

Afinal, Quanta Água Temos no Planeta ?

E. von Sperling

Universidade Federal de Minas Gerais -Belo Horizonte - MG

eduardo@desa.ufmg.br

Recebido: 08/02/06 – revisado: 28/04/06 – aceito: 25/05/06

RESUMO

O trabalho apresenta estimativas da distribuição de água nos diversos compartimentos hídricos do planeta: oceanos, águas interiores, águas subterrâneas, geleiras, lagos e represas, umidade do solo, atmosfera, rios e organismos. São feitas considerações sobre as dificuldades de estabelecimento de números exatos e sobre as possíveis origens das fortes discrepâncias encontradas entre algumas estimativas. Ao final é feita uma proposição de valores percentuais para a distribuição de água nos vários compartimentos, tendo como base as médias calculadas de avaliações extraídas da literatura técnica especializada.

Palavras-chave: *Água no planeta; compartimentos hídricos; hidrologia aplicada*

INTRODUÇÃO

As discussões atuais sobre a limitação nas reservas de água doce do planeta, vinculadas a preocupações sobre uma possível escassez futura do mais simples e precioso dos líquidos, conduzem obrigatoriamente a uma reflexão sobre a real gravidade destas previsões. A par da questão da qualidade das águas, sabidamente comprometida, em escala global, por atividades antrópicas ainda pouco controladas, resta a dúvida sobre a efetiva disponibilidade dos recursos hídricos. Muito embora não seja possível o estabelecimento da quantidade exata de água existente em cada compartimento da hidrosfera (oceano, geleiras, águas subterrâneas, vapor atmosférico, lagos, rios), urge, sob uma ótica científica, que se disponha ao menos de valores aproximados. É pouco conhecido o fato de que existem discrepâncias entre as diversas estimativas feitas por especialistas com relação à distribuição de água em nosso planeta.

OBJETIVO E METODOLOGIA

O objetivo deste trabalho é apresentar uma comparação entre as fontes bibliográficas mais confiáveis, destacando-se os aspectos que têm suscitado maiores controvérsias. Ressalta-se aqui o caráter científico deste artigo, que está ancorado em informações produzidas por instituições internacionais e

por renomados pesquisadores no campo da Hidrologia. Constata-se que é muito restrito o número de publicações sobre o assunto, havendo frequentemente a citação das mesmas cinco ou seis fontes básicas de referência. Além da consulta às obras mais atualizadas, o trabalho apresenta dados de abrangente pesquisa realizada pelo autor referente à quantidade de água em ambientes lênticos brasileiros e estrangeiros. Para tanto foram consultados bancos de dados em instituições governamentais, órgãos de controle ambiental, universidades e centros de pesquisa, companhias energéticas e de abastecimento de água. Busca-se portanto, com este trabalho, contribuir para uma definição mais acurada dos estoques hídricos do planeta, questão esta de relevante significado na época atual.

RESULTADOS: ESTIMATIVAS DA DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA NO PLANETA

O fluxo de água no planeta, que consiste basicamente em um perene processo de evaporação e precipitação, tem sido descrito em detalhes desde a época dos principais filósofos gregos, portanto alguns séculos antes da era atual. As obras científicas contemporâneas, no campo da Hidrologia, trazem estimativas de valores, em escala global, para cada um dos componentes deste ciclo. Tais dados não apresentam fortes variações entre as diversas fontes bibliográficas, podendo-se estimar como razoavel-

mente bem conhecidos os valores globais de evaporação, precipitação, infiltração e escoamento superficial em nosso planeta. Cabe destacar no entanto a crescente ocorrência de interferências antrópicas no ciclo hidrológico natural, representadas principalmente por construção de represas, transposições de bacias, retirada excessiva de água de rios (caso do encolhimento do Lago Aral), desmatamento, com conseqüente aumento do escoamento superficial (caso da elevação de nível do Lago Cáspio, o maior do mundo) e da erosão/assoreamento de cursos d'água. Estas ações obviamente não modificam o volume total de água existente no planeta Terra, mas provocam alterações nas quantidades disponíveis em cada compartimento. E é exatamente neste ponto onde existem as maiores contradições de valores, conforme será comentado nos próximos tópicos deste artigo.

Tanto no campo da Hidrologia (ciência que estuda o fluxo da água) quanto no da Limnologia (ciência que estuda a ecologia das águas doces) os valores citados referentes ao estoque de água na Hidrosfera são repetidamente conflitantes. Vale dizer que as fontes básicas de informação repetem-se nas diversas obras científicas, exibindo números variáveis para cada ambiente de estoque hídrico. Estas discrepâncias são por vezes pequenas, podendo estar associadas à compreensível imprecisão científica na quantificação de enormes volumes de água. No entanto existem valores com forte variabilidade, como é por exemplo o caso das águas subterrâneas, em que as estimativas oscilam na magnitude de 6 vezes o valor mínimo estimado. Provavelmente devido a fatores históricos/geográficos, as principais fontes básicas de informação, que podem ser identificadas como referências primárias, são oriundas da antiga União Soviética, notadamente da Academia de Ciências da Rússia. Esta observação vale para todas as obras científicas de maior vulto publicadas no âmbito do continente europeu, inclusive aquelas mais atualizadas, conforme poderá ser claramente comprovado ao longo do presente texto. Dada a renomada competência da hidrologia soviética e a existência de gigantescos estoques de água nos seus limites territoriais, foram publicadas estimativas globais de distribuição de água que permanecem como sendo as mais citadas na literatura técnica.

Um aspecto que tem gerado dificuldades na avaliação dos estoques hídricos existentes na Terra é o adequado emprego dos conceitos, apenas aparentemente similares, de *água salgada* e de *água oceânica*. A água salgada em nosso planeta não é encontrada apenas nos oceanos, mas também em lagos (como por exemplo nos grandes lagos Cáspio e

Aral) e em lençóis de água subterrânea. Muitas estimativas consideram, de forma equivocada, a água salgada continental como fazendo parte do compartimento oceânico, fato este que gera discrepâncias nos valores apresentados. As principais informações relativas à quantidade total de água (salgada e doce) no planeta apontam para os seguintes números:

1,370.125 bilhões de km³ de água salgada oceânica; 0,0883852 bilhões de km³ de água doce e água salgada em lagos; total: **1,4585102** bilhões de km³ (Lvovitch, 1974 apud Schwoerbel, 1979); **1,385967** bilhões de km³ (Shiklomanov, 1990 apud Williams, 1998); **1,3859** bilhões de km³ (Schönborn, 2003); **1,36** bilhões de km³ (JWQPRA, 1995); **1,3588** bilhões de km³ (Jørgensen e Vollenweider, 1988).

