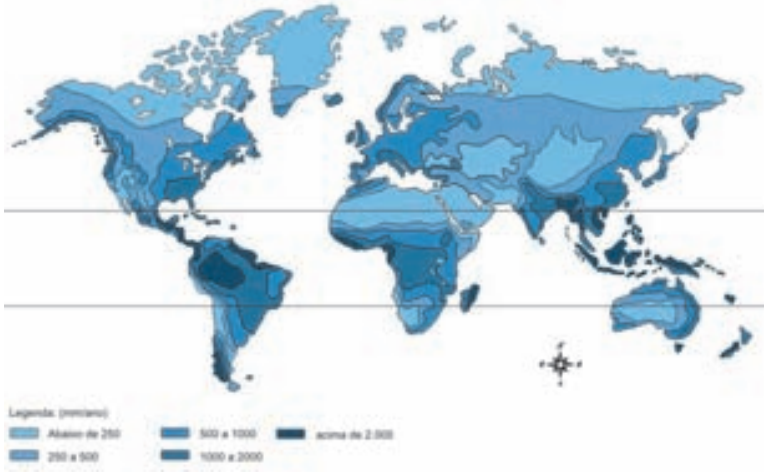
2 A ÁGUA NO MUNDO

Pluviometria [1]

O movimento constante da água no ciclo hidrológico transfere anualmente quase 48 mil quilômetros cúbicos de água dos oceanos para os continentes, por precipitação. Essa água é distribuída de forma desigual no espaço e no tempo. Geralmente, as áreas desérticas recebem menos de 250 milímetros por ano, ao passo que, em outras áreas, a precipitação anual alcança 12 mil milímetros. Em muitas regiões, a precipitação é sazonal, como no subcontinente Índico, onde as monções leste-oeste trazem as chuvas somente em certos meses no verão. Sujeitas a variações em quantidade de ano para ano, as chuvas irregulares são comuns em áreas mais secas, podendo ocorrer em apenas alguns dias a cada ano; toda a precipitação anual pode ocorrer em uma única tempestade, em poucas horas.

Três variáveis regionais caracterizam a origem local das águas: as precipitações, que geram um recurso para a vegetação natural e as culturas pluviais e formam o escoamento superficial; os fluxos de água subterrânea; e a recarga dos teores de umidade dos solos.

Figura 5. Distribuição mundial das precipitações médias anuais nos continentes



Fonte: The Open University 2000, p. 22.

1. Resumido e adaptado de Rebouças; Braga; Iundisi (2006,p.1-25).

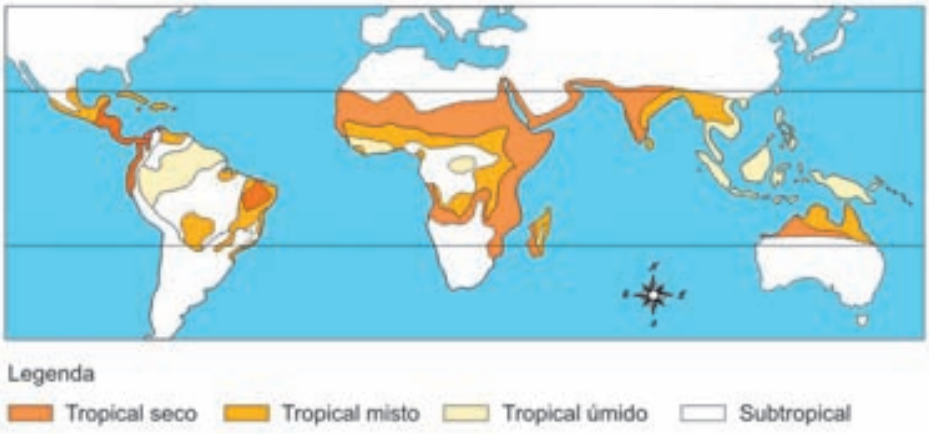
Regiões úmidas

A distribuição das chuvas no mundo (figura 6) mostra que a maior precipitação ocorre nas regiões intertropicais e temperadas do planeta.

Nas regiões úmidas existe um "excedente hídrico": parte forma o escoamento superficial, que deságua nos rios e lagos naturais e ocasionalmente gera enchentes locais; parte infiltra-se nos terrenos da bacia hidrográfica e vai alimentar a umidade do solo, que garante o desenvolvimento da biomassa vegetal natural ou cultivada nas faixas úmidas intertropicais e constitui reservas de água localizadas onde as chuvas ocorrem. A parcela infiltrada alimenta os fluxos de água subterrânea, que vão abastecer os rios durante os períodos de estiagem. Uma parcela desses fluxos deságua nos rios, perenizando-os. Os fluxos subterrâneos que deságuam na rede hidrográfica são fundamentais para alimentar o escoamento de base dos rios.

A interação de fatores pluviométricos e fisiográficos resulta na variação de graus de umidade tanto espacial como temporal. Na faixa de clima equatorial úmido, as chuvas são abundantes e relativamente regulares, ocasionando excedentes hídricos durante 9 a 12 meses do ano. No setor de clima tropical subúmido, as chuvas são menos abundantes e menos regulares, resultando numa estação úmida de 7 a 9 meses por ano. Nas zonas de clima tropical misto, o regime chuvoso é variável, abrangendo 4 a 7 meses por ano. Nos domínios de clima tropical seco, o regime de precipitações pode ser muito variável, resultando em uma estação úmida, de menos de 4 meses a cada ano. Os maiores rios do mundo estão total ou parcialmente inseridos nessa faixa úmida.

Figura 6. Distribuição das regiões úmidas da Terra.



Fonte: IHP/Unesco (1991).

Nas regiões com excedentes hídricos e formação de importantes reservas de água subterrânea, os rios são perenes, os lagos e outros reservatórios de superfície podem estar sempre cheios. Nesse contexto, a percepção é de abundância. A água é vista como um recurso natural renovável inesgotável; e o conceito de conservação significa deixá-la fluir.

O cálculo das precipitações médias anuais de longo período, descontada a evapotranspiração das águas dos continentes, caracteriza condições úmidas gerais no mundo. Todavia, esses valores resumidos não revelam os problemas regionais e locais de escassez em grandes extensões continentais, geram prejuízos econômicos e danos sociais, como no Norte da África, no Centro-Oeste dos Estados Unidos ou no semiárido brasileiro.

Mesmo em regiões com excedentes hídricos, a falta de condições geológicas para a formação de reservas importantes de água subterrânea, como acontece no domínio de rochas cristalinas da zona semiárida do nordeste brasileiro, pode originar um quadro de rios temporários ou intermitentes nos períodos de estiagem.

Nesse caso, o conceito de conservação da água, implica na construção de barragens nos rios, para retenção dos excedentes hídricos, que podem

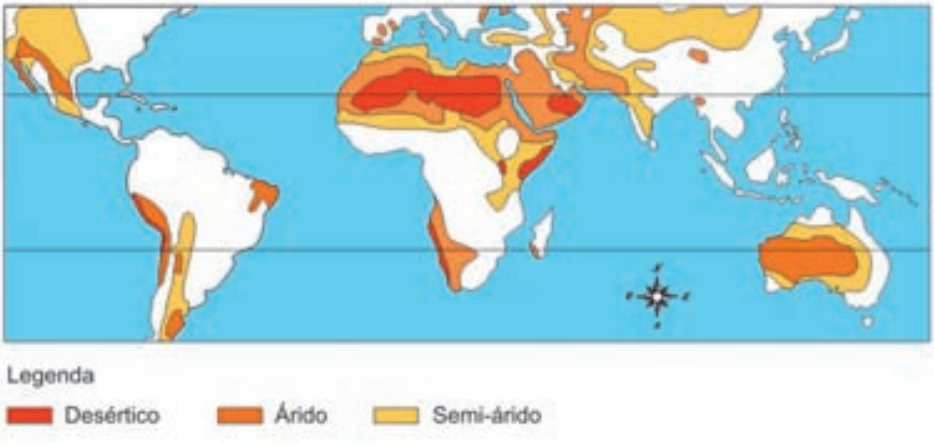
ocorrer nos anos de pluviometria normal ou durante alguns poucos meses dos anos de chuvas muito irregulares.

Regiões mais secas da Terra

Se a quantidade de água precipitada for menor do que a água evapotranspirada e disso resultar um valor negativo, há "déficit hídrico" ou a região é seca, caso em que as recargas das águas subterrâneas e os escoamentos de superfície podem tornar-se escassos ou efêmeros. Em consequência, os rios e lagos podem secar temporariamente, os solos perdem umidade sob o efeito dos processos de evaporação intensa e o desenvolvimento regular da biomassa, natural ou cultivada, exige o uso da irrigação.

A figura 7 mostra a distribuição das regiões mais secas no planeta. A delimitação dessas zonas baseia-se nos índices de aridez bioclimática, expressos pelas relações entre os valores médios anuais de precipitação e evapotranspiração. O mapa não considera a variabilidade anual das chuvas, fator de extrema importância, sobretudo com relação à produtividade agrícola de subsistência.

Figura 7. Regiões mais secas da Terra.



Fonte: IHP/Unesco, 1991.

Disponibilidade de água

Apesar de apenas cerca de 200 mil quilômetros cúbicos de água totalizarem os volumes estocados nas calhas dos rios e nos lagos de água doce, esses mananciais - mais acessíveis e mais utilizados para suprir as necessidades sociais e econômicas da humanidade - são vitais para os ecossistemas. Alguns interpretam esse cenário como de crise de água, visto que a população mundial (5 a 6 bilhões de habitantes) esgotaria esse volume em cerca de trinta a quarenta anos de uso.

Entretanto, o ciclo hidrológico proporciona uma apreciável renovabilidade dos volumes de água estocados nas calhas dos rios, embora a variabilidade desse mecanismo possa ser muito grande, tanto no tempo como no espaço.

A consideração dos potenciais de água nos rios de cada país, no que diz respeito ao volume per capita (ou de reservas sociais), permite corrigir a influência das grandes diferenças de densidades de população. Essas relações caracterizam a riqueza ou a pobreza de água nos países. Entretanto, constata-se que a distribuição das águas entre os indivíduos é muito mais desigual do que entre os países, pois é pequena a relação entre a densidade populacional e a distribuição dos potenciais de água doce de cada país.

Com base na população de 1995, os países se agrupam nas classes de muito pobre de água doce (< 500 m^3 per capita/ano) a muito rico (>100 mil m^3/per capita/ano), enquanto seus níveis de consumo variam entre muito baixo (<100 m^3 per capita/ano) a muito alto (> 2 mil m^3 per capita/ano). Nessas avaliações, considera-se que as atuais formas de uso não apresentarão sensível incremento de eficiência.

A distribuição continental dos potenciais correspondentes às descargas de água nos rios e às quantidades per capita durante um ano médio, sofre a influência do contingente populacional. Embora a Ásia seja comparativamente a região com maior descarga de água doce, seus habitantes

dispõem das menores taxas, enquanto a Austrália/Oceania, com os menores potenciais, proporcionam maiores disponibilidades per capita. Quanto à distribuição por país, os habitantes das nações da América do Sul são relativamente os mais ricos em água doce, enquanto os dos países do Norte da África, em termos relativos, são os mais pobres.

Tabela 1. Distribuição dos países segundo níveis potenciais e uso da água (m³/hab/ano)

POTENCIAIS NÍVEIS DE USO	MUITO POBRE <500	POBRE 500 – 1.000	REGULAR 1.000 – 2.000	SUFICIENTE 2.000 – 10.000	RICO 10.000 – 100.000	MUITO RICO >100.000
MUITO BAIXO <100	Bahamas Malta Cingapura	Quênia	Burkina Fasso Etiópia	Costa do Marfim Gana Nigéria Tanzânia	Angola Camarões Chade Congo Indonésia Vietnã Zaire	Gabão Papua
BAIXO 100 - 500	Argélia Emirados Árabes Gaza Iêmen Israel Jordânia Qatar Tunísia	Cabo Verde	África do Sul Haiti Líbano Marrocos Oman Polônia República Tcheca Senegal Somália Zimbábue	Belarus China Etiópia	Áustria Bangladesh Bolívia BRASIL Colômbia Mali Suécia Venezuela	G. Francesa Islândia
MODERADO 500 – 1.000	Arábia Saudita Líbia		Bélgica Chipre Ucrânia	Alemanha Cuba Espanha França Holanda Índia Itália Japão México Peru Síria Sudão Suíça Reino Unido Turquia	Albânia (Iugoslávia) Malásia Nova Zelândia Rússia	

POTENCIAIS NÍVEIS DE USO	MUITO POBRE <500	POBRE 500 – 1.000	REGULAR 1.000 – 2.000	SUFICIENTE 2.000 – 10.000	RICO 10.000 – 100.000	MUITO RICO >100.000
ALTO 1.000-2.000		Egito	Paquistão	Afeganistão Bulgária EUA Filipinas Irã Sudão	Argentina Austrália Canadá Chile Madagáscar	
MUITO ALTO >2.000		EUA (Baixo Colorado)		Azerbaijão Cazaquistão Iraque Usbequistão	Turquistão, EUA (Colorado)	Sibéria (Rússia) Suriname

Fonte: IHP/Unesco, 1991.

A distribuição das demandas de água no mundo revela que aparentemente o fator dominante é o nível de desenvolvimento alcançado pela população de cada país ou a importância das atividades de irrigação. A análise de cinquenta países mostra a tendência de redução das taxas de consumo a partir de certo nível de riqueza. A interpretação dada é que, uma vez atingido determinado nível de desenvolvimento, buscam-se alternativas de otimização e eficiência que levam à queda do consumo de água.

3 ÁGUAS NO BRASIL

Regiões hidrográficas

Para o planejamento dos recursos hídricos, o território brasileiro está dividido em 12 regiões hidrográficas, conforme pode ser observado na figura 8.

Figura 8. Recursos hídricos no Brasil por região hidrográfica.

