

mente reavaliada em seus instrumentos, logo o processo do GCI passa uma forma eficiente de avaliação do mesmo.

De uma forma geral, em ambos os processos, a construção de planos a partir de problemas identificados ao longo do litoral por meio de um processo participativo é fundamental para alcançar resultados no processo de gerenciamento. O fortalecimento dos arranjos inter e intra-institucionais por meio de mecanismos de capacitação de forma contínua, integradora e em longo prazo é o caminho mais seguro para a efetivação desse processo em todos os procedimentos analisados. No caso do PNGC, a capacitação, a comunicação e educação ambiental passam a ser instrumentos fundamentais para o mesmo.

Adotar e incrementar programas dessas natureza, com visão não apenas de curto prazo, de forma que esses também possam ser adaptados segundo as realidades regionais e locais a médio e longo prazo é um processo natural, pois sustentabilidade é um processo que exige mudanças de natureza ética em todos os níveis.

**Marcus Polette** é oceanógrafo e geógrafo, doutor em ecologia e recursos naturais. Pesquisador do Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar – Oceanografia de Itajaí (SC)

**Liliana Pagetti Silva** é pesquisadora da Universidade do Vale do Itajaí – (Univali) e do CTTMar – Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar - Oceanografia

## Referências bibliográficas

1. Raucci, G. D.; Polette, M. "Subsídios para análise da capacidade de suporte da praia central de balneário Camboriú – SC". Perfil do Usuário In. XIV Semana Nacional de Oceanografia Rio Grande - RS Livro de síntese do evento citado: Furg, p. 117-118 2001.
2. Sorensen, J. Coasts institutional arrangement for managing coastal resources and Environment. *Coastal Management Publication* N. 1. National Park Service. 194p. 1990.
3. The World Bank Noordwijk Guidelines - for integrated coastal zone management. international bank for reconstruction and development. world coast. 1993.
4. Cicin-Sain, B. Sustainable development and integrated coastal management. *Ocean & Coastal Management* 21: 11-43 p. 1993.
5. Gesamp. "The contributions of science to integrated coastal management." Gesamp Reports and Studies, n.61. Rome. 65p. 1996
6. Olsen, S.; Lowry, K.; Tobey, J. A Manual for assessing progress in *Coastal Management Report # 2211*. The University of Rhode Island. CRC. 68p. 1999.
7. Henocque, Y.; Denis, J. A Methodological Guide: Steps and tools towards integrated coastal zone management. IOC Manuals and Guides #42. Unesco. 78p. Paris. 63p. 2001.

## CICLO HIDROLÓGICO E GERENCIAMENTO INTEGRADO

José Galizia Tundisi

**A** água é parte integral do planeta Terra. É componente fundamental de dinâmica da natureza, impulsiona todos os ciclos, sustenta a vida e é o solvente universal. Sem água, a vida na Terra seria impossível. A água é o recurso natural mais importante e participa e dinamiza todos os ciclos ecológicos; os sistemas aquáticos têm uma grande diversidade de espécies úteis ao homem e que são também parte ativa e relevante dos ciclos biogeoquímicos e da diversidade biológica do planeta Terra. O *Homo sapiens* além de usar a água para suas funções vitais como todas as outras espécies de organismos vivos, utiliza os recursos hídricos para um grande conjunto de atividades, tais como, produção de energia, navegação, produção de alimentos, desenvolvimento industrial, agrícola e econômico. Entretanto, 97% da água do planeta Terra está nos oceanos e não pode ser utilizada para irrigação, uso doméstico e dessedentação. Os 3% restantes têm, aproximadamente, um volume de 35 milhões de quilômetros cúbicos. Grande parte deste volume está sob forma de gelo na Antártida ou na Groelândia. Somente 100 mil km<sup>3</sup>, ou seja, 0,3 % do total de recursos de água doce está disponível e pode ser utilizado pelo homem. Este volume está armazenado em lagos, flui nos rios e continentes e é a principal fonte de suprimento acrescido de águas subterrâneas (1).

**O CICLO HIDROLÓGICO E A SUSTENTAÇÃO DA VIDA** A característica essencial de qualquer volume de água superficial localizada em rios, lagos, tanques, represas artificiais e águas subterrâneas são a sua instabilidade e mobilidade. Todos os componentes sólidos, líquidos e gasosos (as três fases em que a água existe no planeta Terra) são parte do ciclo dinâmico da água, ciclo este, perpétuo. A fase mais importante deste ciclo para o homem é justamente a fase líquida, em que ela está disponível para pronta utilização.