Os dados oriundos do World Resources Institute (www.wri.org) formam provavelmente a mais completa e confiável fonte de informações sobre os recursos hídricos disponíveis em cada país do planeta. São considerados os estoques hídricos internos renováveis, tanto de águas superficiais quanto subterrâneas, podendo-se assim obter a disponibilidade de água per capita para as diversas nações do planeta. Obviamente são considerados apenas os estoques de água doce, que formam a parcela de maior interesse em termos de usos da água. Os dados de cada país são fornecidos por agências governamentais locais e por organismos internacionais, referindo-se no entanto a anos variados (em geral no espectro de 1992 a 2002), o que dificulta a comparação dos diversos parâmetros. Este abrangente levantamento dos recursos hídricos do planeta não possibilita todavia o cálculo dos estoques hídricos globais em cada compartimento, já que não há maneira de se considerar o fluxo de água em zonas fronteiriças, o que vale dizer que a soma dos valores de água disponíveis em cada país não corresponde efetivamente ao total do recurso hídrico interior global.

Desta forma dados conflitantes têm sido freqüentemente encontrados no valor de disponibilidade de água por habitante. Obviamente os países pouco populosos e muito ricos em recursos hídricos lideram as estatísticas. Por outro lado países desérticos e com grandes populações apresentam os menores valores per capita. No entanto este tipo de levantamento normalmente não inclui o aporte externo, sendo consideradas unicamente as fontes de água permanentes dentro do território de cada país. Esta diferença é importante para nações como Holanda, Bélgica e Hungria, que recebem grande parte da água de fora de suas fronteiras. Conforme as informações mais recentes do World Resources Institute

(WRI), referentes ao ano de 2002, a disponibilidade per capita (m^3/ano) dos recursos hídricos renováveis para cada país apresenta a seguinte ordem decrescente:

1. Islândia: 599.944;
2. Guiana: 314.963;
3. Suriname: 289.848;
4. Papua-Nova Guiné: 159.171;
5. Canadá: 92.810;
6. Nova Zelândia: 85.221;
7. Noruega: 84.787;
8. Panamá: 50.290;
9. Brasil: 47.125

Constata-se portanto a profusão de água doce renovável existente em nosso vasto e populoso país, embora não ocupemos a primeira posição, ao contrário do que tem sido voz corrente na mídia não especializada. As estatísticas são lideradas por países de reduzida população e com grande quantidade de rios e lagos, além de estarem sujeitos a elevadas pluviosidades. No outro extremo existem os países com as cotas mais reduzidas de água por habitante. Dentre os dez primeiros, quase todos situam-se na Ásia, mais particularmente na região do Golfo Pérsico. A maioria destes países, como é o caso mais flagrante dos três primeiros, apresenta uma elevada renda per capita e uma qualidade de vida bastante superior àquela encontrada nos países tropicais úmidos, fato este que nos convida a uma interessante reflexão sobre a intrincada relação entre disponibilidade de água e desenvolvimento:

1. Kuwait: 10;
2. Emirados Árabes Unidos: 56;
3. Qatar: 91;
4. Líbia: 109;
5. Arábia Saudita: 111;
6. Malta: 128;
7. Jordânia: 169;
8. Bahrain: 175;
9. Iêmen: 205;
10. Israel: 265

Oceanos

As estimativas para o volume total de água oceânica (excluindo-se portanto os lagos salgados) mostram valores com diferenças de até 6 %. Alguns autores indicam tão somente o percentual do volume total de água, não fornecendo números absolutos.

1,3 a 1,4 bilhões de km^3 (ILEC, 2002); 1,370125 bilhões de km^3 i.e., 93,94 % do total (Lvovitch, 1974 apud Schwoerbel, 1979); 1,37 bilhões de km^3 ou 97,6 % (Wetzel, 2003); 1,35 bilhões de km^3 (JWQPR, 1995 e Kalff, 2002), 97,5 %; 1,338 bilhões de km^3 (Williams, 1998 e Schönborn, 2003), 96,5 %; 1,32304 bilhões de km^3 (dado compilado de diversos livros de hidrologia, sem referência da fonte primária); 1,3213 bilhões de km^3 (Jørgensen e Vollenweider, 1988) ou 97,2 %; 97,2 % (EPA – Environmental Protection Agency) (www.epa.gov); 97 % (Ministério do Meio Ambiente do Brasil) (www.mma.gov.br).

Água doce

A maior parte das estatísticas sobre o volume de água doce pode ser obtida subtraindo-se, do total de água do planeta, as águas oceânicas e, em alguns casos, os lagos salgados. Poucas referências fornecem especificamente o volume de água doce, dentre elas:

0,035 bilhões de km^3 (ILEC, 2002); 0,0333 bilhões de km^3 (Jørgensen e Vollenweider, 1988).

Águas interiores

Algumas estimativas publicadas na literatura técnica não apresentam uma clara distinção entre os conceitos de águas doces e de águas interiores (*inland waters*). Estas últimas abrangem todas as águas não oceânicas, incluindo portanto o grande volume de água encontrado nos lagos salinos, cujo estoque hídrico deve obviamente ser contabilizado nas águas interiores e nunca nas águas doces. Ademais as águas interiores deveriam incluir também as águas subterrâneas localizadas em solo continental (diferentemente das águas subterrâneas marinhas, que nunca foram quantificadas), fato este que nem sempre ocorre. Para designar as águas contidas apenas nos corpos d'água superficiais (lagos, represas, rios, estuários), à exceção portanto do oceano, recomenda-se a utilização da terminologia *águas epicontinentais* (do grego *epi*, posição superior). Verifica-se assim que uma das causas das disparidades de valores dos volumes de estoques hídricos, conforme as diversas referências bibliográficas, reside em uma involuntária confusão de conceitos não claramente estabelecidos. Para as águas interiores superficiais as principais informações são:

189.990 km^3 (Schönborn, 2003); 151.200 km^3 (Lvovitch, 1974); 139.200 km^3 (Jørgensen e Vollenweider, 1988).

der, 1988); 113.000 km³ (Kalff, 2002); 105.000 km³ (Williams, 1998), 0,008 %; 0,022 % (EPA, site)

Geleiras

Este estoque hídrico é formado pela água acumulada nas enormes massas de geleiras, situadas normalmente próximas às calotas polares norte e sul. Como a origem da água é pluvial, as geleiras são constituídas de água doce, menos densa, flutuando sobre a água salgada do oceano. A par de algumas idéias fantasiosas e tecnicamente pouco exequíveis, tais como rebocar *icebergs* até regiões áridas carentes de água, não se vislumbra atualmente nenhum uso antrópico para estes grandes reservatórios de água:

29,1 milhões de km³ (Jørgensen e Vollenweider, 1988); 29 milhões de km³; 2,08 % (Wetzel, 2003); 27,5 milhões de km³ (Kalff, 2002); 26,25 milhões de km³; 75 % da água doce (ILEC, 2002); 24,5 milhões de km³; 1,7 % (JWQPR, 1995); 24,364 milhões de km³; 1,8 % (Williams, 1998); 1,7 % do total; 68,7 % das águas interiores; Schönborn, 2003); 24 milhões de km³; 1,65 % (Lvovitch, 1974); 2,38 % (EPA, site).

Águas subterrâneas

Este compartimento também apresenta fortes variações nas estimativas disponíveis na literatura técnica. Alguns autores consideram nas estatísticas apenas a água subterrânea facilmente aproveitável, não fazendo todavia menção a esta restrição. Ademais o conceito de aproveitabilidade reveste-se de uma clara vinculação geográfica / climática: enquanto, em nosso país, um poço de 500 m pode ser considerado como muito profundo, ele assim não o seria em países como Egito, Líbia e aqueles situados no Golfo Pérsico, onde é freqüente a perfuração de poços com profundidades superiores a 2 km. De qualquer forma, os recursos hídricos subterrâneos situados a grandes profundidades constituem-se em uma marcante incógnita nas avaliações hidrológicas:

64.000.000 km³, sendo 60.000.000 km³ em lençóis muito profundos e 4.000.000 km³ acessíveis; 4,39 % (Lvovitch, 1974); 23.400.000 km³; 1,7 % (Williams, 1998; Schönborn, 2003); 10.100.000 km³; 0,72 % (JWQPR, 1995); 9.800.000 km³ (profundos: 5.500.000 km³, superficiais: 4.300.000 km³ (MMA, site); 8.750.000 km³, sendo 4.900.000 km³ inacessíveis (14 % da água doce); 3.850.000 km³ acessível (11 % da água doce), no total de 25 % da água doce do planeta (ILEC, 2002); 8.200.000 km³ (Kalff, 2002); 4.000.000 km³; 0,29 % (Wetzel, 2003);

Jørgensen e Vollenweider, 1988); 0,397 % (EPA, site).

Com relação às águas subterrâneas, vale destacar o impressionante volume de água estocada no aquífero Guarani (ou Botucatu), estimado em 1,2 milhões de km³. Trata-se aqui do maior aquífero do planeta, localizado em rochas da Bacia Sedimentar do Paraná e estendendo-se por 1,2 milhões de km², repartidos na seguinte proporção: Brasil (71 %), Argentina (19 %), Paraguai (6 %) e Uruguai (4 %).

Lagos

Os lagos constituem-se em corpos de água cercados por terra, tendo diversas origens naturais: deslocamento de placas (origem tectônica), vulcanismo, deslizamento de terras, dissolução de rochas, derretimento de gelo (origem glacial), inundação de várzeas, fechamento de enseadas e outras menos freqüentes, como queda de meteoritos e deslocamento de dunas. Ao contrário do que prega o senso comum, existe muito mais água acumulada em lagos do que em rios, como é evidenciado nos números apresentados a seguir. As represas, que têm uma aparência externa e um comportamento ecológico aproximadamente semelhantes ao dos lagos, distinguem-se destes por terem origem artificial, ou seja, são criados mediante barramentos de rios. Algumas estatísticas sobre os estoques hídricos do planeta consideram o volume de água acumulado conjuntamente em lagos e represas, denominados ambientes lênticos. Já outros autores, de forma mais conveniente separam os dois compartimentos. As principais estimativas para o volume de lagos são:

280.000 km³; 0,019 % (Lvovitch, 1974; Herschy e Fairbridge, 1998); 229.000 km³; 0,017 % (Wetzel, 2003); 176.400 km³ (Ryanzhin, 2004); 125.000 km³ (lagos de água doce) (Jørgensen e Vollenweider, 1988); 0,34 % águas interiores (Schönborn, 2003); (JWQPR, 1995) ; 122.500 km³; 0,35 % da água doce (ILEC, 2002) ; 100.000 km³ (lagos de água doce) (Kalff, 2002)

Outro aspecto significativo é o conhecimento do número aproximado de lagos e da área que eles ocupam. Dokulil et. al. (2001) apresentam a seguinte estimativa:

Lagos com área < 1 km²: 5.000.000 (13 % da área total); > 1 km²: 110.000 (22 %); > 100 km²: 1.300 (65 %).

Deve-se destacar que as imagens de satélite fornecem resoluções de até 0,001 km² (0,1 ha ou 1000 m²). Conforme Meybeck (1995) a distribuição do número de lagos em função da área seria:

7.200.000 > 0,01 km²; 1.100.000 > 0,1 km²; 120.000 > 1 km²; 1522 > 100 km²

Uma estimativa mais rigorosa sobre o número de grandes lagos consta do clássico trabalho de Tilzer & Serruya (1990), no qual são apresentados os 253 lagos do mundo com área superior a 500 km².