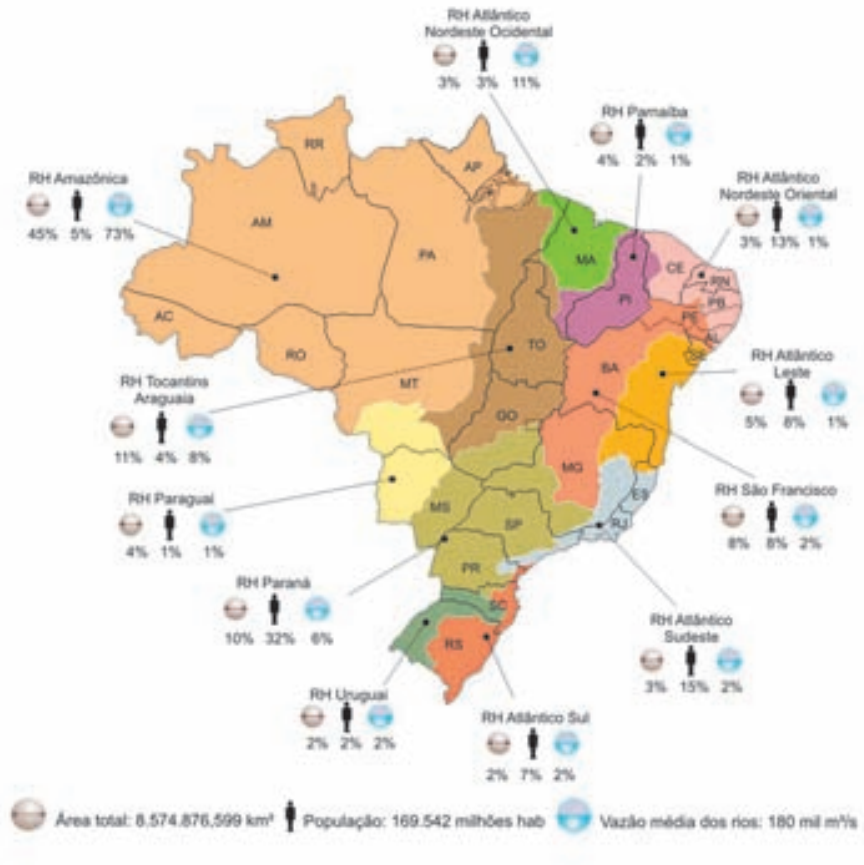


Ilustração: Antônio C. Palacios.

Região hidrográfica é o espaço compreendido por uma bacia, grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas, com características naturais, sociais e econômicas homogêneas ou similares. A tabela 2 apresenta as regiões hidrográficas com suas principais características hidráulicas.

Tabela 2. Parâmetros hidrológicos das regiões hidrográficas brasileiras.

Regiões	Vazão média Q_{med} (m^3/s)	Vazão específica média ($l/s/km^2$)	Disponibilidade hídrica $Q_{95\%}$ (m^3/s)	Disponibilidade hídrica específica 95% ($l/s/km^2$)	Reservas subterrâneas explotáveis (m^3/s)	Reservas subterrâneas explotáveis específicas ($l/s/km^2$)
Amazônica	131.947	34,1	35.402	9,1	1.643	0,42
Tocantins-Araguaia	13.624	14,8	2.517	2,7	327	0,36
Atlântico Nordeste Ocidental	2.683	9,8	328	1,2	287	1,05
Parnaíba	753	2,3	290	0,9	20	0,06
Atlântico Nordeste Oriental	779	2,7	32	0,1	12	0,04
S.Francisco	2.850	4,5	854	1,3	222	0,35
Atlântico Leste	1.492	3,8	253	0,7	48	0,12
Atlântico Sudeste	3.179	14,8	989	4,6	11	0,05
Atlântico Sul	4.174	22,3	624	3,3	173	0,92
Uruguai	4.121	23,6	391	2,2	323	1,85
Paraná	11.452	13,0	4.021	4,6	943	1,07
Paraguai	2.368	6,5	785	2,2	85	0,24
Brasil	179.422	21,0	46.486	5,4	4.095	0,48

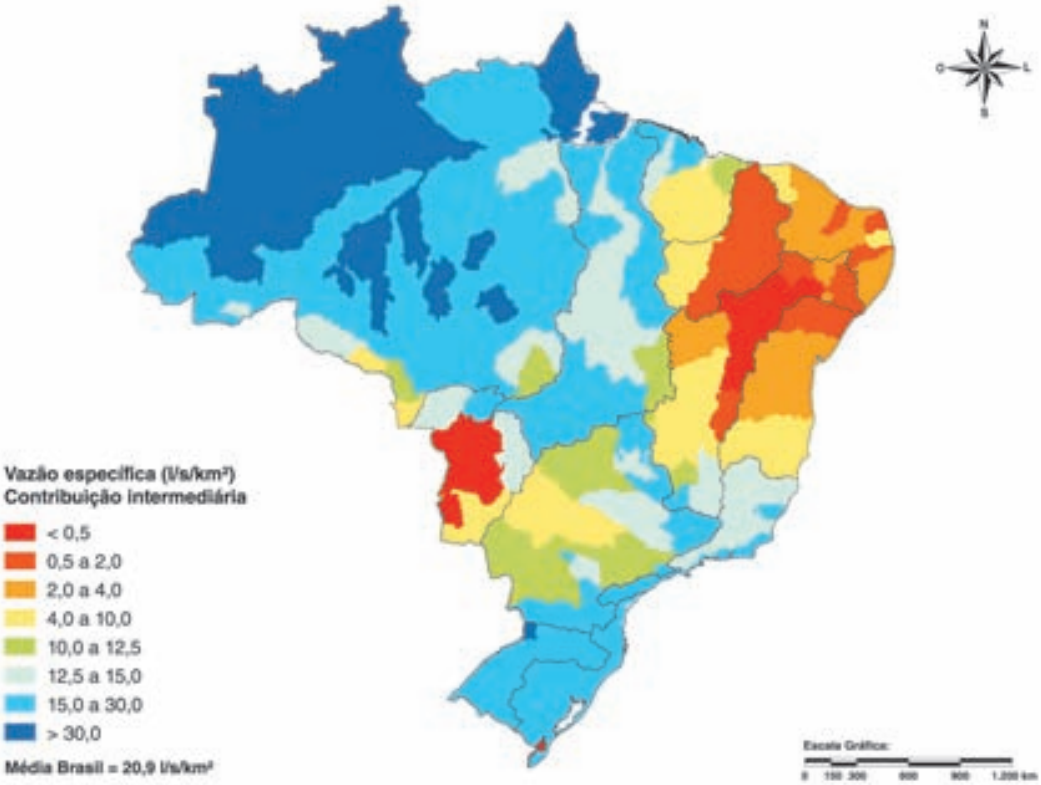
Fonte: ANA, 2007.

Águas superficiais

A vazão média anual dos rios em território brasileiro é de 180 m³/s, o que corresponde a 12% da disponibilidade de água superficial no mundo.

A distribuição desse imenso potencial no território é irregular. A Região Hidrográfica Amazônica concentra 73,6% dos recursos hídricos. A distribuição geográfica das vazões por unidade de área (vazões específicas) da figura abaixo mostra altas concentrações na maior parte do território e baixas concentrações, sobretudo no Nordeste seco.

Figura 9. Distribuição espacial das vazões específicas no território brasileiro.



Fonte: ANA, 2009.

Águas subterrâneas

No ciclo hidrológico o volume armazenado de águas subterrâneas é cem vezes superior ao volume das águas dos rios e lagos. Excluídas as calotas polares e geleiras, as águas subterrâneas contribuem com 95% da água doce do planeta.

Apesar de importantes, as águas subterrâneas são cercadas de mistério, devido à sua forma de ocorrência que ninguém vê. No imaginário coletivo, essas águas circulam como rios subterrâneos. Na realidade, a água subterrânea é armazenada nos poros e fissuras das rochas por onde se move lentamente, em comparação com a água dos rios. Em um rio rápido, a água pode mover-se à velocidade de um metro por segundo, enquanto a velocidade de circulação da água subterrânea é da ordem de um metro por dia. Considerando que um dia tem 86.400 segundos, a diferença de escala de velocidade de circulação é impressionante.

Outra diferença notável é o tempo de renovação da água dos rios, de algumas semanas, ao passo que as águas subterrâneas se renovam na escala de dezenas a centenas de anos.

O volume de água armazenado no subsolo torna a água subterrânea uma reserva estratégica confiável a longo prazo, sem as grandes oscilações que se observam nos rios entre os períodos seco e chuvoso.

Na engrenagem do ciclo hidrológico, a água subterrânea tem a função natural de alimentar o fluxo de base dos rios. Há, portanto, íntima relação entre as águas superficiais e subterrâneas.

Além dessa função ecológica essencial, as águas subterrâneas são aproveitadas em todos os usos.

Aquíferos subterrâneos

Os aquíferos são terrenos ou formações geológicas capazes de armazenar e fornecer água do subsolo. A água é extraída por meio de poços tubulares.

Na natureza, há duas matrizes de terrenos geológicos: os aquíferos granulares ou sedimentares, em que a água percorre os espaços intersticiais entre os grãos; e os aquíferos fraturados, em que a água circula em fendas, fraturas e fissuras.

Aquíferos granulares

São formados por sedimentos (areias soltas, friáveis) ou rocha sedimentar (sedimento endurecido), depositados ao longo do tempo nas chamadas bacias sedimentares. Já, os aquíferos fraturados, constituídos de rochas cristalinas, ígneas ou metamórficas compactadas, não apresentam espaços vazios entre os minerais; por esse motivo, a água circula por fraturas geradas no processo de resfriamento e consolidação da rocha.

Segundo convenção cartográfica internacional, os aquíferos sedimentares são representados em azul e os fraturados em verde.

A figura 10 mostra a distribuição geográfica das águas subterrâneas no Brasil, de acordo com essas duas tipologias de aquíferos. Os terrenos sedimentares, de maior potencial, ocupam quase a metade do território. No restante do país, predominam os terrenos fraturados, com baixa potencialidade.

Figura 10. Distribuição dos potenciais de água subterrânea no Brasil.

Ilustração: Antonio C. Palácios.

Entre as regiões com maior potencialidade, destacam-se as bacias sedimentares do Amazonas, Parnaíba (Piauí-Maranhão), São Francisco (Bahia) e Paraná (Sul-Sudeste).

Na Bacia do Amazonas há dois aquíferos com grande extensão e importância.

Alter do Chão, que se estende pela área de 312 mil quilômetros quadrados (norte do Pará e leste do Amazonas) e constitui um valioso manancial para Manaus, Belém, Santarém e Ilha do Marajó, onde algumas centenas de poços abastecem parcialmente cidades e indústrias.

Solimões, ainda mais extenso, com 457 mil quilômetros quadrados, que ocorre em todo o Estado do Acre e na parte oeste do Amazonas, é manancial importante para o abastecimento de Rio Branco, capital do Estado.

Figura 11. Aquíferos Alter do Chão e Solimões na bacia sedimentar do Amazonas.

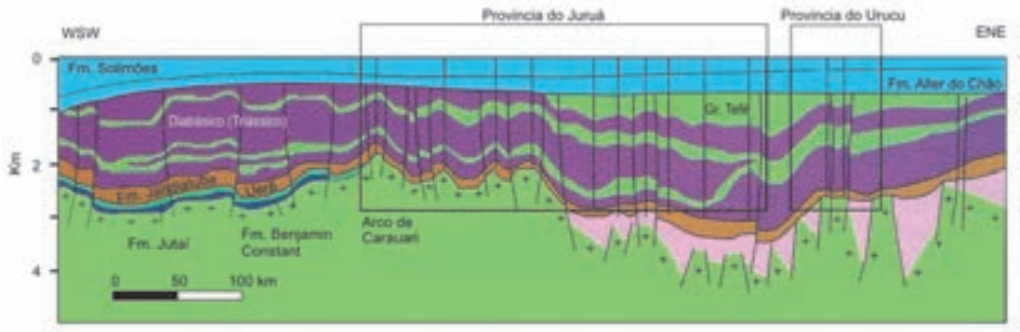


Ilustração: Antonio C. Palácios.

Cidades banhadas por grandes rios, como Belém e Manaus, recorrem às águas subterrâneas para o abastecimento público. Nestes casos, o suprimento por poços é mais vantajoso. A localização geográfica dos poços, o menor custo das obras e a potabilidade da água dispensam onerosas estações de tratamento de água superficial.

Na bacia sedimentar do Parnaíba, as águas subterrâneas provêm de três aquíferos de grande extensão, sobrepostos e intercalados por rochas impermeáveis: Poti, Cabeças e Serra Grande. Atualmente, esses três aquíferos são mais explorados nas áreas menos profundas, com centenas de poços destinados ao abastecimento público. No entanto, nas áreas mais profundas da bacia, poços perfurados no Aquífero Cabeças fornecem altas vazões, como é o caso dos poços jorrantes do Vale do Gurgueia. Como se trata de uma região semiárida, as reservas de água subterrânea podem ser essenciais para uma política regional de desenvolvimento socioeconômico.

A bacia sedimentar do São Francisco abriga o Aquífero Urucuia, com área de 144 mil quilômetros quadrados, que se estende pela porção oeste da Bahia e de Minas Gerais. Com elevado potencial explotável, atualmente é utilizado para irrigação. O aquífero exerce, também, a função reguladora dos Rios Carinhanha, Corrente e Grande da margem esquerda do São Francisco.

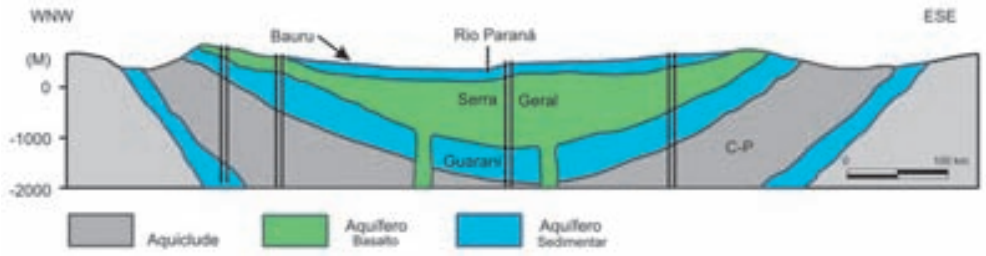
A bacia sedimentar do Paraná ocupa área tão grande como a do Amazonas, de 1,1 milhão de quilômetros quadrados e abriga um dos maiores mananciais de água subterrânea do mundo – o Aquífero Guarani. Esse manancial se estende por oito estados brasileiros: Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul e parte dos territórios do Uruguai, Paraguai e Argentina. Atualmente, a maior parte da água extraída é utilizada no abastecimento de centenas de cidades de médio e grande porte. O aquífero é explorado com mais intensidade nas bordas da bacia, a profundidades de 100 a 300 metros (cerca de 1.500 poços) e por algumas centenas de poços em áreas mais profundas, entre 500 e 1.500 metros. Nestas, graças ao aumento da temperatura com a profundidade, o aquífero fornece águas termais na faixa de 40°C a 60°C, ideal para balneários.