Os fatores que impulsionam o ciclo hidrológico são a **energia térmica solar**, a **força dos ventos**, que transportam vapor d'água para os continentes, a **força da gravidade** responsável pelos fenômenos da **precipitação**, da **infiltração** e **deslocamento** das massas de água. Os principais componentes do ciclo hidrológico são a **evaporação**, a **precipitação**, a **transpiração** das plantas e a **percolação**, **infiltração** e a **drenagem**. Anualmente, aproximadamente 47 mil km<sup>3</sup> retornam aos oceanos, a partir dos rios, represas, lagos e águas subterrâneas. Se essa drenagem fosse distribuída igualmente em todos os continentes, cada uma das pessoas / habitantes do planeta Terra (aproximadamente 6 bilhões) teria disponíveis 8 mil m<sup>3</sup>/ano. Entretanto, esta distribuição é desigual, causa problemas de disponibilidade nos continentes, países e regiões. Também a distribuição não é homogênea durante o ano, em muitas regiões, o que causa desequilíbrio e desencadeia ações de gerenciamento diversificadas para enfrentar a escassez ou o excesso de água (2). Há uma **variabilidade natural** de séries hidrométricas históricas (medidas dos volumes e vazões dos rios) as quais determinam os principais usos da água e as estratégias de gerenciamento.

A Figura 1 mostra de forma simplificada os fluxos do ciclo hidrológico e seus números principais.

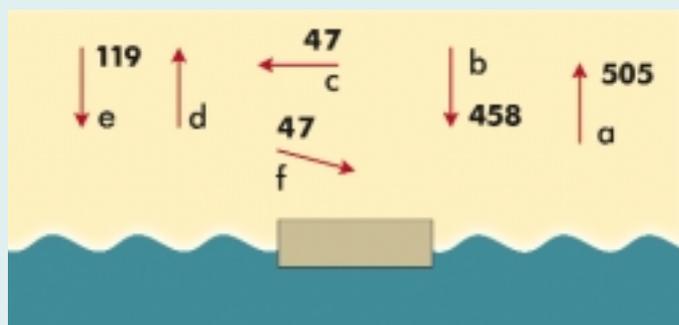


FIGURA 1 – O CICLO HIDROLÓGICO EM FORMA SINTÉTICA

a) evaporação a partir dos oceanos; b) precipitação nos oceanos; c) transporte da água atmosférica para os continentes; d) evaporação a partir dos continentes (inclui transpiração das plantas); e) precipitação sobre os continentes; f) drenagem para os oceanos. Todos os fluxos em  $\text{km}^3 \times 10^3$  por ano. (1)

**USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA E IMPACTOS NO CICLO HIDROLÓGICO** À medida que a economia foi se tornando mais complexa e diversificada, mais usos foram sendo adicionados aos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, de tal forma que ao ciclo **hidrológico**, superpõe-se um ciclo **hidrosocial** de grande dimensão e impacto ecológico e econômico (3). Este ciclo hidrosocial, que na verdade é uma adaptação do homem às diferentes características do ciclo hidrológico e, também as suas alterações, causam inúmeros impactos. As retiradas totais de água para múltiplos usos estão ilustradas na Tabela 1, a qual mostra um crescimento considerável no volume utilizado.

TABELA 1

Consumo total de água ( $\text{km}^3/\text{ano}$ )			
Uso total	1970	1975	2000
Suprimento doméstico	120	150	500
Indústria	510	630	1.300
Agricultura	1.900	2.100	3.400
<b>Total</b>	<b>2.530</b>	<b>2.880</b>	<b>5.200</b>

Fontes: 1,2,3

Com o aumento e diversificação da atividade econômica, a dependência dos recursos hídricos aumenta, especialmente em regiões com variabilidade anual grande no ciclo e áridas. As pressões sobre os usos dos recursos hídricos provêm de dois grandes problemas que são o crescimento das populações humanas e o grau de urbanização e aumento das necessidades para irrigação, e produção de alimentos. A redução no volume disponível e a apropriação dos recursos hídricos em escala maior e mais rápida têm produzido grandes alterações nos ciclos hidrológicos regionais: por exemplo, a construção de barragens aumenta a taxa de evaporação, a construção de

canais para diversão de água, produz desequilíbrios no balanço hídrico, a retirada de água em excesso para irrigação, diminui o volume dos rios e lagos. Igualmente importante do ponto de vista quantitativo é o grau de urbanização que interfere na drenagem e aumenta o escoamento superficial, diminuindo a capacidade de reserva de água na superfície e nos aquíferos. Os impactos qualitativos são inúmeros e variáveis e têm conseqüências ecológicas, econômicas e sociais e na saúde humana. Por exemplo, a descarga de fontes difusas e pontuais de nitrogênio e fósforo nos rios, lagos e represas, a partir de esgotos não tratados e de usos de fertilizantes produz o fenômeno de **eutrofização** cujos efeitos ecológicos, na saúde humana e nos custos do tratamento de água são relevantes especialmente em regiões de intensa urbanização como a Região Metropolitana de São Paulo. (4)

**GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RECURSOS HÍDRICOS** As demandas de água, especialmente no final do século 20, os inúmeros impactos quantitativos e qualitativos, promoveram e estimularam novas soluções para o gerenciamento de recursos hídricos, a nível local, regional, nacional e internacional. A implementação da Agenda 21 foi também importante para esta mudança de paradigma. Os elementos fundamentais para o gerenciamento **integrado**, em nível de **bacia hidrográfica, preditivo e adaptativo** são os seguintes:

- Descentralização da gestão em nível de bacia hidrográfica.
- Promoção e implantação de instrumentos legais e de ação através da organização institucional em nível de bacia hidrográfica.
- Proteção do hidrociclo e dos mananciais.
- Purificação e tratamento de águas (efluentes industriais e esgotos domésticos).
- Conservação da biodiversidade e dos *habitats* na bacia hidrográfica.
- Gerenciamento conjunto da quantidade e qualidade da água.
- Proteção do solo, prevenção da contaminação e eutrofização.
- Gerenciar conflitos e otimizar usos múltiplos adequando-os à economia regional.
- Monitoramento sistemático e permanente da qualidade e quantidade da água.
- Promoção de avanços tecnológicos na gestão integrada; monitoramento em tempo real, indicadores biológicos de contaminação.
- Ampliar a capacidade preditiva do gerenciamento por bacia hidrográfica e dar condições para a promoção de orientações estratégicas para prospecção e a procura de alternativas.

Esse gerenciamento integrado dos recursos hídricos resultou da consolidação das novas visões e paradigmas que foram se tornando mais evidentes a partir de inúmeros problemas resultantes de uma visão **setorial, limitada** e de **resposta a crises**; a principal constatação é a interdependência dos processos ecológicos em nível de bacia hidrográfica e do desenvolvimento econômico, social e das interações entre os componentes do sistema: biodiversidade, agricultura, usos do solo, cobertura vegetal, ciclos de nutrientes, impactos das mudanças globais no clima da Terra e recursos hídricos superficiais e subterrâneos (5). A implantação do gerenciamento integrado encontra-se em fase de transição e novas metodologias e projetos estão sendo implementados em muitos países e continentes para uma resolução dos inúmeros problemas relativos aos usos e otimização dos usos múltiplos.

O uso diversificado e complexo dos recursos hídricos tem grande impacto na economia regional e nacional, uma vez que os impactos quantitativos e qualitativos gerados, demandam custos para recuperação e tratamento de água e dos ecossistemas aquáticos. Água de má qualidade empobrece as populações locais e de determinadas regiões, além de interferir com a economia regional e destruir alternativas saudáveis de desenvolvimento sustentável. O gerenciamento integrado tem, também como objetivo, resolver problemas econômicos relacionados com a disponibilidade de água, tratamento de águas residuárias, produção de alimentos e tratamento de efluentes industriais. Qualidade de água, economia regional e nacional, competitividade industrial e agrícola, devem fazer parte dos sistemas de gerenciamento integrado em todas as dimensões geográficas, municípios, bacias hidrográficas, estados, países e bacias internacionais. O gerenciamento integrado deve promover a interação efetiva do ciclo **hidrosocial** com o ciclo hidrológico. (6)

**José Calizia Tundisi** é limnólogo, especialista em mecanismos de funcionamento de lagos, rios, represas e gerenciamento integrado de recursos hídricos. Presidente do Instituto Internacional de Ecologia -São Carlos/SP