Herschey e Fairbridge (1998) calculam que a área total de lagos no planeta situa-se no espectro de 2,5 a 2,8 milhões de km², correspondendo a aproximadamente 2 % da superfície terrestre. Meybeck (1995), de forma semelhante, estima que os lagos de área superior a 0,01 km² ocupem cerca de 2,1 % da superfície sólida do planeta. Este percentual chegaria a valores bem mais elevados na Escandinávia, que é a região do mundo com maior ocupação de lagos: 10 % na Finlândia 8,5 % na Suécia e 5% na Noruega. A Finlândia, conhecido como “o país dos mil lagos” tem na realidade 187.888 lagos, dos quais 131.786 com área inferior a um hectare (Eloranta, 2004).

No entanto os dados mais precisos e atuais sobre a distribuição de lagos no planeta são originários da pesquisa feita por Ryanzhin (2004). Segundo abrangente investigação conduzida pelo autor, existem no mundo aproximadamente 8.450.000 lagos naturais com superfície variando de 0,01 km² (1 ha) a 378.400 km² (área do Lago Cáspio, o maior do mundo), portanto uma quantidade superior à avaliada por Meybeck em 1995 e Dokulil em 2001. Deste total, cerca de 7.200.000 lagos teriam área superior a 1 ha, mesmo número estimado por Meybeck (1995), contra 9.000.000 estimados por Kalff (2002). A área total de lagos no planeta seria de 2.570.000 km², correspondendo a cerca de 1,7 % da superfície terrestre, enquanto o volume total chegaria a 176.400 km³, representando 0,013 % do estoque de água do planeta. Ainda segundo Ryanzhin (2004) existem de 300.000 a 400.000 lagos no mundo com informações morfométricas (área, volume, profundidade), ao passo que apenas de 35.000 a 45.000 teriam sido monitorados com relação a suas características físico-químicas e hidrobiológicas. Cabe ainda destacar que a distribuição de lagos no planetas não é homogênea, havendo maior concentração entre as latitudes de 40 e 50° (norte e sul), com um segundo pico no Equador.

As tabelas 1 a 8 apresentam os 10 maiores ambientes lênticos no mundo e no Brasil. Os dados relativos ao Brasil são oriundos de pesquisa realizada pelo autor no período 1997-99 (von Sperling, 1999), acrescidos de algumas informações atualizadas. Os dados internacionais são provenientes de amplo levantamento bibliográfico feito no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da UFMG (Dantas, 2000)

Observa-se que o volume total dos 20 maiores lagos do planeta é de 161.180 km³. Se forem retirados os lagos de características salobras ou salinas (Cáspio e Aral) chega-se ao valor de 82.010 km³ de água doce. Isto significa que, conforme as diversas estimativas apresentadas, os 18 grandes lagos do planeta ocupam um volume no amplo espectro de 36 a 82 % do total de água nos lagos do mundo. Apenas os três mais volumosos lagos de água doce (Baical, Superior e Tanganica) acumulam uma quantidade de água equivalente à metade do total estimado para todos os lagos do planeta.

No Brasil os 20 maiores lagos e represas acumulam 422,7 km³ de água, o que corresponde a aproximadamente metade do volume do Lago Titicaca. Constata-se assim, que, definitivamente, não somos um país de lagos, mas sim de represas e de rios!

Para os lagos salinos estas são as principais estimativas:

176.400 km³; 0,013 % do volume de água da Terra (Herschey e Fairbridge, 1998); 105.000 km³ (Kalff, 2002); 104.000 km³; 0,008 % (Wetzel, 2003); 0,28 % do volume das águas interiores (Schönborn, 2003); 94.000 km³ (JWQPR, 1995); 0,007 %; 85.000 km³ (Williams, 1998); 0,006 %

A estimativa de Williams (1998) parece modesta, já que apenas os lagos Cáspio e Aral ocupam 82.010 km³. Provavelmente o autor, reconhecido como um dos maiores cientistas no estudo de lagos salinos, tenha considerado tão somente os lagos de elevada salinidade, excluindo aqueles de água salobra, que no entanto compõem em outras estatísticas. Vale destacar que a salinidade de alguns lagos, notadamente aqueles situados em regiões áridas, está sujeita a variações em decorrência da sazonalidade local, ou seja, podem ter a salinidade diminuída nos curtos períodos de chuva. Outro aspecto é a modificação de salinidade induzida por alterações hidrológicas, como é o conhecido caso do Lago Aral. Este corpo d'água, situado na Ásia Central (Uzbequistão/Casaquistão) tem tido seu volume

drasticamente reduzido em decorrência da retirada de água a montante para irrigação de culturas de algodão, conforme designado no plano quinquenal soviético de 1960. Neste período, quando a extração de água estava em sua fase inicial, o Lago Aral possuía uma área de 66.900 km², um volume de 1.090 km³ e uma salinidade média de 10 ‰ (Micklin, 1988). A diminuição do nível de água provocou a formação de dois lagos em 1993, com área total de 33.600 km², volume conjunto de 300 km³ e salinidade de 37 ‰ (Golubev, 1996). A previsão feita para a primeira década do novo milênio é que a área se reduza até 24.200 km², o volume até 175 km³ e a salinidade cresça a 70 ‰ (Glazovsky, 1995). Após a independência das antigas repúblicas soviéticas, em 1991, o Uzbequistão, país mais afetado por este impacto hidrológico, buscou ajuda internacional. Estima-se que as tentativas para recuperação do Lago Aral constituam-se, no seu conjunto, em um dos maiores investimentos ambientais já feitos no nosso planeta. Não apenas o ambiente aquático sofreu alterações prejudiciais, mas todo o ecossistema do entorno do lago. Foi constatado um forte aumento na incidência de câncer de pele e garganta, devido à exposição da população à nova área desértica em uma região caracterizada por fortes ventos. Além deste aspecto de desertificação e suas conseqüências para a saúde, ocorreram impactos de ordem biótica (diminuição na diversidade de peixes e do fitoplâncton) e social. Mais recentemente os vultosos investimentos, anteriormente aplicados a um utópico enchimento do lago, foram direcionados para a recuperação das comunidades humanas gravemente afetadas pelo problema ambiental. Situação semelhante vem sendo relatada para o Lago Balkhash (Le Sourd e Rizzolio, 2004), também localizado na Ásia Central (Cazaquistão), cujo volume vem sendo drasticamente reduzido devido à construção de hidrelétricas e retirada excessiva de água no principal tributário (rio Ili, China).