Outro valioso manancial na Bacia do Paraná é o Aquífero Bauru, com 330 mil quilômetros quadrados de extensão, que abrange partes dos estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso. Embora as vazões individuais de poços sejam modestas, da ordem de 10 m^3/h a

20 m³/h, o aquífero é largamente explorado em São Paulo e no Triângulo Mineiro para abastecer pequenas cidades com poços de 100 metros de profundidade.

Além dos aquíferos de maior extensão, ocorrem dezenas de aquíferos menores, mas de grande importância local no suprimento de água subterrânea.

Figura 12. Perfil geológico da bacia sedimentar do Paraná.



Fonte: Modificado de Rebouças; Braga; Tundisi;1988 (ANA, 2007).
Ilustração: Antonio C. Palacios.

Aquíferos fraturados – se dão pela ocorrência de rochas cristalinas, por onde a água subterrânea circula em fendas e fraturas. Em geral, constituem aquíferos com baixo potencial e vazões dos poços entre 2m³/h e 10m³/h. Para dar ideia da ordem de grandeza, um poço com vazão de 10 m³/h pode abastecer uma comunidade de mil habitantes.

Mesmo assim, as águas subterrâneas são amplamente exploradas para o suprimento de pequenas cidades e comunidades rurais.

Tabela 3. Usos das águas de alguns aquíferos.

Aquífero	Usos principais	Principais locais
Solimões	Doméstico	Rio Branco, AC
Alter do Chão	Diversos	Manaus, Belém, Santarém e Ilha do Marajó
Boa Vista	Doméstico	Boa Vista, RR
Parecis	Doméstico	Vilhena, RO
Jandaíra	Irrigação	Chapado de Apodi (CE e RN)
Açu	Irrigação, doméstico, industrial	Mossoró (RN)
Itapecuru	Doméstico, rural, pecuária	São Luís e interior do Maranhão
Corda	Doméstico	Centro-sul do Maranhão
Motuca	Doméstico	Leste e sul do Pará
Poti-Piauí	Doméstico	Sul do Pará e nordeste do Tocantins
Cabeças	Doméstico e irrigação	Piauí, no vale Gurgueia, TO e BA
Serra Grande	Doméstico e irrigação	Limite do PI e CE e sul do PI
Barreiras	Diversos	São Luís, MA; Belém, PA; Fortaleza. CE; Natal, RN; Recife, PE; e Maceió, AL.

Fonte: ANA, 2009.

Numa visão de conjunto, as águas subterrâneas, tanto nos aquíferos porosos sedimentares como nos aquíferos fraturados, são valiosos mananciais, utilizados, sobretudo, no abastecimento público e em menor escala para o suprimento industrial e na irrigação em todo o país.

Estima-se que existam 300 mil poços tubulares ativos; 150 mil constam do banco de dados do Serviço Geológico do Brasil, que inclui 85 mil poços do nordeste brasileiro. Os demais fazem parte dos bancos de dados estaduais.

Usos da água

A água tem múltiplos usos. Abastece as populações, irriga o solo para produzir alimentos, é matéria prima na produção industrial, gera energia hidroelétrica, mantém a navegação fluvial, proporciona a recreação e o lazer e sustenta o equilíbrio dos ecossistemas. Água é sinônimo de vida. Quando falta água em tempo de seca ou quando a água escasseia por uso excessivo ou desperdício, a atividade econômica fica prejudicada e as condições de vida pioram. É por isso que o uso equilibrado da água é uma exigência de interesse geral.

No Brasil, os usos mais importantes da água, em porcentagem do volume total consumido, são: irrigação, 69%; consumo animal, 12%; consumo urbano, 10%; consumo industrial, 7%; e consumo rural, 2%. Estes valores são diferenciados por região ou bacia hidrográfica, em função da densidade de população e da atividade econômica.

Irrigação

O Brasil tem cerca de 60 milhões de hectares plantados, com uma produção anual de 120 milhões de toneladas. Desses totais, 3,6 milhões de hectares, equivalentes a 6% da área plantada, são irrigados.

A expansão da agricultura, nos últimos anos, caracteriza-se pela utilização conjunta da irrigação com a chuva efetiva, aumentando a produtividade agrícola. Uma unidade de área irrigada equivale a três unidades de área de sequeiro (agricultura tradicional), em volume de produção agrícola.

Apesar dos ganhos de produtividade agrícola, ainda predominam no Brasil os métodos de irrigação altamente consumidores de água. O perfil das áreas irrigadas por tipo de irrigação é o seguinte:

Irrigação por superfície	50%
Irrigação por aspersão convencional	19%
Irrigação por aspersão mecanizada	21%
Irrigação localizada	10%

Observa-se que apenas em 10% da área total irrigada são adotados os métodos mais racionais de uso da água.

Tendo em vista o alto índice de consumo de água na agricultura – cerca de 70% do volume total – o Plano Nacional de Recursos Hídricos tem recomendações específicas para a melhoria da irrigação:

reconversão de áreas atualmente irrigadas em métodos e sistemas mais apropriados;

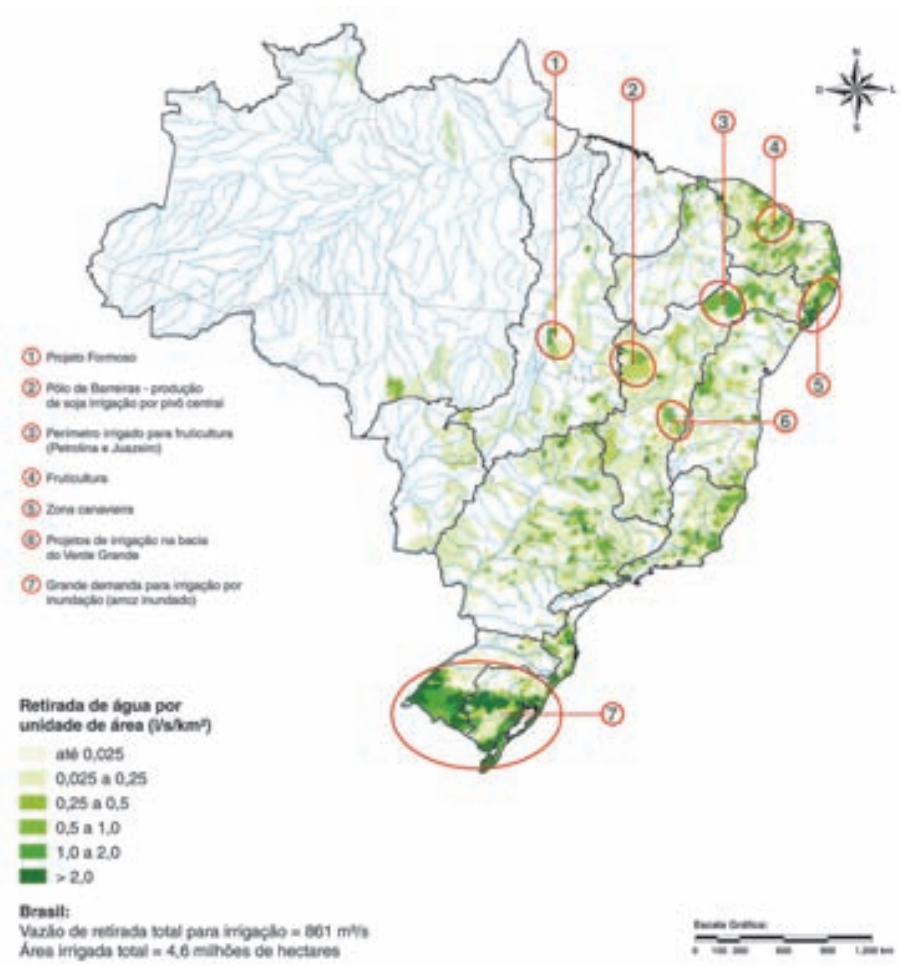
utilização de equipamentos, máquinas e implementos com eficiência no uso da água;

criação de bacias de infiltração da água no solo;

adoção da irrigação localizada (gotejamento e microaspersão).

A figura 13 mostra as principais áreas irrigadas no país, com destaque para o arroz no Rio Grande do Sul e a fruticultura nos pólos de Petrolina – Juazeiro e do Rio Grande do Norte.

Figura 13. Retirada de água para irrigação por unidade de área no Brasil (2006).



Fonte: ANA, 2009.

Indústria

A água captada para o setor industrial no Brasil, equivale a 17% do volume total. A água é utilizada nos processos produtivos, na produção de vapor na geração de força motriz. Em alguns ramos industriais, principalmente nos setores farmacêutico, alimentício e de bebidas, a água é um dos ingredientes dos produtos finais consumidos pelo homem, como laticínios, sopas, bebidas e remédios.

A título de ilustração, as estimativas de uso para alguns setores industriais, por tipo de indústria (MMA, 2006), são as seguintes:

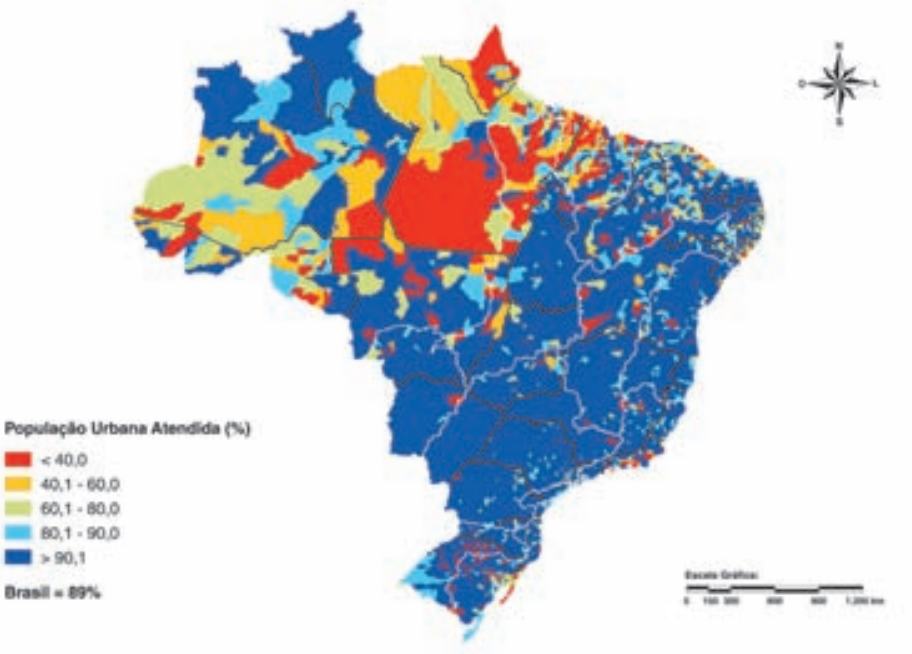
	Mínimo	Máximo
Indústria química	0,3m³/t	11 m³/t
Cervejarias	5 m³/m³	13 m³/m³
Usinas de açúcar e álcool	15 m³/t cana	32 m³/t cana
Celulose e papel	25 m³/t	216 m³/t
Petroquímica	150 m³/t	300 m³/t
Têxteis	160 m³/t tecido	680 m³/t tecido
Siderúrgicas	50 m³/t	200 m³ aço

Abastecimento humano

No Brasil, o volume de água captada para o abastecimento humano equivale a 26% do total para os usos consuntivos.

A figura 14 mostra a situação do abastecimento urbano de água no Brasil. No geral, há uma boa cobertura dos serviços de abastecimento no país, da ordem de 90%. As maiores deficiências estão concentradas na Região Norte e em municípios do sertão do Nordeste.

Figura 14. Distribuição, por município, da população urbana atendida com abastecimento de água (2006).



Fonte: ANA, 2009.

Geração de energia

A água desempenha papel muito importante na matriz energética brasileira. Em 2007, a potência hidroelétrica instalada era de 76.000 MW, correspondendo a 76% da produção de eletricidade.

A figura 15 mostra a distribuição geográfica das centrais hidroelétricas, com predominância nas regiões Sudeste e Sul.

Figura 15. Localização de usinas hidroelétricas.

Fonte: ANA, 2009.

Navegação

O Brasil dispõe de 8.500 quilômetros de vias efetivamente navegáveis durante todo o ano, das quais 5.700 quilômetros se encontram na Bacia Amazônica.

O mapa da figura 16 apresenta as vias navegáveis, dentre as quais se destacam as principais hidrovias:

Hidrovia do Madeira;
Hidrovia Tocantins-Araguaia;
Hidrovia Tapajós-Teles Pires;
Hidrovia do São Francisco;
Hidrovia Paraná-Tietê;
Hidrovia Paraguai-Paraná.

Apesar do grande potencial, a navegação tem participação muito modesta na matriz de transporte no país (apenas 2%). Nos últimos anos, a participação hidroviária vem aumentando com a ativação do Rio Madeira e o aumento da circulação nas hidrovias Paraná-Tietê e Paraguai. O transporte de cargas é da ordem de 26 milhões de toneladas por ano.

Figura 16. Vias navegáveis no Brasil.

Fonte: ANA, 2009.

4 ÁGUAS EM SÃO PAULO

Águas superficiais e águas subterrâneas

Graças à localização intertropical, ao clima e à geologia, o Estado de São Paulo tem abundância de água superficial.

A base territorial para o planejamento e a gestão dos recursos hídricos é a bacia hidrográfica. O território estadual está dividido em 22 (vinte e duas) Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHIs, conforme pode ser observado na figura 17.

Figura 17. As 22 UGRHIs paulistas.

Fonte: DAEE/IGC.