## Referências Bibliográficas

1. Gleick, P.H. *Water in crisis. A guide to the world's freshwater resources*. Oxford University Press. 473 pp. 1993.
2. Pielou, E.C. *Fresh Water*. The University of Chicago. Press. 275 pp. 1998.
3. Tundisi, J.G. "Limnologia e gerenciamento integrado de recursos hídricos. Avanços conceituais e metodológicos" *Ciência e Ambiente* 21. 9-20 pp. 2001.
4. Tundisi, J.G. *Água no século 21: enfrentando a escassez*. IIE, Rima (no prelo). 2003
5. Straskraba, M. e Tundisi, J.G. *Diretrizes para o gerenciamento de lagos*. Vol. 9. Gerenciamento da qualidade da água de represas. ILEC. IIE. 258 pp. 2000.
6. Ayensu, E.; Claasen, D.van R.; Collins, M.; Dearing, A.; Fresco, L.; Gadgil, M.; Gitay, H.; Glaser, G.; Juma, C.; Krebs, J.; Lenton, R.; Lubchenco, J.; McNeely, J.A.; H.A.; Mooney, P.; Pinstrip-Andersen; Ramos, M.; Raven, P.; Reid, W.V.; Samper, C.; Sarukhan, J.; Schei, P.; Tundisi, J.G.; Watson, R.T.; Guanhua, X. and Zakri, A.H. *International Ecosystem Assessment. Science*. Vol. 286. 685-686pp. 1999.

## A SEDE ZERO

Aldo C. Rebouças

Mas, doutor, uma esmola  
A um homem que é são  
Ou lhe mata de vergonha  
Ou vicia o cidadão  
*Luiz Gonzaga*

**A**s fomes são guerras que ocorrem pelo direito da existência, desde os primórdios dos tempos primitivos da humanidade na Terra. Porém, sem água não há como fazer guerra nem produzir alimentos para combater a fome. A divisão da descarga média de longo período dos nossos rios, a maior do mundo - 183.000 m<sup>3</sup>/s, ou 5.764 km<sup>3</sup>/ano - pela população nacional (segundo dados do IBGE de 2000), indica que o cidadão brasileiro, em geral, tem da ordem de 34.000 m<sup>3</sup>/ano per capita de água doce nos seus rios para usar (1). Isto nos coloca na classe dos povos ricos de água doce no mundo. Vale destacar, que a oferta de menos de 1.000 m<sup>3</sup>/ano per capita nas regiões áridas relativamente desenvolvidas do mundo representa o "stress hídrico" (2).

O Brasil não é tão rico de água assim, dizem alguns, à medida que perto de 80% das descargas anuais dos nossos rios ocorrem nas regiões hidrográficas dos rios Amazonas e Tocantins, onde se tem a mais baixa densidade demográfica do país. Porém, fica difícil explicar ao mundo de água escassa que, até nas cidades mais importantes da região Amazônica, tais como Manaus e Belém, quase metade das populações que aí vivem esteja sujeita aos mesmos problemas de saneamento básico que ocorrem nas regiões metropolitanas de Fortaleza, Recife ou São Paulo, por exemplo.

**A ALTERNATIVA MAIS BARATA É SUA GESTÃO INTEGRADA** A propósito, a Carta Magna Federal de 1988, vigente, estabelece como prioridades: o direito de todo cidadão à água limpa de beber, produção de alimentos e dessedentação de animais. Além da relativa abundância de água doce nos rios em todas as cinco regiões econômicas do Brasil, a extração de apenas 25% das recargas anuais das nossas águas subterrâneas, já representaria uma oferta de mais 4.000 m<sup>3</sup>/ano per capita (3,4,5). A propósito, no Vale Central do rio San Joaquin, Califórnia, USA - 52.000km<sup>2</sup> e chuvas entre 130 e 660mm/ano - as taxas de recarga natural dos aquíferos ou seu *safe yield* na fase de pré-desenvolvimento eram de 78 m<sup>3</sup>/s, porém os poços produzem, atualmente, 446m<sup>3</sup>/s (6). Por outro lado, o inventário dos poços já perfurados no Nordeste revela a existência da ordem de 30 mil que nunca receberam, sequer, equipamentos de extração da água para abastecimento público, principalmente (3, 7, 8, 9, 10). No estado do Piauí, por exemplo, recente inventário indica a existência de cerca de 3.220 poços nessas condições (11). Na Grande São Paulo, estima-se que cerca de 10 mil poços não controlados estão em operação para abastecer hotéis, hospitais, condomínios privados e indústrias, principalmente (12). Nas áreas metropolitanas mais importantes do Brasil, tais como Manaus, Belém, São Luis, Fortaleza, Natal ou Recife, por exemplo, o quadro é, praticamente, o mesmo (13).

É evidente que a prioridade dada às questões da fome nas favelas das grandes cidades do Brasil e daquela que assola de forma tradicional a população