Uma condição inversa à do Lago Aral ocorre atualmente no Lago Cáspio, o maior do mundo, o qual está sofrendo uma elevação do seu nível de água. A origem para esta indesejável alteração hidrológica está no intenso desmatamento levado a cabo na bacia de drenagem do rio Volga, que é o principal tributário do Lago Cáspio, acarretando um incremento de sua vazão. Ademais o crescente degelo nos montes Urais, que separam a Rússia européia da asiática, também pode estar contribuindo para o aumento do aporte de água ao Lago Cáspio. No entanto há cerca de 80 anos este ambiente aquático teve seu nível de água fortemente diminuído, em

decorrência da construção de dezenas de represas a montante.

Outro lago salgado de características bastante peculiares é o Mar Morto, receptor final das águas do Rio Jordão. Este lago, de salinidade média de 350 ‰, portanto dez vezes superior à média dos oceanos, localiza-se cerca de 400 m abaixo do nível do mar, em região de extrema aridez. O lago próprio tem uma profundidade máxima de 426 m. A retirada de água a montante, também para efeito de irrigação, vem provocando uma diminuição do volume de água e um aumento ainda maior da salinidade. Curiosamente este inóspito ambiente aquático não é absolutamente morto, já que ali habitam bactérias halofílicas e um único gênero de algas verdes, *Dunaliella* (Williams, 1998).

No continente africano merece destaque o Lago Chade, que também vem apresentando uma sensível diminuição de área e volume devido ao uso antrópico da água em sua complexa bacia de drenagem, compartilhada por cinco países. A superfície do lago diminuiu de 25.900 km² no início do século XX até os atuais 2.500 km². Trata-se de um ambiente aquático endorreico, i.e., sem saída natural, mas apresentando baixa salinidade. Este fato é devido à existência de escoamento subterrâneo de água, facultando o carreamento de sais para fora do lago, os quais são precipitados à jusante (Beadle, 1981; Carmouze e Lemoalle, 1983). No Extremo Oriente o destaque em variação de nível fica com o Lago Tonlé Sap (Cambodja), considerado como um dos ecossistemas mais piscosos do mundo. O lago possui um único rio efluente, homônimo ao lago, o qual desemboca no caudaloso Rio Mekong, que é um dos maiores rios asiáticos. No entanto, na época de degelo do Himalaia (período primaveril, março a abril), o forte aumento de vazão do Rio Mekong provoca uma reversão de fluxo no Rio Tonlé Sap, que passa a fluir em direção ao lago, aportando grandes quantidades de nutrientes e provocando uma considerável elevação de seu nível.

Variações de nível d'água podem também ser decorrentes de oscilações climáticas naturais, principalmente da pluviosidade. Neste aspecto os exemplos mais impressionantes são os de dois lagos australianos, Eyre (área de 0 a 8.200 km²) e Torrens (0 a 6000 km²), muito embora, na maior parte do tempo, eles sejam apenas depressões salinas secas. O citado Lago Eyre, de origem tectônica, é considerado o lago mais antigo do planeta, estimando-se uma idade que varia de 20 a 50 milhões de anos. Ao ser preenchido com água ele atinge uma profundidade máxima de 6 m. (ILEC, World Lakes, 1995).

A seguir são apresentados os dados de área, volume e profundidade dos principais ambientes lânticos brasileiros e estrangeiros:

10 maiores ambientes lânticos brasileiros em área (km²)

1. Patos (*Rio Grande do Sul*): 9.280;
2. Sobradinho (*Bahia*): 4.214;
3. Mirim (*Rio Grande do Sul*): 3.520;
4. Tucuruí (*Pará*): 2.430;
5. Balbina (*Amazonas*): 2.360;
6. Porto Primavera (*São Paulo/Mato Grosso do Sul*): 2.140;
7. Serra da Mesa (*Goiás/Tocantins*): 1784;
8. Itaipu (*Paraná*): 1.350;
9. Furnas (*Minas Gerais*): 1.340;
10. Ilha Solteira (*São Paulo/Mato Grosso do Sul*): 1.260

10 maiores ambientes lânticos brasileiros em volume (km³)

1. Serra da Mesa (*Goiás/Tocantins*): 54,4;
2. Tucuruí (*Pará*): 45,5;
3. Sobradinho (*Bahia*): 34,1;
4. Itaipu (*Paraná*): 29;
5. Ilha Solteira (*São Paulo/Mato Grosso do Sul*): 21,2;
6. Três Marias (*Minas Gerais*): 21;
7. Furnas (*Minas Gerais*): 20,9;
8. Patos (*Rio Grande do Sul*): 20;
9. Porto Primavera (*São Paulo/Mato Grosso do Sul*): 19,9;
10. Mirim (*Rio Grande do Sul*): 19

10 ambientes lânticos brasileiros mais profundos (m)

1. Itaipu (*Paraná*): 170;
2. Serra da Mesa (*Goiás/Tocantins*): 150;
3. Emborcação (*Minas Gerais/São Paulo*): 140;
4. Foz do Areia (*Paraná*): 135;
5. Nova Ponte (*Minas Gerais*): 127;
6. Pedra do Cavalo (*Bahia*): 120;
7. Salto Santiago (*Paraná*): 109;
8. Segredo (*Paraná*): 101;
9. Furnas (*Minas Gerais*): 98;
10. Euclides da Cunha (*São Paulo*): 94

Obs: No ano de 2006 ocorrerá o enchimento da Usina Hidrelétrica de Irapé (*Minas Gerais*), que terá uma profundidade máxima de 203 m. Em cerca de 10 anos a cava da Mina de Águas Claras

(*Minas Gerais*) terá atingido a profundidade máxima final de 234 m.