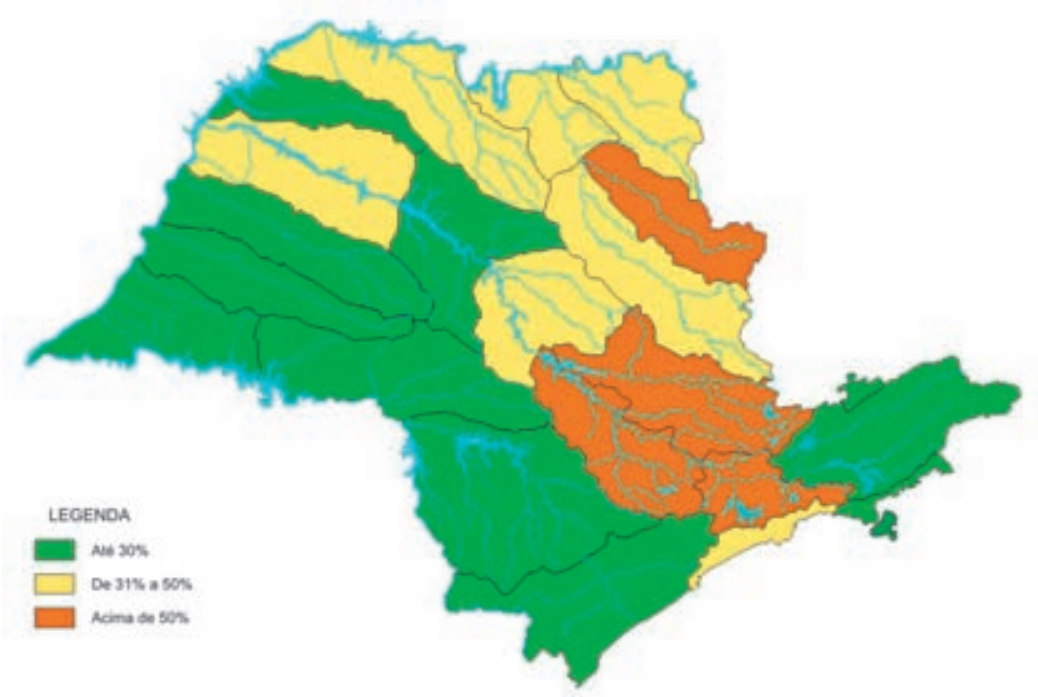
A chuva média plurianual que ocorre no território é da ordem de 1.380 mm/ano ou 10.800 m³/s. Deste total, apenas 30% (3.120 m³/s) das águas representam a vazão média que escoa pelos rios. Uma parcela dessa vazão média constitui o chamado escoamento básico, isto é, o volume de águas subterrâneas que na fase terrestre do ciclo hidrológico mantém o nível de base dos rios durante o período seco e corresponde a 40% (1.280 m³/s) do escoamento total.

A demanda atual por água superficial é da ordem de 350 m³/s, assim repartida:

Abastecimento público	110 m³/s
Uso industrial	93 m³/s
Irrigação	143 m³/s
Uso doméstico rural	4 m³/s

Esses números globais indicam que a disponibilidade de recursos hídricos é bem maior do que a demanda. Quando, porém, a relação demanda/disponibilidade é distribuída segundo as unidades de gerenciamento (figura 18), as diferenças regionais se destacam. Os maiores índices de utilização das águas ocorrem nas bacias do leste, onde se concentram a população e a atividade industrial. A Região Metropolitana da Bacia do Alto Tietê já apresenta déficit hídrico, tendo que importar cerca de 30 m³/s de água da vizinha bacia do Piracicaba para abastecimento público. Seguem-se, com índices elevados de utilização da água, as Bacias do Piracicaba – Capivari-Jundiaí, Tietê-Sorocaba e Pardo.

Figura 18. Índice de utilização das águas nas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos.



Fonte: DAEE/2005.

Nas bacias do Leste, as águas superficiais são duplamente afetadas: há exploração intensiva e, ao mesmo tempo, o comprometimento da qualidade das águas pela poluição. A figura 19 mostra a extensão da poluição do Rio Tietê e seus afluentes – cerca de 300 quilômetros, desde as cabeceiras até a barragem de Barra Bonita.

Figura 19. Índice de qualidade da água bruta para fins de abastecimento público das águas interiores do Estado de São Paulo – 2008.

Fonte: Cetesb, 2009.

As águas subterrâneas apresentam uma vazão total explorável da ordem de 330 m³/s, sendo a demanda atual de 60 m³/s. Embora o volume disponível seja menor que o de águas superficiais, sua importância se deve a duas características básicas: a) as reservas de água subterrânea regulam o fluxo de base dos rios, garantindo-lhes a perenidade no período seco; e b) a parcela explorável é largamente utilizada no abastecimento público. Atualmente, 462 municípios paulistas, ou seja, 62%, são total ou parcialmente abastecidos por água subterrânea, atendendo a uma população de 5,5 milhões de pessoas.

Obs.: O gerenciamento dos recursos hídricos no Estado de São Paulo é um processo dinâmico e em constante evolução. Assim, consulte sempre os órgãos gestores para obtenção de informações atualizadas antes de iniciar qualquer obra de captação de água subterrânea

Tabela 4. Produção hídrica superficial dentro do território do Estado de São Paulo.

Unidade de Gerenciamento (UGRHI)	Área (km²)	Escoamento Total [1] QLP), m³/s	Vazões Mínimas (m³/s)	
			$Q_{7,10}$ [2]	$Q_{95\%}$ [3]
01 – Mantiqueira	675	22	7	10
02 – Paraíba do Sul	14.444	216	72	93
03 – Litoral Norte	1.948	107	27	39
04 – Pardo	8.993	139	30	44
05– Piracicaba / Capivari/ Jundiaí	14.178	172	43	65
06 – Alto Tietê	5.868	84	20	31
07 – Baixada Santista	2.818	155	38	58
08 – Sapucaí / Grande	9.125	146	28	46
09 – Mogi-Guaçu	15.004	199	48	72
10 – Tietê / Sorocaba	11.829	107	22	39
11 – Ribeira de Iguape / Litoral Sul	17.068	526	162	229
12 – Baixo Pardo / Grande	7.249	87	21	31
13 – Tietê / Jacaré	11.749	97	40	50
14 – Alto Paranapanema	22.689	255	84	114
15 – Turvo / Grande	15.925	121	26	39
16 – Tietê / Batalha	13.149	98	31	40
17 – Médio Paranapanema	16.749	155	65	82
18 – São José dos Dourados	6.783	51	12	16
19 – Baixo Tietê	15.588	113	27	36
20 – Aguapeí	13.196	97	28	41
21 – Peixe	10.769	82	29	38
22 – Pontal do Paranapanema	12.395	92	34	47
Estado de São Paulo	248.209	3.120	893	1.259

Fonte: DAEE/PERH 2004/2007, p. 46.

Notas:
(1) Escoamento total estimado em termos de vazão média de longo período, considerando somente a produção hídrica dentro do Estado de São Paulo.
(2) Vazão mínima média de 7 dias consecutivos e 10 anos de período de retorno.
(3) Vazão mínima de 95% de permanência no tempo.

Tabela 5. Estimativas das demandas urbanas, industriais e de irrigação (2007).

UGRHI	Demanda Global (m³/s)				Setorial/Total (%)		
	Urbana	Industrial	Irrigação	Total	Urb/Total	Ind/Total	Irrig/Total
01- SM	0,32	0,05	0,16	0,53	60,4	9,4	30,2
02-PS	5,42	9,42	5,58	20,42	26,5	46,1	27,3
03-LN	0,90	0,03	0,00	0,93	96,8	3,2	0,00
04-Pardo	3,76	6,54	10,92	21,22	17,7	30,8	51,5
05-PCJ	15,84	19,73	8,09	43,66	36,3	45,2	18,5
06-AT	71,20	15,44	3,59	90,23	78,9	17,1	4,0
07-BS	9,25	13,72	0,00	22,97	40,3	59,7	0,0
08-SG	1,76	5,23	22,95	29,94	5,9	17,5	76,7
09-Mogi	3,86	30,27	9,82	43,95	8,8	68,9	22,3
10- SMT	5,46	4,80	8,94	19,20	28,4	25,0	46,6
11-RI/LS	0,62	2,94	0,04	3,60	17,2	81,7	1,1
12-BPG	0,92	3,30	10,87	15,09	6,1	21,9	72,0
13-TJ	4,38	8,29	12,37	25,04	17,5	33,1	49,4
14-ALPA	1,43	3,09	24,82	29,34	4,9	10,5	84,6
15-TG	3,49	5,36	8,85	17,70	19,7	30,3	50,0
16- TB	1,20	1,62	8,24	11,06	10,8	14,6	74,5
17-MP	1,69	3,76	9,61	15,07	11,2	25,0	63,8
18-SJD	0,47	0,30	1,76	2,53	18,6	11,9	69,6
19- BT	1,78	2,83	15,52	20,13	8,8	14,1	77,1
20-Aguapeí	0,86	0,56	6,36	7,78	11,1	7,2	81,7
21-Peixe	1,29	0,93	3,59	5,81	22,2	16,0	61,8
22-PP	1,42	0,32	5,79	7,53	18,9	4,2	76,9
Estado de São Paulo	137,32	138,53	177,87	453,73	30,3	30,5	39,2

Fonte: DAEE/PERH 2004/2007, p. 46.

História e condição dos principais cursos d'água em São Paulo

As principais bacias hidrográficas sofrem os efeitos da poluição produzida pelo lançamento inadequado de esgotos, despejo de resíduos sólidos e infiltração de agrotóxicos, que afetam os lençóis subterrâneos, causam o assoreamento[1] dos rios e a destruição da mata ciliar[2], afetando ainda mais a qualidade da água superficial. Outras ameaças vêm dos efluentes industriais lançados sem tratamento, tanto ou até mais nocivos que o esgoto domiciliar. A situação não difere muito da que ocorre no país.

A disponibilidade hídrica concentra-se nas bacias hidrográficas e o uso do solo garante que a quantidade e a qualidade das águas sejam mantidas. Para apreender o que esses fatores significam é imprescindível olhar a condição dos principais rios paulistas.

Rio Tietê

O histórico rio paulista percorre os 1.136 quilômetros do seu trajeto no sentido noroeste, pelo interior do Estado, para desaguar no Rio Paraná na fronteira com Mato Grosso do Sul.

O grande rio paulista nasce no reverso da Serra do Mar, próximo a Salesópolis, a 22 quilômetros do litoral e na altitude de 850 metros. Esse rio foi abrindo um caminho que índios, bandeirantes e jesuítas usaram para alcançar os arredores da cidade ou navegar para lugares distantes.

1 Assoreamento: é o processo de acúmulo de substâncias minerais e orgânicas em um corpo d'água, provocando redução de profundidade e volume.

2 Mata ciliar: corresponde à vegetação existente às margens dos cursos d'água, servindo como sua proteção. Essas vegetações - árvores, arbustos, capins e cipós, que beiram as nascentes, rios, riachos, lagos, represas e igarapés, segura suas margens, cobrindo o solo, evitando enxurradas e impedindo que a terra e o lixo invadam as águas e assoreiem ou contaminem os corpos d'água.

No início do século XVI, o meio de transporte dentro e fora do território paulista era o "Grande Rio". Entretanto, no século XVII os indícios da exploração de ouro e ferro e, na mesma época, o cultivo da cana-de-açúcar começavam a apontar os primeiros sinais de poluição das águas do rio.

O destino de decadência e comprometimento da qualidade e quantidade das águas do rio não mais se interromperia. À medida que a Cidade de São Paulo crescia entrelaçada aos 37 municípios da Região Metropolitana, a fisionomia do Tietê nos 20 quilômetros iniciais desfigurava-se, chegando às últimas décadas do século XIX degradado, com índice zero de oxigênio nas águas e desprovido da vegetação que protegia suas margens.

Trecho do Tietê na Grande São Paulo.

Trechos do Tietê nos dias atuais

Partindo de Salesópolis, as águas limpas e transparentes do rio, na altura de Mogi das Cruzes, já apresentam indícios de poluição. Na Cidade de São Paulo, a vazão do Tietê é insuficiente para diluir os poluentes industriais e os esgotos domésticos da metrópole jogados no rio sem tratamento.

O crescimento descontrolado da capital levou à ocupação irregular e clandestina de terrenos às margens do Tietê, pela população de baixa renda, e às intervenções do poder público, que resultaram nas vias expressas marginais para a circulação de veículos. A fauna aquática desapareceu nesse trecho do rio, transformado em um imenso caudal de esgoto a céu aberto, com a dragagem mensal permanente de 68 toneladas de lixo e areia. Correndo pelo interior paulista, a 264 quilômetros de São Paulo, em Barra Bonita, as águas do rio autorregeneradas, voltam a ficar limpas.

As diversidades socioeconômicas e ambientais nas áreas de drenagem do Tietê motivaram a divisão da bacia em seis Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHIs): Piracicaba/ Capivari/ Jundiaí, Alto Tietê, Sorocaba/ Médio Tietê, Tietê/ Jacaré, Tietê/ Batalha e Baixo Tietê. Essa multiplicidade de fatores explica as diferenças de qualidade das águas que o rio apresenta ao longo do seu percurso, da nascente à foz.

O destino do Tietê pode ser redefinido. A implantação da hidrovia Tietê-Paraná é uma volta ao passado para o rio. Resta, ainda, aumentar os esforços para sua despoluição no trecho inicial, permitindo usos mais nobres para suas águas.

Rio Grande

O Rio Grande é o divisor natural de águas entre os Estados de Minas Gerais e São Paulo. O rio nasce nas encostas ocidentais da Serra da Mantiqueira, em Bocaina de Minas, a 1.980 metros de altitude, percorre 1.306 quilômetros na direção oeste e vai unir-se ao Rio Paranaíba, dando origem ao Rio Paraná. A área de drenagem da bacia hidrográfica abrange 143.400 quilômetros quadrados — 60,2% em território mineiro e 39,8% no lado paulista. A vazão média do rio é de 713 m³/s. A partir de suas cabeceiras, o rio percorre setecentos quilômetros em território mineiro e, na confluência com o Rio Canoas, faz fronteira com o território paulista por quase seiscentos quilômetros.

Trecho do Rio Grande.
Foto: Acervo CRHi.

Na grande Bacia Hidrográfica do Rio Grande e, ao longo do seu trajeto, há seis bacias hidrográficas paulistas e oito na vertente mineira, que contribuem com os afluentes de tributários do Rio Grande. Total ou parcialmente localizados na bacia hidrográfica do rio, existem 393 municípios, 214 mineiros e 179 na vertente paulista, e a população urbana/ rural de, aproximadamente 7,7 milhões de habitantes.

No lado paulista da bacia, predominam atividades agroindustriais e agropecuárias com significativas áreas de culturas irrigadas. Devido ao intenso processo de ocupação, com um histórico de substituição da vegetação original pela agricultura, hoje existem apenas 3,28% da vegetação arbórea nativa na região.

O desnível vencido pelo curso d'água e as descargas líquidas resultantes dos índices pluviométricos da região superior da bacia hidrográfica, revestem o Rio Grande e seus principais afluentes do maior interesse para a geração de energia elétrica. A proximidade com os centros consumidores favorece a construção de aproveitamentos hidroelétricos ao longo do curso do rio e de sua bacia contribuinte, constituindo uma das maiores fontes e reservas de energia do país. No curso médio do Rio Grande encontra-se a Usina Hidrelétrica de Furnas, no trecho entre os Municípios de São José da Barra e São João Batista do Glória, em Minas Gerais. A Bacia do Rio Grande é responsável por cerca de 67% de toda a energia gerada no estado mineiro.