10 maiores ambientes lânticos do mundo em área (km²)

1. Cáspio (*Rússia/Irã/Azerbaijão/ Turcomenistão/ Casaquistão*): 374.000;
2. Superior (*EUA/Canadá*): 82.367;
3. Vitória (*Quênia/Tanzânia/Uganda*): 68.800;
4. Aral (*Uzbequistão/Casaquistão*): 62.000*;
5. Huron (*EUA/Canadá*): 59.570;
6. Michigan (*EUA*): 58.016;
7. Tanganica (*Tanzânia/Congo/ Burundi/ Zâmbia*): 32.000;
8. Baical (*Rússia*): 31.500;
9. Great Bear (*Canadá*): 31.153;
10. Great Slave (*Canadá*): 28.568

10 maiores ambientes lânticos do mundo em volume (km³)

1. Cáspio (*Rússia/Irã/Azerbaijão/ Turcomenistão/ Casaquistão*): 78.200;
2. Baical (*Rússia*): 22.995;
3. Tanganica (*Tanzânia/Congo/ Burundi/ Zâmbia*): 17.200;
4. Superior (*EUA/Canadá*): 12.221;
5. Malawi (Nyasa) (*Malawi/ Tanzânia/ Moçambique*): 6.140;
6. Michigan (*EUA*): 4.871;
7. Huron (*EUA/Canadá*): 3.535;
8. Vitória (*Quênia/Tanzânia/Uganda*): 2.750;
9. Great Bear (*Canadá*): 2.236;
10. Great Slave (*Canadá*): 2.088

10 ambientes lânticos mais profundos do mundo (m)

1. Baical (*Rússia*): 1.741;
2. Tanganica (*Tanzânia/Congo/ Burundi/ Zâmbia*): 1.471;
3. Cáspio (*Rússia/Irã/Azerbaijão/ Turcomenistão/Casaquistão*): 1.025;
4. Malawi (Nyasa) (*Malawi/ Tanzânia/ Moçambique*): 706;
5. Issik Kul (*Quirguistão*): 668;
6. Great Slave (*Canadá*): 625;
7. Crater (*EUA*): 608;
8. Matana (*Indonésia*): 5909;
9. Toba (*Indonésia*): 529;
10. Hornindalsvatn (*Noruega*): 514

10 maiores represas do mundo em área (km²)

1. Akosombo (ou Volta) (*Gana*): 8.502 ;
2. Aswan (ou Nasser ou Núbia) (*Egito/ Sudão*): 6.000;
3. Kujbyshevskoe (*Rússia*): 5.900 ;
4. Buchtarma (*Rússia*): 5.490;
5. Bratskoye (*Rússia*): 5.478;
6. Kariba (*Zâmbia/Zimbabwe*): 5.400 ;
7. Kamsk (*Rússia*): 5.400 ;
8. Rybinsk (*Rússia*): 4.550 ;
9. Kamensk (*Rússia*): 4.500 ;
10. Guri (*Venezuela*): 4.250

Obs: a maior represa brasileira em área (So-bradinho: 4.214 km²) ocupa a 11ª posição.

10 maiores represas do mundo em volume (km³)

Não está considerada aqui a represa de Owen Falls (205 km³), já que grande percentual da sua capacidade faz parte do Lago Vitória, África.

1. Bratsk (*Rússia*): 169,3 km³;
2. Assuan (*Egito/Sudão*): 168,9 ;
3. Kariba (*Zimbábue/Zâmbia*): 160,4;
4. Akosombo (*Gana*): 148;
5. Daniel Johnson (*Canadá*): 141,9;
6. Guri (*Venezuela*): 138;
7. Krasnoyarsk (*Rússia*): 73,3;
8. Bennett (*Canadá*): 70,3;
9. Zeya (*Rússia*): 68,4;
10. Cahora Bassa (*Moçambique*): 63

Obs: a maior represa brasileira em volume (Serra da Mesa - 54,4 km³) ocupa a 15ª posição.

Umidade do solo

Este compartimento hídrico é formado por água intersticial existente no solo, não estando ela sujeita à lei da gravidade mas sim à ação da capilaridade. Ademais este conteúdo de água da litosfera inclui os efeitos do processo geoquímico de hidratação de rochas. Trata-se portanto de um estoque de água que, por não participar diretamente do ciclo hidrológico, geralmente não é computado nos balanços hídricos. Não obstante a dificuldade para seu uso antrópico, é inegável que este grande volume de água deve ser considerado como um dos componentes da massa hídrica global do planeta.

85.000 km³; 0,058 % do total (Lvovitch, 1974); 21.000 km³ ; 0,06 % água doce (ILEC, 2002); 25.000

km³; 0,002 % (JWQPRA, 1995); 70.000 km³ (Kalf, 2002); 67.000 km³; 0,005 % (Wetzel, 2003); 16.500 km³; 0,001 % (Schönborn, 2003)

Umidade na atmosfera

Sabe-se que, mesmo nas regiões mais secas do planeta, como os desertos de Atacama (Chile), Gobi (Mongólia), Kalahari (Sul da África), Sahara (Norte da África) e Baluchistão (Paquistão) sempre existe alguma umidade na atmosfera, com valores da ordem de 5 a 7 % em volume. Isto significa que, em qualquer parte da Terra, é encontrada água na forma de vapor, compondo um compartimento hídrico de consideráveis proporções. A tradicional assertiva de que o ser humano não poderia interferir no processo hidrológico de condensação do vapor e conseqüente precipitação pluviométrica, vem sendo claramente contestada mediante a utilização de técnicas de bombardeio químico de nuvens, como ocorre em larga escala em Israel. Para tanto lança-se mão de compostos químicos que auxiliam na condensação do vapor.

Cabe ainda destacar a complexa relação existente entre pluviosidade e presença de água. Geralmente considera-se como sendo de clima hiperárido as regiões em que a pluviometria anual não ultrapassa 25 mm. Este é curiosamente o caso das calotas polares, que, dentro do rigor científico, devem ser consideradas como áreas de extrema aridez. As principais estimativas de volume de água na atmosfera são:

14.000 km³; 0,001 % (Lvovitch, 1974); 14.000 km³; 0,0009 % (Wetzel, 2003); 13.000 km³ ; 0,0009 % (JWQPRA, 1995); 0,001 % (Williams, 1998); (Kalf, 2002) ; 12.950 km³ (Jørgensen e Vollenweider, 1988); 12.900 km³; 0,001 % (Schönborn, 2003); 12.250 km³; 0,035 % água doce (ILEC, 2002); 0,001 % (EPA)