Para o gerenciamento dos recursos hídricos no Estado de São Paulo, a Região Hidrográfica da Vertente Paulista do Rio Grande foi subdividida em seis UGRHIs: Serra da Mantiqueira, Pardo, Sapucaí-Mirim/ Grande, Mogi-Guaçu, Baixo Pardo/ Grande e Turvo/ Grande.

A vertente mineira do Grande abriga oito bacias hidrográficas: Alto Grande, Vertentes do Rio Grante, Entorno do Reservatório de Furnas, Verde, Sapucaí, Mogi-Guaçu/Pardo, Médio Grande e Baixo Grande.

Rio Paranapanema

O Paranapanema é o mais limpo dos grandes rios. O rio nasce como um pequeno olho d'água na Mata Atlântica, no alto da Serra do Paranapiacaba, em Minas Gerais, a sudeste do Estado de São Paulo.

Graças à qualidade de suas águas, é possível nadar em qualquer um dos trechos. Na bacia não há pólos industriais, nem concentração populacional, nem metrópoles. Inúmeras quedas d'água foram submersas com a criação de lagos para a exploração do potencial energético. O rio tem dez usinas hidroelétricas em sua extensão.

As margens do rio ainda sofrem os efeitos do desmatamento que atingiu o interior paulista. O Parque Estadual do Morro do Diabo, no Pontal do Paranapanema, é um dos últimos refúgios da fauna e flora da região.

Salto do Piraju.
Foto: Acervo CRHi.

O Rio Paranapanema constitui um divisor natural dos territórios dos Estados de São Paulo e Paraná; sendo, portanto, um rio de domínio da União. Nessa região, há uma articulação para a gestão integrada da bacia, unindo os comitês de bacia e os órgãos gestores de ambos os estados.

Na bacia hidrográfica do Paranapanema há três bacias hidrográficas paulistas e cinco na vertente paranaense.

Para o gerenciamento dos recursos hídricos no Estado de São Paulo, a Região Hidrográfica da Vertente Paulista do Paranapanema foi subdividida em três Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos - UGRHIs: Alto Paranapanema, Médio Paranapanema e Pontal do Paranapanema.

No Estado do Paraná, as sub-bacias foram ordenadas nas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos: Itararé, Cinzas, Paranapanema 1, Paranapanema 2 e Tibagi.

Rio Ribeira de Iguape

O Ribeira de Iguape nasce na confluência do Ribeirão Grande e do Rio Açungui, em Cerro Azul, no vizinho Paraná. Em sua extensão total o rio percorre 470 quilômetros, das nascentes à foz, dos quais 350 no território paulista. O curso superior do rio segue um caminho sinuoso entre montanhas e pequenas cidades até desaguar no Atlântico, no Município de Iguape, em São Paulo. A área total da bacia, de 25.681 quilômetros quadrados, abrange parcialmente territórios dos dois estados. Esse rio de médio porte é o único que ainda corre livremente, sem barragens.

Vista do rio em Ribeira de Iguape.
Foto: Acervo CRHi.

Inúmeros cursos d'água que nascem na Serra do Mar e de Paranapiacaba abastecem cidades com milhares de habitantes na região do Vale do Ribeira e podem vir a abastecer parte da Região Metropolitana de São Paulo. O rio é fonte de subsistência para comunidades caiçaras, quilombolas e pequenos agricultores. Oitenta por cento da bacia são ocupados por vegetação nativa. Mais de 60% do território recebe algum nível de proteção pelas Unidades de Conservação de Proteção Integral ou de Uso Sustentável, o que favorece a grande disponibilidade hídrica anual per capita de 15.024 m³/hab. ano. Perto de 21% dos remanescentes de Mata Atlântica do país estão no Vale do Ribeira.

O rio percorre um singular trecho de Mata Atlântica, aproximando-se das cavernas, principal atração turística do Vale do Ribeira, que encantam os visitantes com sua beleza natural.

Compõem, ainda, o cenário ambiental, espécies ameaçadas de extinção, áreas de alimentação e nidificação de aves marinhas migratórias e a maior concentração de cavernas (257) do Estado, valioso patrimônio protegido pelo Parque Estadual Turístico da Serra do Mar (PETAR), Parque Estadual da Caverna do Diabo e Parque Estadual de Intervales.

Em 1848, a construção de um canal na foz do rio, ligando o Rio Ribeira de Iguape ao Mar Pequeno, causou grande desequilíbrio ecológico no Complexo Estuarino Lagunar de Iguape e Cananéia e a perda de suas características naturais, devido à diminuição da salinidade nas águas da laguna situada entre o continente e a Ilha Comprida, devido à poluição dos ecossistemas marinhos e ao assoreamento dos canais de navegação.

Além das atividades turísticas mais recentes, a economia da região sempre se sustentou em uma combinação de atividades extrativas e agricultura de subsistência. Com a construção da BR-116, em meados do século passado, a população passou a concentrar–se na bananicultura e em plantações de chá, introduzidas pela colonização japonesa, enquanto as comunidades costeiras desenvolveram a pesca como atividade principal. A extração mineral, que divide com a agricultura e o turismo nascente o tripé da economia regional, concentra-se na retirada de areia para a construção civil e na exploração de rochas graníticas, jazidas de apatita e carbonatito para diversos fins.

O Complexo Estuarino Lagunar de Iguape, Cananéia e Paranaguá, significativo patrimônio ambiental brasileiro, em 1999 foi considerado Patrimônio Natural da Humanidade pela UNESCO. Abrigando a maior área de manguezal paulista, com elevado nível de conservação, é um dos mais importantes e produtivos ecossistemas costeiros do planeta.

Na porção paulista, a bacia do Rio Ribeira de Iguape é constituída pela UGRHI 11 - Ribeira de Iguape/Litoral Sul, inserida na Região Hidrográfica da Vertente Litorânea.

Rio Paraíba do Sul

Da confluência dos Rios Paraitinga e Paraibuna, no Estado de São Paulo, nasce o Rio Paraíba do Sul, que sobe um pequeno trecho de Minas Gerais e outro maior no Rio de Janeiro, para desembocar no Oceano Atlântico. Esse percurso total de 1.120 quilômetros segue na direção oeste/leste.

Rio Piracuama, afluente do Paraíba do Sul, em Pindamonhangaba.
Foto: Acervo CRHi.

A Mata Atlântica que existia na região cedeu espaço a cidades e áreas rurais, que não conservam mais nada da vegetação original. Ao longo do tempo, o próprio curso do Paraíba foi alterado pela construção de represas para o abastecimento público e para a produção de energia elétrica.

As principais atividades econômicas da bacia concentram-se no setor industrial e na agropecuária. No passado, o rio esteve ligado à agricultura, que tranformou a região no maior produtor brasileiro de café, principal artigo da pauta de exportação do país, durante o século XIX e parte do século XX.

Com o declínio do setor cafeeiro, na década de 30, a região entra em decadência, atingindo principalmente as cidades do fundo do Vale. Vinte anos depois, instaura-se um processo de industrialização na parte alta do Vale, que liga São Paulo ao Rio de Janeiro, o que perdura até hoje.

A pecuária é a atividade econômica que ocupa maior extensão na bacia. Perto de 70% das terras estão cobertas por pastagens e campos, na maior parte, degradados, devido às frequentes queimadas e ao pisoteio do gado nas declividades. A agricultura também é uma atividade econômica significativa.

A industrialização começa a partir dos anos 60, no século passado, e tende a ter forte incremento nos dias atuais. O desenvolvimento do Vale, entretanto, foi inversamente proporcional à preservação do rio.

A bacia do Rio Paraíba do Sul na porção paulista é representada por uma única unidade de gerenciamento, a UGRHI 2 – Paraíba do Sul.

A degradação das águas do Rio Paraíba do Sul

A disposição inadequada de resíduos sólidos com infiltração e contaminação do lençol freático pela liberação de chorume[3] com alta carga poluidora nos aterros mal-operados e lixões. O acúmulo de resíduos sólidos nas vias públicas prejudica a qualidade da água na época das chuvas, pois provoca a chamada carga difusa, pelo carreamento desse material para o rio; aumenta a contaminação dos corpos d'água; causa a obstrução da rede de drenagem urbana; e provoca enchentes localizadas.

Os despejos de efluentes domésticos, industriais e da agricultura nos cursos d'água, que se relacionam diretamente ao baixo tratamento dos esgotos coletados. Como consequência, os cursos d'água que cortam as áreas urbanas contêm elevado nível de poluição, o que resulta de imediato no aparecimento e propagação de doenças veiculadas pela água.

O assoreamento dos corpos d'água, que se inicia com os processos de erosão natural nas encostas, agravados por desmatamentos, cortes, aterros e exposição de solos e causam a degradação do rio. O Paraíba do Sul foi submetido a profundas alterações em seu regime hidráulico e na produção de sedimentos devido ao aumento da declividade do canal e à constante extração de areia.

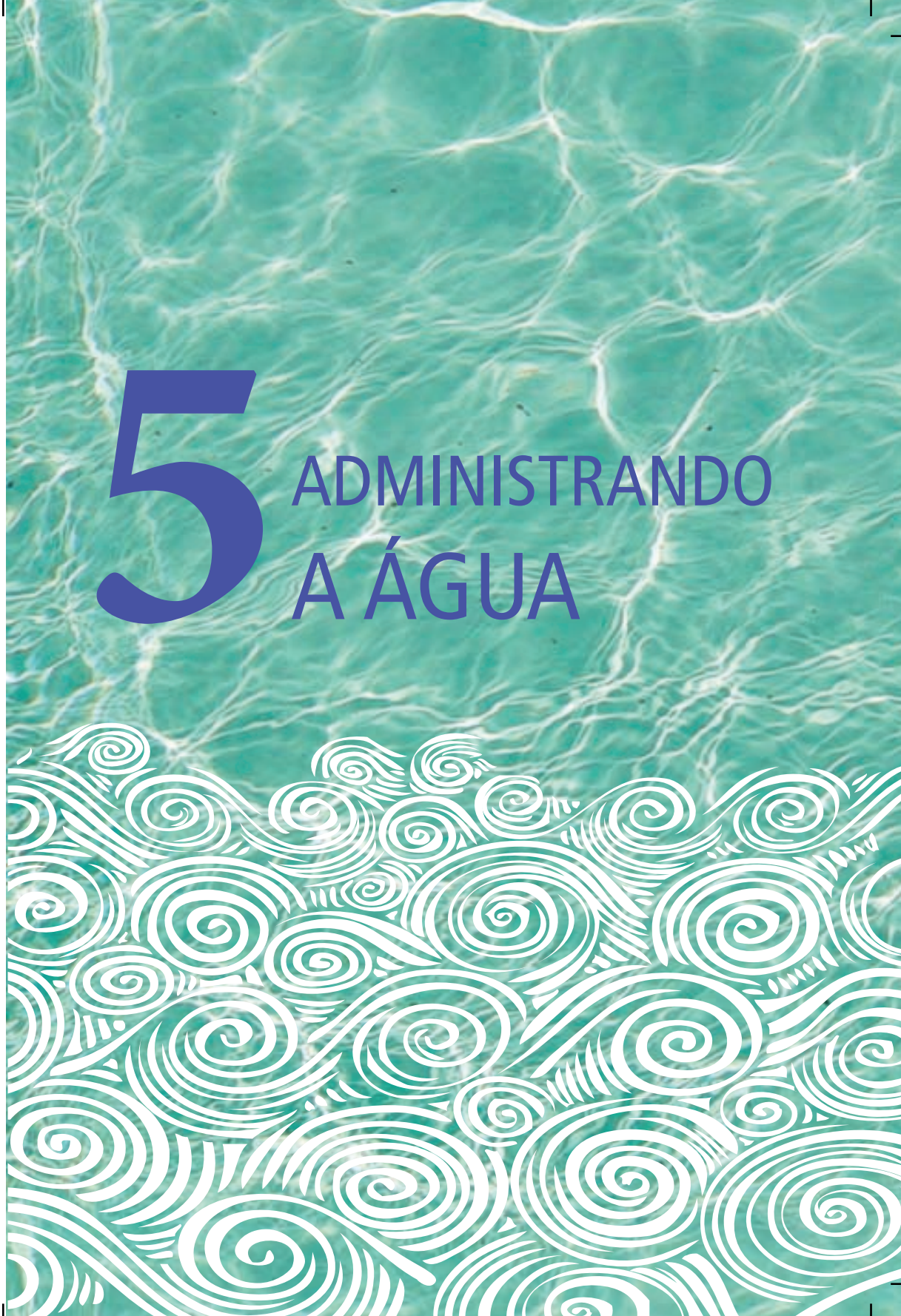
A extração de areia, principalmente para a indústria da construção civil, causou graves efeitos sobre o rio, a terrível "paisagem lunar", em que suas margens se transformaram com a retirada da mata ciliar. A atividade industrial predominante na região provocou a contaminação das águas do Paraíba por metais pesados e produtos químicos.

3 **Chorume**: É um liquido escuro, com componentes tóxicos e um forte odor. Tem origem em processos biológicos, químicos e físicos associados à decomposição de matéria e resíduos orgânicos, e pode contaminar o solo e as águas subterrâneas.

A natureza cobra os atos que tendem a afetá-la. Se as ações antrópicas na bacia produzidas pelas atividades socioeconômicas desconsiderarem esse princípio, cada vez mais a população sofrerá as consequências da falta d'água em quantidade e qualidade exigidas para a manutenção da vida.

Figura 20. Síntese das ações antrópicas x qualidade das águas por Regiões e Bacias Hidrográficas

Fonte: DAEE/PERH 2004/2007, 9. 88.



5 ADMINISTRANDO A ÁGUA

A importância da água para a vida humana sempre existiu e por isso a forma de protegê-la também não é novidade moderna. Ao longo do tempo, a maioria das sociedades criou normas e procedimentos visando impor padrões de comportamento à população, a fim de que as águas não fossem apenas protegidas, mas, também, conservadas.

O Brasil não foi exceção a essa conduta. Como forma de demonstrar a preocupação do país, algumas leis e posturas provinciais, que aqui vigoravam no século XIX, estão transcritas a seguir. Essas atribuições eram definidas, desde a segunda metade do século XIX, pelos prefeitos das vilas.

Código de postura da cidade de Sorocaba (1865): "As roupas dos hospitais só poderão ser lavadas nos pontos mais baixos do rio, donde os habitantes da cidade não se servirão mais das águas."

Vila de Serra Negra, a partir de abril de 1866: "é proibido cercar águas que passam nos terrenos da Villa. Igualmente proibido a pescaria por meio de parys, cercos, tiros e outros ardis ou por veneno que possam prejudicar a saúde publica (...)."

Código de posturas da cidade de Itapetininga (1867): "As águas da servidão publica serão conservadas no maior asseio possível, a custa da Câmara e ficarão livres e desembaraçadas na extensão de quatro braças de cada lado." "(...) Quem tornar imundas as fontes públicas lavando roupas ou lançando nelas corpos estranhos e nocivos pagará multa sendo pessoa livre e quatro dias de prisão sendo escravo."

Código Sanitário do Estado de São Paulo (aprovado em 1884): "A água destinada aos usos domésticos deverá ser potável e inteiramente livre de poluição." O Código estabelecia a obrigatoriedade do lançamento dos resíduos das fábricas nas galerias de esgotos e na falta destas "o lançamento deverá ser feito sempre no meio do rio, onde a corrente é mais forte, e também à jusante da população."

Esses exemplos se multiplicam na legislação provincial, evidenciando preocupação com a saúde, em especial na relação com o ambiente. Todas essas posturas eram acompanhadas de pesadas multas aos infratores.

Analisando a forma de exercer a administração sobre bens públicos, fica clara a concepção que prevalecia na época, atribuindo ao prefeito ou à Câmara Municipal plenos poderes para impor as normas de conduta e as multas pelo seu descumprimento.

Essa concepção administrativa vai persistir até a última década do século passado. Entretanto, as preocupações com as questões ambientais, particularmente com as águas, vão mudar muito durante esse tempo. As alterações no enfoque sobre como exercer a administração das águas são consequências das mudanças socioeconômicas que o país vivenciou, embora continuasse o viés centralizador e autoritário na forma de governança pela qual o poder público entendia que a única maneira de conseguir seus objetivos seria dando ordens (comando) e criando punições (controle).

A demonstração da afirmativa anterior aparece não só nas diferentes Constituições do país, como também nos arcabouços legais que delas resultaram. Alguns exemplos comprovam essa tese.

A primeira Constituição Brasileira, de 1834, representa a instalação do regime monárquico no país, bem como significa a implantação da sua primeira organização administrativa. Os casos anteriormente relatados são ilustrativos da concepção da administração imperial.

Com a Proclamação da República, em 1889, nova Constituição e novas normas entram em vigor, destacando-se o Decreto Federal 24.643, de 1934, que institui o Código das Águas. Este é o documento mais evoluído que se produziu no período da 1ª República, cujos artigos principais merecem ser ressaltados:

"A ninguém é dado contaminar as águas que não consome com prejuízo de terceiros."

"Os trabalhos para a salubridade das águas serão executados à custa dos infratores (idéia do poluidor pagador)."

"Os terrenos pantanosos, quando declarada sua insalubridade, que não forem dessecados por seus proprietários, sê-lo-ão pela administração, que poderá realizar o trabalho por si ou por concessionários e ao proprie-

tário assiste a obrigação de indenizar os trabalhos feitos pelo pagamento de uma taxa de melhoria."

Essa legislação de fato representou a primeira tentativa de disciplinar e proteger o uso das águas de forma mais sistemática e, sobretudo, criando um código a ser obedecido igualmente por todos os municípios e estados.

Em que pesem as inúmeras leis que se sucederam ao longo do tempo, o Código de Águas mantém, em muitos aspectos, sua atualidade, porém na perspectiva de um novo modelo de governança.

Outras legislações ocorrem nas primeiras cinco décadas da República para impedir a poluição das águas; tanto interiores, como do mar.

Destaca-se, entretanto, mais uma vez, que o caráter centralizador, tanto do governo federal como dos estados, impedia que as decisões tomadas com relação aos principais usos dos cursos d'água fossem discutidas pelos diferentes usuários da água e muito menos pela sociedade.

Esse modelo de governança é responsável por muitos dos problemas hoje existentes; como, por exemplo, pela permissão do represamento das águas do Rio Tietê com a finalidade da reversão e escoamento das águas do Rio Pinheiros e seu recalque para a Represa Billings para produzir energia elétrica. A consequência dessa decisão, nos dias atuais, é bem conhecida dos paulistanos forçados a conviver com dois "canais de esgotos" a céu aberto, em face do que ocorreu com o Pinheiros e com o trecho do Tietê, que atravessa a capital.

Essa prioridade que o setor elétrico possuía na definição do uso prioritário das águas só veio a ser questionada por volta da década de 80 e vai ser definitivamente encerrada com a Constituição de 1988.

No bojo da redemocratização do país, começaram a ser discutidas não apenas as prioridades que a água deveria atender, mas o que foi fundamental, como conceber um modelo de governança em que as decisões pudessem ser compartilhadas, transparentes e descentralizadas. Muitos dos estados brasileiros começam a discutir formas de governança, agora definidas como gestão.

A gestão paulista das águas

O Estado de São Paulo foi o primeiro no país a definir um modelo de gestão com as características exigidas pelos novos tempos, cuja base constituía um triângulo em que a descentralização, a participação e a integração eram seus pilares.

Com base nessas diretrizes, definiu-se que a gestão se faria por bacias hidrográficas ou frações delas, parte do território da bacia com características socioeconômicas comuns, formando o que se convencionou chamar de Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI).

A decisão sobre a prioridade das ações e projetos para a proteção das águas desses territórios seria dos seus habitantes, representados de forma tripartite e paritária, por órgãos do Estado, das prefeituras do território paulista e da sociedade civil.

Essa unidade de gestão viria a ser o Comitê de Bacia Hidrográfica (CBH), cujas decisões e diretrizes têm força de norma para a UGRHI.

Para tornar homogêneos os princípios que deveriam vigorar no Estado de São Paulo, foi criado o Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CRH), com a mesma filosofia de composição tripartite, integração e transparência nas decisões.

Restava, ainda, encontrar uma forma de sustentabilidade dos comitês (sem transformá-los em órgãos estatais), que lhes possibilitasse contar com recursos financeiros para o financiamento de projetos e obras que decidissem ser prioritárias para a proteção e conservação das águas da bacia hidrográfica.

A solução foi a criação de um Fundo Estadual de Recursos Hídricos à disposição dos comitês de bacia, o FEHIDRO.

Essa estrutura para a gestão estadual de recursos hídricos foi sendo desenhada e discutida, pelo menos durante seis anos, até ser substantivada na Constituição Paulista de 1989 e consolidar-se com a promulgação da Lei 7.663 de 30/12/1991, que cria a Política de Gestão dos Recursos Hídricos

no Estado de São Paulo.

Na Política de Gestão das Águas Paulistas também foram estabelecidos os principais instrumentos que possibilitam exercê-la:

– o Plano de Bacia e o Plano Estadual de Recursos Hídricos permitem aos Comitês e ao CRH definir as prioridades e ações que devem merecer maior atenção na definição de seus investimentos;

– a Outorga pelo Uso da Água regulariza e cria normas para a quantidade de água e sua distribuição entre os usuários, gerenciando a vazão disponível dos corpos hídricos;

– o Relatório de Situação demonstra anualmente a condição da água que os corpos d'água apresentam.

– o Sistema de Informação e o Banco de Dados aglutinam os dados dis--poníveis no Sistema de Recursos Hídricos do Estado.

– a Cobrança pelo Uso da Água representa os recursos a serem colocados à disposição dos comitês, advindos do pagamento dos usuários que captam as águas diretamente dos rios. Esse pagamento corresponde à utilização de um bem público e passa a ser um recurso disponível para aplicação na bacia onde foi arrecadado.

Com os instrumentos citados, os habitantes da bacia podem acompanhar e participar da gestão das águas que banham suas cidades.

Convém registrar, ainda, que essa forma de gestão democrática e participativa foi implantada no país inteiro, sendo parte integrante das leis estaduais e da legislação nacional específica.

Comitês de Bacia Hidrográfica

Em dezembro de 1994, a Lei 9.034 aprova a divisão hidrográfica do Estado de São Paulo em 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHIs), com dimensões e características que permitem e justificam a gestão descentralizada dos recursos hídricos. Em datas posteriores, foram criados os 21 Comitês de Bacias Hidrográficas que atuam no âmbito dessas bacias.

A gestão tripartite e integrada permite à sociedade o acesso às informações que a capacitam a participar e contribuir para a proteção e a conservação das águas da bacia.

6 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E A ÁGUA

Tempo e clima

O estudo do tempo e do clima é importante para o conhecimento dos fenômenos ambientais que ocorrem no planeta. O evento meteorológico resulta das condições atmosféricas de um determinado lugar, em um dado momento; o clima perene é a sucessão habitual dos tipos de tempo num determinado lugar da superfície terrestre.

Para caracterizar o clima e uma possível mudança climática, a Organização Mundial de Meteorologia (OMM) estabeleceu o período de trinta anos para descrever as variações que ocorrem na temperatura, a precipitação e o vento medidos numa dada região.

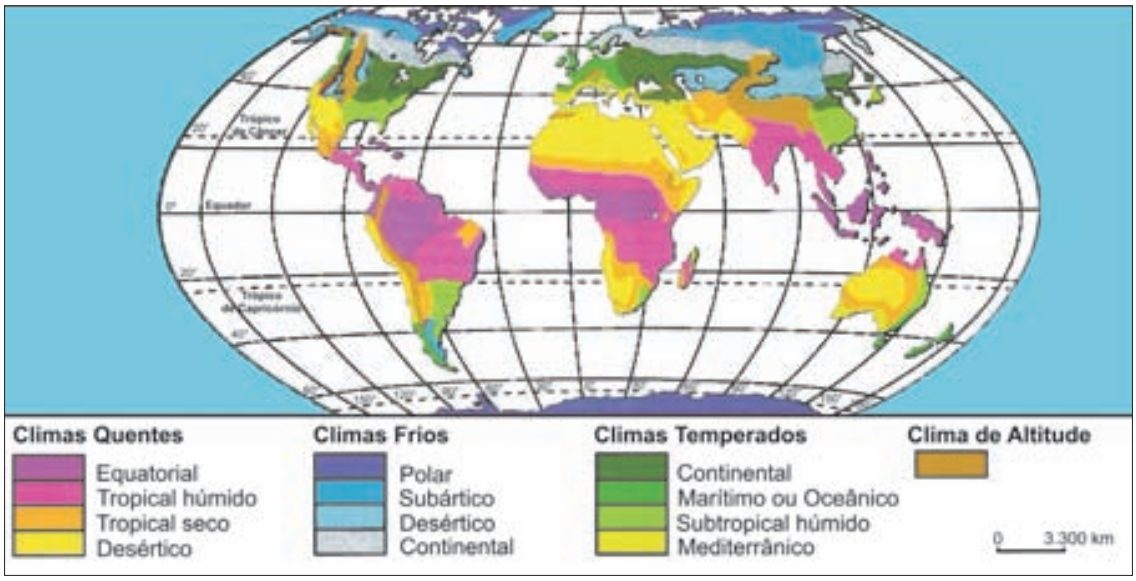
A noção de clima tem mudado ao longo do tempo. Antigamente, era considerado "fixo" na escala de tempo e a base para previsão regia-se por variações sazonais como as monções (ventos sazonais, em geral associados à alternância entre a estação das chuvas e a estação seca) em clima tropical. Não se conheciam outras variáveis que acontecem aleatoriamente como "onda de leste" (ventos alísios perto da linha do equador) e os sistemas convectivos de tempestades da Zona de Convergência Intertropical - região de fronteira entre os hemisférios norte e sul, onde se espalham nuvens, próximo à superfície terrestre, com grande movimento interno e transporte de calor.

Por outro lado, existem outras variáveis que influenciam na alteração do clima, causadas pelo homem, como o aumento da temperatura, em algumas partes do planeta, decorrente da industrialização intensiva.

Vários fatores climáticos influenciam a dinâmica e caracterização dos diferentes tipos de climas:

- pressão atmosférica - variações históricas das amplitudes de pressões endógenas (magma) e exógenas (crosta) do planeta;
- órbita - mudanças cronológicas (geológicas e astrofísicas) nas posições das órbitas terrestres (em graus, minutos, segundos, décimos, centésimos e milésimos de segundos) ocasionam maiores ou menores graus de insolação, que modificam as variadas ações calorimétricas (ora incidentes ou deferentes) no planeta (dificilmente perceptíveis pelos humanos);
- latitude - distância em graus de um local até a linha do equador;
- altitude - distância em metros entre um determinado ponto do relevo até o nível do mar (universalmente considerado como o ponto ou nível médio em comum para medidas de altitudes);
- maritimidade - proximidade de um local com o mar;
- massas de ar - parte da atmosfera que apresenta as mesmas características físicas (temperatura, pressão, umidade e direção) derivadas do tempo em que ficou sobre uma determinada área da superfície terrestre (líquida ou sólida);
- correntes marítimas - grande massa de água que apresenta as mesmas características físicas (temperatura, salinidade, cor, direção, densidade) e pode acumular uma grande quantidade de calor e, assim, influenciar as massas de ar que se lhe sobrepõem;
- relevo - presença e interferências de montanhas e depressões nos movimentos das massas de ar;
- vegetação - emissão de determinadas quantias de vapor de água, influenciando o ciclo hidrológico de uma região;
- presença de megalópoles ou de extensas áreas rurais, que modificaram a paisagem natural.

Figura 21.Tipos de clima no mundo.



Fonte: Centro de Investigações para Tecnologias Interactivas (citi), Lisboa (2010).

Efeito estufa e aquecimento global

A temperatura média da Terra oscila em torno de 15°C e isto ocorre porque existem naturalmente gases, como o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4) e o vapor d'água, na atmosfera.

Esses gases formam uma camada que aprisiona parte do calor do Sol, que incide sobre o planeta. Sem eles, a Terra seria um ambiente gelado, com temperatura média de -17ºC. Esse fenômeno é chamado de efeito estufa.

Muito se tem falado do efeito estufa, devido ao fenômeno do aquecimento global, provocado pelo uso do carvão mineral, petróleo e gás natural. Isso ocorre porque o carbono estocado durante milhões de anos na natureza teve seu uso intensificado nas indústrias, na geração de energia e na emissão veicular.

As florestas, grandes depósitos de carbono, passaram a ser destruídas e queimadas cada vez mais rapidamente. Imensas quantidades de gás carbônico, metano e outros gases começaram a ser lançadas na atmosfera, tornando-a uma camada mais espessa, que retém mais calor do Sol e intensifica o efeito estufa.