Quando é computada a quantidade de água que evapora em grandes lagos e represas em clima árido ou semi-árido, chega-se a valores surpreendentes. Assim, por exemplo, o volume hídrico que evapora por segundo na maior represa brasileira (So-bradinho, Rio São Francisco) seria suficiente para abastecer uma cidade de 1.000 habitantes por um dia. Na Represa de Assuan, Egito, também conhecida por Nasser (nome oficial) ou Núbia (nome na bacia de drenagem do Sudão), o valor da evaporação é aproximadamente o dobro. A propósito, vale enfatizar que a construção desta gigantesca represa, ocorrida na década de 1950, constituiu-se em um

dos grandes equívocos ambientais da história da humanidade. A regularização das férteis águas do Rio Nilo impediu a continuidade da ocorrência de inundações a jusante da barragem, as quais, desde tempos antigos, eram responsáveis pela pujante produção agrícola no vale do Nilo. Estas enchentes estavam portanto associadas à base alimentar da população e eram simbolizadas, na rica mitologia egípcia, como o abençoado momento em que a deusa Ísis vinha visitar seu amado Osíris. Estima-se que, devido à elevada evaporação em lagos na África e América do Sul, cerca de 12 % da entrada de água saía, em média como efluente, contrapondo-se ao valor de 88 % na Europa (Kalff, 2002).

Rios

Os rios, que freqüentemente são pensados, no imaginário popular, como a principal fonte de água, constituem-se, na verdade, no compartimento que acumula a menor quantidade deste líquido, cerca de 200 vezes inferior àquela existente nos lagos e 10.000 vezes nas águas subterrâneas:

1.700 km³ ; 0,005 % (Kalff, 2002); 1.250 km³ (Jørgensen e Vollenweider, 1988); 0,03 % das águas interiores (Schönborn, 2003); 1.200 km³, 0,0001 % da água doce (Lvovitch, 1974); 0,00009 % (Wetzel, 2003) ; 1.000 km³ (JWQPRA); 0,0001 %

Existem pelo menos 12 lagos no mundo com o volume individual de água superior ao de todos os rios do planeta.

Ademais apenas seis países contribuem com 50 % do escoamento superficial do planeta: Brasil, Rússia, Canadá, EUA, China, Índia. Os cinco primeiros coincidem, não na mesma ordem, com os cinco maiores países do mundo, confirmando a conhecida associação existente entre escoamento superficial e área de drenagem.

As maiores vazões de rios (médias anuais) são: (Kalff, 2002):

1. Amazonas (Brasil, Colômbia, Peru): 212,5 mil m³/s;
2. Congo/Zaire (Angola, Congo, Zaire): 39,7;
3. Yangtze (China): 21,8;
4. Brahmaputra (Bangladesh, China, Índia): 19,8;
5. Ganges (Bangladesh, Índia): 18,7;
10. Paraná (Brasil, Argentina, Bolívia): 14,9;
16. Tocantins (Brasil): 10,2

Organismos

Trata-se aqui de um compartimento hídrico que é raramente considerado nas estatísticas sobre a distribuição de água no planeta, certamente devido ao fato de constituir-se em um estoque não aproveitável para as atividades antrópicas. Todavia é interessante destacar o grande volume de água armazenada no interior de organismos vivos, cujo valor supera 1000 km³ em algumas estimativas:

1.120 km³ ; 0,0001 % (Schönborn, 2003); 1.100 km³ (Kalff, 2002); 1.000 km³ ; 0,0001 % (JWQPRA, 1995)

Estes valores equivalem aproximadamente à quantidade total de água nos rios do nosso planeta, o que não deixa de ser uma comparação surpreendente para a maioria dos leitores.

Se fossem considerados unicamente os seres humanos, os quais possuem, em média, 70 % de seu peso em forma líquida, ter-se-ia: 6 bilhões de habitantes x 49 litros/hab. (70 % de 70 kg), ou seja, aproximadamente 300 km³, o que equivale a um terço ou um quarto da estimativa total. Verifica-se assim, nesta avaliação, a importância hídrica dos organismos não humanos. Alguns destes chegam a apresentar percentuais elevadíssimos de água interior, como é o caso da água-viva (95 %). A quantidade de água no interior de alguns dos nossos órgãos pode atingir valores superiores à média de 70 %: fígado e pulmões: 85 %; rins: 83 %; sangue: 81 %; coração: 75 %. O percentual de água nos seres humanos diminui com o avanço da idade, chegando à faixa de 50 % em pessoas idosas, em contraposição aos 75 ou 80 % encontrados em recém-nascidos.

CONCLUSÕES

As estimativas apresentadas neste trabalho evidenciam as discrepâncias existentes na avaliação da distribuição de água no planeta, muitas delas causadas por uma involuntária mistura de conceitos relativos à definição dos compartimentos hídricos. Apesar da compreensível dificuldade de estabelecimento de cifras exatas, deve-se buscar ao menos um consenso aproximado, que conjugue harmonicamente as diversas estimativas realizadas com embasamento científico. Partindo-se do princípio de que estas avaliações de distribuição de água no planeta procuram aproximar-se o mais possível de uma ainda desconhecida realidade, acredita-se que os valores mais adequados seriam aqueles derivados de

uma abordagem estatística das estimativas existentes. Neste aspecto, infere-se que a simples média aritmética seja efetivamente o indicador mais pertinente, considerando-se, em geral, a não existência de valores fortemente discordantes e a distribuição aparente normal (gaussiana) dos mesmos. Exceção é feita apenas às estimativas de Lvovitch (1974) para o volume total de água no planeta e para o volume de águas subterrâneas, cujos valores divergem mais intensamente das outras estimativas pesquisadas. Estas seriam portanto as faixas contempladas em cada compartimento:

Total: 1,3588 a 1,385967 bi de km³; *Oceanos:* 1,3213 a 1,370125 bi de km³; 96,5 a 97,6 %; *Água doce:* 0,0333 a 0,035 bi de km³; *Águas interiores:* 105.000 a 189.990 km³; 0,007 a 0,014 %; *Geleiras:* 24.000.000 a 29.100.000 km³; 1,65 a 2,38 % do total; 68,9 a 76,4 % da água doce; *Águas subterrâneas:* 4.000.000 a 23.400.000 km³; 0,29 a 1,7 % do total; 25 a 29,9 % da água doce; *Lagos:* 176.400 a 280.000 km³; 0,017 a 0,03 %; 0,35 % da água doce; *Lagos de água doce:* 100.000 a 125.000 km³; *Lagos salinos:* 85.000 a 176.400 km³; 0,006 a 0,13 %; *Umidade do solo:* 16.500 a 85.000 km³; 0,001 a 0,06 %; *Atmosfera:* 12.250 a 14.000 km³; 0,009 a 0,001 % do total; 0,035 % da água doce; *Rios:* 1.000 a 1.700 km³; 0,005 %; 0,00009 a 0,0001 % da água doce; *Organismos:* 1.000 a 1.120 km³; 0,0001 %