O gás carbônico contribui com maior volume para o aquecimento global, pois representa mais de 75% das emissões antropogênicas globais de gases de efeito estufa. O tempo de permanência desse gás na atmosfera é, no mínimo, cem anos. Isso significa que as emissões de hoje têm efeitos de longa duração e podem resultar em impacto no regime climático nos próximos séculos.

A quantidade de metano emitida para a atmosfera é menor, mas seu "poder estufa" (potencial de aquecimento) é vinte vezes superior ao gás carbônico. Outros gases como o óxido nitroso (N_2O) e os clorofluorcarbonos (CFCs), apresentam concentrações ainda menores na atmosfera. No entanto, o "poder estufa" desses gases é 310 e até 7.100 vezes maior do que o CO_2, respectivamente.

Dessa forma, o aquecimento global é resultado do lançamento excessivo de gases de efeito estufa (GEEs), na atmosfera. Esses gases formam um verdadeiro "cobertor" cada dia mais espesso, que torna o planeta mais quente, não permite a saída da radiação solar e escurece a superfície terrestre.

Algumas consequências já se fazem sentir em diferentes partes do planeta, como o aumento da intensidade de eventos extremos - furacões, tempestades tropicais, inundações, ondas de calor e secas.

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (em inglês IPCC), estima que até o fim do século XXI a temperatura da Terra deve elevar-se entre 1,8ºC e 4ºC, o que aumentaria a intensidade de tufões e secas. Nesse cenário, um terço das espécies do planeta estaria ameaçada e populações inteiras seriam mais vulneráveis a doenças e desnutrição.

O IPCC calcula que o derretimento das camadas polares pode causar a elevação dos oceanos entre 18 cm e 58 cm, até 2100, fazendo desaparecer pequenas ilhas e obrigando centenas de milhares de pessoas a engrossar o fluxo dos chamados refugiados ambientais.

Segundo o IPCC, mais de 1 bilhão de pessoas poderia ficar sem água potável por conta do derretimento do gelo no topo de cordilheiras importantes, como o Himalaia e os Andes. Essas cordilheiras geladas servem como depósitos naturais de armazenamento da água da chuva, que a liberam gradualmente, garantindo o abastecimento constante dos rios que sustentam as populações ribeirinhas.

Mudanças climáticas são alterações no sistema climático geradas pelo aquecimento global, provocado pela emissão de gases de efeito estufa, em atividades de responsabilidade dos seres humanos.

O aumento da temperatura média do planeta acarreta mudanças na intensidade e frequência de chuvas, na evaporação, na temperatura dos oceanos, entre outros fenômenos. Os efeitos não são iguais em todas as regiões, mas a agricultura, o abastecimento de água, o equilíbrio dos ecossistemas e a vida de muitas espécies estão ameaçados pelas mudanças climáticas.

Já houve um aumento de 0,7 °C e estima-se que a temperatura média do planeta poderá elevar-se até mais de 2°C (em alguns locais, a temperatura poderá ser de mais de 5 ou 6°C).

Como avaliar as mudanças climáticas

O ser humano sempre se adaptou ao clima. Hoje, por maior razão, precisa adaptar-se a essas mudanças.

Sinais da mudança

O aumento da concentração de gases de efeito estufa, como o dióxido de carbono, o metano e o óxido nitroso (N_2O), resulta das atividades humanas. Esse aumento provoca o aquecimento dos solos e oceanos, o derretimento das calotas polares e a elevação do nível do mar.

Mudanças nos sistemas climáticos têm sido constatadas, notadamente na temperatura e na extensão das geleiras do Ártico, nos modelos de precipitação em larga escala, na salinidade dos oceanos, no padrão dos ventos e de mudanças extremas no tempo ou condições meteorológicas.

Tendências: detecção

A detecção de tendências não é simples. Depende de registros homogêneos, de uma série histórica longa de trinta anos e de dados incontestáveis.

As tendências podem ser detectadas em séries temporais que flutuam na escala diária, mensal, sazonal e entre anos. Se a flutuação for grande, outros fatores devem ser conferidos, como a duração do evento, pois um evento não terá significado se for isolado e de curta duração. Outro fator é a variabilidade do fenômeno: quanto mais variável mais difícil detectar a tendência.

Variáveis para identificar mudanças climáticas

Indicadores: pesquisas realizadas pelo IPCC detalham cada vez mais as variáveis envolvidas para o estudo de mudanças climáticas: temperatura, precipitação, umidade atmosférica e do solo. A natureza, a amplitude e o prognóstico dos indicadores considerados dependem fortemente das escalas temporal e espacial consideradas. O clima global é variável. Mudanças climáticas sempre existiram e em muitas escalas - global, regional, local. A escala global envolve irradiação solar; oscilação de fenômenos em larga escala, composição da atmosfera (depende de atividade vulcânica e emissão de gases); estado biofísico do solo e dos oceanos. Na escala regional, entendida como subcontinentes ou grandes bacias hidrográficas, a variação climática se fortalece devido à variação na circulação atmosférica e no microclima.

Tempo: existe uma variabilidade natural, sazonal e uma decenal. A escala do tempo é fundamental para a identificação da mudança climática.

Os horizontes temporais de variação climática são os seguintes:

— Escala sinótica (parcial, isolada): decorre da circulação atmosférica e retroalimentação local. Sistemas climáticos individuais podem resultar em eventos hidrológicos extremos.

— Escala sazonal: resulta de variações de larga escala na temperatura da superfície do mar (que provoca o El Nino, por exemplo), do solo e da neve. Precipitações anômalas persistem e podem levar a secas e enchentes.

— Escala decenal: as tendências globais e regionais para as próximas décadas passam a ser relevantes para o planejamento e implantação de medidas no âmbito da gestão de recursos hídricos.

— Escala secular: mudanças significativas das variáveis meteorológicas afetam o desenho da infraestrutura hidrológica, no que diz respeito à segurança pública e a eventos críticos.

As escalas decenal e secular estão relacionadas a variações lentas no aquecimento dos oceanos e nas mudanças de larga escala da composição atmosférica.

Relação da mudança climática com a água

O clima, a água, os sistemas biofísicos e socioeconômicos estão interconectados e a mudança em um dos componentes altera os demais.

A água não provoca mudanças climáticas, mas sofre seus reflexos, uma vez que alteram o ciclo hidrológico e causam intensidades e valores extremos de precipitação, derretimento da neve e do gelo, aumento do vapor d'água na atmosfera e da evaporação, variações na umidade do solo e no escoamento, conforme ilustrado na figura 22.

Figura 22. Relação da mudança climática com a água.
Ilustração: Silvia Marie Ikemoto.

Tabela 6. Síntese dos prováveis impactos das mudanças climáticas.

FENÔMENO	TENDÊNCIA	AGRICULTURA, FLORESTAS E ECOSSISTEMAS	RECURSOS HÍDRICOS	SAÚDE HUMANA	INDÚSTRIA, ASSENTAMENTOS E SOCIEDADE
Eventos de alta precipitação	Muito provável	Danos às plantações. Erosão do solo. Impossibilidade de cultivo da terra por inundação de solos.	Efeitos adversos sobre a qualidade das águas superficiais e subterrâneas. Contaminação da água de abastecimento. Escassez de água.	Aumento dos riscos de morte, danos e doenças infecciosas, respiratórias e da pele.	Ruptura dos assentamentos urbanos, atividades comerciais e transporte de moradores devido às inundações. Pressões sobre a infraestrutura rural e urbana. Perda de propriedades.
Áreas afetadas por aumento da estiagem	Provável	Degradação do solo, baixa produção, danos e declínio das plantações. Aumento de mortes nos rebanhos. Aumento do risco de incêndios florestais.	Maior difusão do estresse hídrico.	Risco elevado de deficiência de alimentos e água; má nutrição; doenças veiculadas pela água e por alimentos.	Falta de água para os assentamentos urbanos (indústria e comunidades). Redução dos potenciais de geração hidroelétrica. Possibilidade de migração da população.
Intensificação da atividade de ciclones tropicais	Provável	Danos às plantações. Derrubada de árvores. Danos aos recifes de coral.	Falhas no fornecimento de energia elétrica e interrupção no abastecimento público de água.	Maior risco de morte, danos e doenças transmitidas pela água e por alimentos. Doenças por estresse pós-traumático.	Ruptura por enchentes e ventos fortes. Negação da cobertura de risco em áreas vulneráveis, por seguradores privados. Possibilidade de migrações populacionais. Perda de propriedades.
Temperaturas mais elevadas das águas	Provável		Agravamento de várias formas de poluição da água. Aumento de algas e da concentração de bactérias e fungos.		

O que fazer

A mudança climática leva a significativos impactos na disponibilidade hídrica e na segurança pública. Secas e enchentes podem se intensificar.

É necessária uma mudança de atitude da população e dos gestores da água para enfrentar a mudança climática de forma adaptativa. Poucas pessoas sabem como associar mudança climática e gerenciamento dos recursos hídricos. Na verdade, há que economizar água, evitar a poluição e garantir o fluxo da água na cidade ou no campo, ou seja, a drenagem adequada para evitar enchentes.

Cada cidadão pode exigir do poder público ou do setor privado (industriais e agricultores), ou mesmo em sua comunidade, ações relacionadas à manutenção da qualidade e da quantidade da água. Alguns exemplos:

- Usar água na medida certa: cada atividade doméstica, na cozinha, no banheiro ou no quintal deve ser consciente, sem desperdício.
- Não jogar lixo no rio ou no mar.
- Não jogar óleo e produtos derivados nos rios ou no encanamento.
- Exigir que os planos diretores dos municípios definam o percentual mínimo de áreas permeáveis nos centros urbanos: quanto mais asfalto

e construções, menos água se infiltrará no solo, aumentando a probabilidade de enchentes.

- Manter a mata ciliar ao longo dos rios é fundamental para os cursos d'água. A cobertura vegetal age como um filtro, protegendo a qualidade da água e, como barreira física, amortece o impacto das chuvas e das cheias; e evita o lançamento ou o carreamento de materiais no curso d'água.
- Arborizar as cidades: as árvores consomem gás carbônico e emitem oxigênio.
- Pesquisar quais são as práticas agrícolas mais eficientes com relação à economia de água: tipos de irrigação, produtos cultivados que mais consomem água, entre outros.
- Pesquisar as situações em que há possibilidade de reutilizar a água.
- Pesquisar como é feita a captação de água pluvial e se é possível introduzir a prática em casa.
- Além dessas ações, a WWF – Brasil (World Wide Fund for Nature) propõe as seguintes diretivas para a conservação e gestão da água:
- Atender às diversas demandas da sociedade por meio dos usos múltiplos, mas, também, garantir a integridade dos ecossistemas de água doce.
- Proteger os ecossistemas aquáticos.
- Contribuir para consolidar a gestão dos recursos hídricos no país, provendo uma visão da água como um ciclo cujo funcionamento deve ser preservado para a sociedade no presente e no futuro.
- Fortalecer as políticas e instituições responsáveis pela gestão dos recursos hídricos, provendo uma abordagem sistêmica da bacia hidrográfica.
- Contribuir para a implementação e funcionamento de Comitês de Bacias prioritários, enfocando e fortalecendo a participação da sociedade civil, uso integrado do solo e a gestão de recursos hídricos.
- Desenvolver programas de educação ambiental junto às comunidades ribeirinhas em bacias hidrográficas prioritárias.
- Desenvolver modelos de manejo de bacias hidrográficas e trabalhar

para a ampliação das áreas protegidas por meio da criação de Unidades de Conservação.

- Implementar e documentar boas práticas de manejo e gestão de recursos aquáticos.
- Sensibilizar e mobilizar o grande público, governos e o setor privado da importância de conservar e gerir os recursos hídricos, visando à otimização de seus diversos usos e à manutenção dos processos ecológicos naturais.
- Reduzir os impactos do aquecimento global sobre os recursos hídricos, promovendo estudos de impactos das mudanças climáticas sobre a água, de forma a propor aos governos e à iniciativa privada medidas de prevenção e redução dos seus efeitos.
- Criar e adequar as políticas públicas para a gestão dos recursos hídricos no Brasil, provendo a adoção efetiva da Política e do Plano Nacional de Recursos Hídricos.

Mais informações

O desmatamento influencia na mudança do clima: ao desmatar uma área, algumas pessoas queimam a madeira que não tem valor comercial. O gás carbônico contido na fumaça sobe para a atmosfera e se acumula com outros gases, aumentando o efeito estufa. No Brasil, 75% das emissões provêm do desmatamento.

Soluções para combater o aumento do efeito estufa. De várias maneiras é possível reduzir as emissões dos gases de efeito estufa: diminuir o desmatamento; incentivar o uso de energias renováveis não-convencionais; adotar a eficiência energética e a reciclagem de materiais; melhorar o transporte público, entre outras, são algumas das possibilidades.

Eficiência energética: aproveitar melhor a energia, sem desperdício. Por exemplo, quando se diz que uma lâmpada é eficiente, significa que ilumina tanto quanto as outras, consumindo menos energia. Ou seja, mesma iluminação, com menos gasto de energia.

Energias renováveis não-convencionais: são fontes de energias que não procedem de combustíveis fósseis, como petróleo e gás natural (e também não incluem a hidroeletricidade). As mais conhecidas são a solar, onde aproveita a luz e o calor do sol para gerar energia, a biomassa, oriunda mais comumente do bagaço da cana-de-açúcar e a eólica, dos ventos.

Convenção do Clima: é uma reunião anual da Organização das Nações Unidas (ONU) durante a qual os países membros discutem as questões mais importantes sobre mudanças climáticas. A primeira convenção mundial aconteceu em 1992. O nome oficial do evento é Convenção-Quadro da Nações Unidas sobre Mudanças do Clima (UNFCC, em inglês).

Protocolo de Quioto: é o único tratado internacional que estipula reduções obrigatórias de emissões causadoras do efeito estufa. O documento foi ratificado por 168 países. Os Estados Unidos, maiores emissores mundiais, e a Austrália não fazem parte do Protocolo de Quioto.

Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC)

Formado por 130 delegações governamentais, o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) fornece avaliações regulares sobre a mudança climática. Nasceu em 1988, da percepção de que a ação humana estaria exercendo forte influência sobre o clima do planeta e que era necessário acompanhar esse processo.

Para o IPCC, os países poderiam diminuir os efeitos negativos do aquecimento global, estabilizando em um patamar razoável as emissões de carbono até 2030. Isto custaria 3% do PIB mundial.

O Brasil nos relatórios do IPCC

Um dos relatórios do IPCC alerta: partes da Amazônia podem transformar-se em savana. Em entrevistas com jornalistas, cientistas do IPCC informaram que entre 10% e 25% da floresta poderiam desaparecer até 2080. O órgão concluiu que existe uma possibilidade de que metade da maior floresta tropical do mundo se transforme parcialmente em cerrado.

Há riscos, também, para o Nordeste brasileiro. No pior cenário, até 75% de suas fontes de água podem desaparecer até 2050. Os manguezais também seriam afetados pela elevação do nível da água.

Entretanto, o IPCC tem destacado a falta de dados, patente em países emergentes e nos menos desenvolvidos. Como resultado, as conclusões do Painel são menos incisivas nas chamadas "questões regionais".

Referências Bibliográficas

ANA. Geo-Brasil. Recursos Hídricos. Componentes da série relatórios sobre o estado e perspectiva do meio ambiente no Brasil. 2007 164 p. il.

ANA. Cadernos de Recursos Hídricos 2. Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. Superintendência de Usos Múltiplos, Brasília: 2007, 124 p.

ANA. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil, 2009. Brasília: ANA, 2009, 204 p.

BATES, B.C.; KUNDZEWICZ, Z.W.; S. Wu y J.P. Palutikof; Ed., 2008: El Cambio Climático y el Agua. Documento tecnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Secretaría del IPCC,Ginebra, 224 p. www.agua.org.mx

BORN R.H., PICCHIONI, S., PIVA, L., Ed., 2007: Mudanças climáticas e o Brasil. Contribuições e diretrizes para incorporar questões de mudanças de clima em políticas públicas. London. Sterling VA. Documento Técnico do Fórum Brasileiro de Organizações Não-Governamentais e Movimentos Sociais para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento. Brasil, 57 p.

BRASIL, Ana Maria e SANTOS, Fátima. O ser humano e o meio ambiente de A a Z: dicionário. 2ª edição rev. e ampl. – São Paulo, SP: FAARTE Editora, 2006, 712 p.

BRASIL. MMA, 2006. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos – Brasília. Plano Nacional de Recursos Hídricos. Síntese executiva. 135 p. + CDROM.

BRASIL. TUCCI, Carlos E.M.; & MENDES, Carlos André. Ministério do Meio Ambiente / Secretaria de Qualidade Ambiental. Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica. Brasília, 2006. 302. p.

CADERNOS UNESCO BRASIL. Série Meio Ambiente vol. 3. A ética do uso da água doce: um levantamento. Brasília: UNESCO, 2001.

CETESB – governo do estado de são Paulo / secretaria do meio ambiente. Agenda 21 em São Paulo. Edição bilíngue (Inglês/Português) – 1992 – 2002, São Paulo, 2002. 152 p.

CETESB (SÃO PAULO). Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2007 / CETESB. São Paulo: CETESB, 2008.

CLARKE, R.; KING, J. O Atlas da Água: O mapeamento completo do recurso mais precioso do planeta. Ed. PubliFolha, 2005. São Paulo, 128 p.

CORRÊA, i.c.s. Cálculo de Vazão de uma seção transversal a um canal fluvial. Instituto de Geociências, UFRGS. Porto Alegre, RS.

DAEE. Guia prático para projetos de pequenas obras hidráulicas. III São Paulo, 2005. 116p.

DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica. São Paulo. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Plano Estadual de Recursos Hídricos: 2004 /2007. Resumo. São Paulo, 2006. 92p. Il

DUKE ENERGY GERAÇÃO PARAPANEMA. Como cuidar da nossa água. Coleção entenda e aprenda. Ed. Bei Comunicação. São Paulo, 2003. p. 178.

EMBRAPA. Comunicado Técnico 455. Versão Eletrônica / julho, 2007. Concórdia, SC.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Estudos Avançados / Universidade de São Paulo. Instituto de Estudos Avançados. Vol. 22 – Número 63 – maio/agosto 2008, São Paulo, p.342.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. São Paulo (Estado). Secretaria do Meio Ambiente; Coordenadoria de Recursos Hídricos. Relatório de Situação dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo. SMA/CRHi, 2009. 152 p.

INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL, Almanaque Brasil Socioambiental, São Paulo, (2008), 552 p.

LUDWIG, F.; KABAT, P.; SCHAIK, H.; VALK,M.; Eds.2009: Climate Change Adaptation in the Water Sector. Fulco Ludwig et al., USA, 274 p.

PAGANINI, W. da Silva. A identidade de um rio de contrastes. O Tietê e seus múltiplos usos. Imprensa Oficial do Estado de São Paulo. São Paulo, 2007. 254 p. il.

REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. (Org., 2006). Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. 3ª ed. São Paulo: Escrituras Editora, 750 p.

SECRETARIA da educaÇÃO, Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas. Água hoje e sempre: consumo sustentável. São Paulo. SE / CENP, 2004.
The Open University. Os recursos físicos da Terra. Bloco 4 Parte I, Recursos Hídricos. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2000, p.150.
TUNDISI, J.G. (2003). Água no século XXI: enfrentando a escassez. RiMa, IIE, 2.ed., 260 p., São Carlos.
VILLIERS, Marq de. Água: como o uso deste precioso recurso natural poderá acarretar a mais séria crise do século XXI. Ediouro Publicações S.A. Rio de Janeiro, 2002. 458 p.

Legislação consultada

Federal
Lei 9.985/2000 / Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC).

Estadual
Lei 7.663/1991 / Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos.
Lei 13.542/2009 / Altera a denominação da Cetesb.

Sites consultados

http://www.ambiente.sp.gov.br
http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?/base=.agua/doce/index/
http://www.ana.gov.br
html&conteúdo=.agua/doce/artigos/sobrevivencia/ktml
http://www.brasilescola.com/geografia/hidrovias.htm
http://www.cetesb.sp.gov.br
http://www.cnpms.embrapa.br
http://www.ibge.gov.br
http://www.dicionario.pro.br/
http://www.wwf.org.br
premioreportagem.org.br/article.sub?docId=7902&c=Brasil&cRef=Brazil&year=2004&date=outubro%202003
http://www.thalamus.org.br
http://www.ufrj.br/institutos (Acidentes/riscos/Ambientais/Medição de vazão)
http://www.uniagua.org.br
http://www.citi.pt acessado em 22/6/10.

Lista de figuras

Figura 1. Volume de água em circulação na Terra – km³/ano (1 km³ = 1 bilhão de m³). **p. 17**
Figura 2. Volume de água doce e de água salgada na Terra. **p.19**
Figura 3. Exemplo de bacia hidrográfica. **p.20**
Figura 4. Seção de um rio. **p.25**
Figura 5. Distribuição mundial das precipitações médias anuais nos continentes. **p.32**
Figura 6.Distribuição das Regiões úmidas da Terra. **p.34**
Figura 7. Regiões mais secas da Terra. **p.35**
Figura 8. Recursos hídricos no Brasil por região hidrográfica. **p.40**
Figura 9. Distribuição espacial das vazões específicas no território brasileiro. **p.42**
Figura 10. Distribuição dos potenciais de água subterrânea no Brasil. **p.45**
Figura 11. Aquíferos Alter do Chão e Solimões na bacia sedimentar do Amazonas. **p.46**
Figura 12. Perfil geológico da bacia sedimentar do Paraná. **p.48**
Figura 13. Retirada de água para irrigação por unidade de área no Brasil (2006). **p.52**
Figura 14. Distribuição, por município, da população urbana atendida com abastecimento de água (2006). **p.54**
Figura 15. Localização de usinas hidroelétricas. **p.55**
Figura 16. Vias navegáveis no Brasil. **p.56**
Figura 17. As 22 UGRHIs paulistas. **p.58**
Figura 18. Índice de utilização das águas nas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos. **p.60**
Figura 19. Índice de qualidade da água bruta para fins de abastecimento público das águas interiores do Estado de São Paulo (2008). **p.61**
Figura 20. Síntese das ações antrópicas x qualidade das águas por Regiões e Bacias Hidrográficas. **p.76**
Figura 21. Tipos de clima no mundo. **p.88**
Figura 22. Relação da mudança climática com a água. **p.93**

Lista de tabelas

Tabela 1. Distribuição dos países segundo níveis potenciais e uso da água (m³/hab/ano). **p.37**
Tabela 2. Parâmetros hidrológicos das regiões hidrográficas brasileiras. **p.41**
Tabela 3. Usos das águas de alguns aquíferos. **p.49**
Tabela 4. Produção hídrica superficial dentro do território do Estado de São Paulo (2007). **p.62**
Tabela 5. Estimativas das demandas urbanas, industriais e de irrigação (2007). **p.63**
Tabela 6. Síntese dos prováveis impactos das mudanças climáticas. **p.94**

Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca do Centro de Referência em Educação Ambiental

S24r São Paulo (Estado) Secretaria do Meio Ambiente / Coordenadoria de Educação Ambiental.

Recursos hídricos / Autores Rocha, Gerôncio de Albuquerque; Assis, Neusa Maria Marcondes Viana de; Mancini, Rosa Maria de Oliveira Machado; Melo, Teresinha da Silva; Buchianeri, Viviane; Barbosa, Wanda Espírito Santo. - - São Paulo : SMA/CEA, 2011.

104p. : 15,5 x 22,3cm (Cadernos de Educação Ambiental, 14)

Bibliografia.
ISBN – 978-85-86624-85-8

1. Recursos hídricos 2. Mudanças climáticas-água 3. Gestão das águas I. Rocha, Gerôncio de Albuquerque II. Assis, Neusa Maria Marcondes Viana de III. Mancini, Rosa Maria de Oliveira Machado IV. Melo, Teresinha da Silva V. Buchianeri, Viviane VI. Barbosa, Wanda Espírito Santo VII. Título VIII. Série.

CDU 349.6

2ª reimpressão 2014

Cadernos de Educação Ambiental

Coordenação Geral
Yara Cunha Costa

Caderno Recursos Hídricos – 2ª Reimpressão

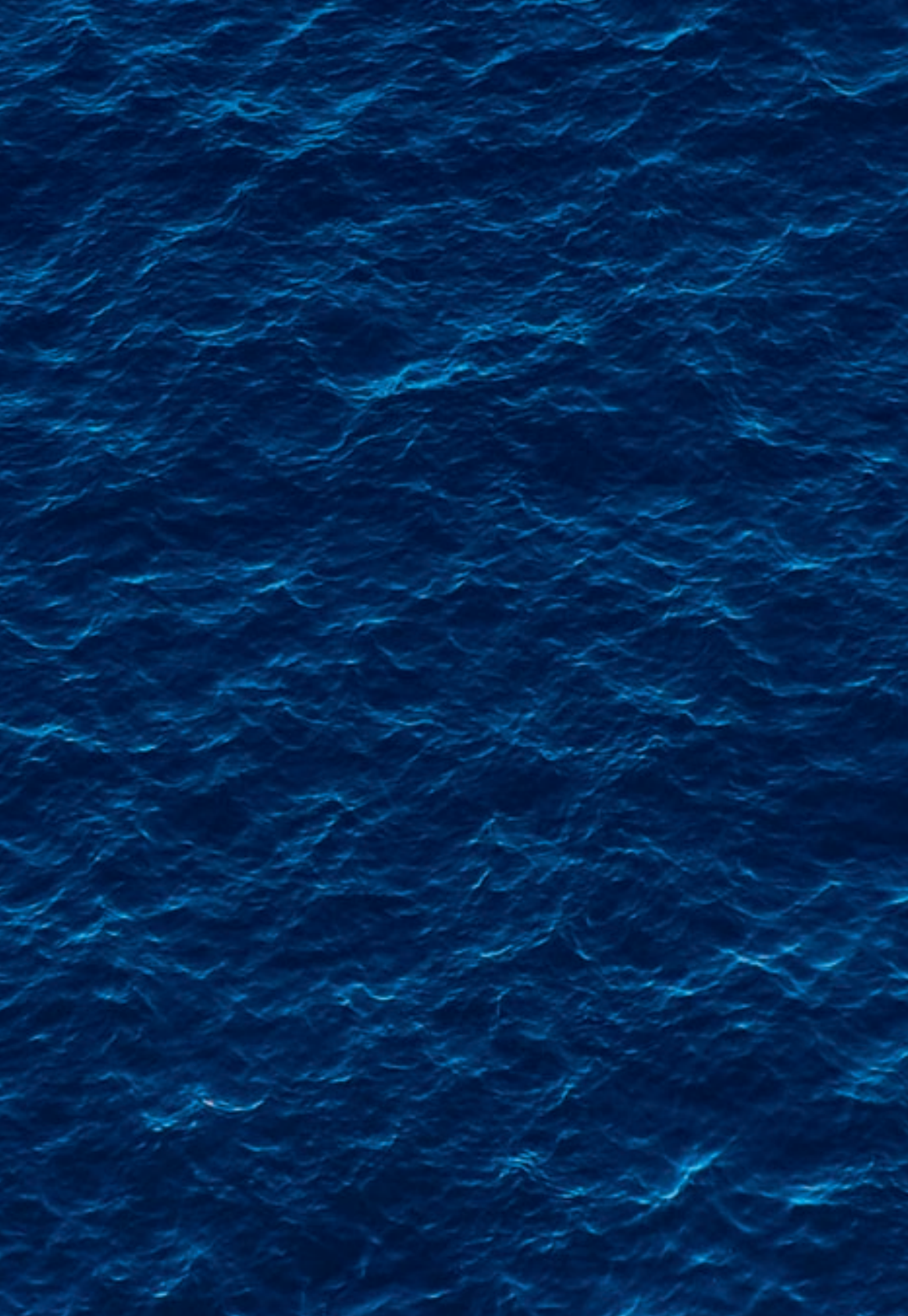
Autoria
Gerôncio de Albuquerque Rocha
Neusa Maria Marcondes Viana de Assis
Rosa Maria de Oliveira Machado Mancini
Teresinha da Silva Melo
Viviane Buchianeri
Wanda Espírito Santo Barbosa

Revisão de Texto
Denise Scabin Pereira

Ilustração
Antônio Carlos Palacios
Benedito Nivaldo C. de Abreu

Diagramação
Arte Integrada

CTP, Impressão e Acabamento
Imprensa Oficial do Estado de São Paulo



SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE
Av. Prof. Frederico Hermann Jr. 345
São Paulo 05459 900 São Paulo
tel. 11 3133 3000
www.ambiente.sp.gov.br

Disque Ambiente 0800 11 3560

GOVERNO DO ESTADO
SÃO PAULO
Secretaria do Meio Ambiente