Propõe-se que, a partir da estimativa de volume para cada compartimento (já que os percentuais fornecidos na literatura são dela derivados), seja calculada a média aritmética, verificado o valor total e finalmente, com base nestes resultados, sejam calculados os percentuais para cada compartimento. Tem-se assim:

Oceanos: 1,3457125 bi de km³; Geleiras: 26.550.000 km³; Águas subterrâneas: 13.700.000 km³; Lagos: 228.200 km³; Umidade do solo: 50.750 km³; Atmosfera: 13.125 km³; Rios: 1.350 km³; Organismos: 1.060 km³; Total: 1.386.256.985 km³

Como o fornecimento de números absolutos, todos de elevada magnitude, não evidencia claramente a distribuição relativa entre os diversos compartimentos, é feita sua conversão para valores percentuais, estes sim de fácil assimilação:

- **Oceano: 97,07526 %**
- **Água não oceânica: 2,92474 %**
 - **Geleiras: 1,91523**
 - **Águas subterrâneas: 0,98828**

- **Lagos: 0,01646**
- **Umidade do solo: 0,00366**
- **Atmosfera: 0,00095**
- **Rios: 0,00009**
- **Organismos: 0,00007**

A representação gráfica destes percentuais (por exemplo na forma de gráfico de torta) é dificultada pelas fortes amplitudes de valores entre alguns compartimentos. Finalmente deve ser compreendida a natureza imprecisa destes dados, obtidos de um tratamento estatístico de estimativas também pouco exatas, podendo os valores estar sujeitos a um incontornável problema de propagação de erros. No entanto estes números talvez sejam aqueles que, atualmente, mais se aproximem de uma ainda inescrutável realidade.

REFERÊNCIAS

- BEADLE, L.C. *The inland waters of tropical Africa: an introduction to tropical Limnology*. Longman, New York, EUA, 1981
- CARMOUZE, J.P. & LEMOALLE, J. *Lake Chad: ecology and productivity of a shallow tropical ecosystem*. Dr. W. Junk Publ., The Hague, Holanda, 1983
- DANTAS, A.P. Avaliação limnológica de parâmetros morfométricos em lagos e represas. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, UFMG, Belo Horizonte, 2000
- DOKULIL, M; HAMM, A. & KOHL, J.-G. *Ökologie und Schutz von Seen*. UTB, Viena, Áustria, 2001
- ELORANTA, P. *Inland and coastal waters of Finland*. University of Helsinki, Helsinki, Finlândia, 2004
- GLAZOVSKY, N.F. *Aral Sea*. SPB Academic Publishers, Amsterdam, Holanda, 1995
- GOLUBEV, G.N. *Caspian and Aral seas: two different paths of environmental degradation*. Verh. Int. Ver. Limnol., v. 26, p.159-166, 1996
- HERSCHY, R.W. & FAIRBRIDGE, R.W. (eds.), *Encyclopedia of Hydrology and Water Resources*. Kluwer, Dordrecht-Boston-London, 1998
- ILEC (International Lake Environment Committee). *Data book on world lake environments*. Kusatsu, Japão, 1995
- ILEC (International Lake Environment Committee). *Water in the world*. Kusatsu, Japão, 2002
- Jørgensen, S.E. e Vollenweider, R.A. *Principles of lake management*. ILEC/UNEP, Kusatsu, Japão, 1988
- JWQPR (Japanese Water Quality Pollution Research Association). *Yearly book*. Tokyo, Japão, 1995
- KALFF, J. *Limnology*. Prentice Hall, New Jersey, EUA, 2002

- Le SOURD, G. e RIZZOLIO, D. Lake Balkhash. Report UNEP (United Nations Environmental Program) /GRID (Global Resource Information Database), Regional Environment Center for Central Asia, Tashkent, Uzbekistão, 2004
- LVOVITCH, M.I. Os recursos hídricos do planeta e o seu futuro (em russo), Russian Academy of Sciences, Moscow, 1974 (apud SCHWOERBEL, J. Einführung in die Limnologie, Springer, Berlim, Alemanha, 1979)
- MEYBECK, M. Global distribution of lakes. In: LERMAN, A., IMBODEN, D.M. & GAT, J.R. (eds.), Physics and Chemistry of Lakes, Springer Verlag, Berlim, Alemanha, 1995
- MICKLIN, P.P. Desiccation of the Aral Sea: a water management disaster in the Soviet Union. Science, v. 241, p.1170-1176, 1988
- RYANZHIN, S. Global statistics for surface area and water storage of natural lakes. In: Proceedings of the 29. Conference of the International Society of Limnology, Lahti, Finlândia, SIL, 2004
- SCHÖNBORN, W. Lehrbuch der Limnologie, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, Alemanha, 2003
- SHIKLOMANOV, L.A. Global Water Resources, Nat. Resources, v. 26, p. 75-91, 1998 apud Williams, W.D. Saline Waters. ILEC, Kusatsu, Japão, 1990
- TILZER, M.M. e SERRUYA, C. Large lakes: ecological structure and function. Springer Verlag, Berlim, Alemanha, 1990
- VON SPERLING, E. Morfologia de lagos e represas. DESA/UFGM, Belo Horizonte, 1999
- WETZEL, R. Limnology: lake and river ecosystem. Sounders Company, Philadelphia, EUA, 2003
- WILLIAMS, W.D. Management of inland saline waters. Guidelines of Lake Management, Vol. 6. ILEC, Kusatsu, Japão, 1998

Key-words: water on the planet; water compartments; applied hydrology

How Much Water Do We Really Have On This Planet?

ABSTRACT

The paper presents estimates on water distribution in several compartments of the planet: oceans, inland waters, ground waters, ice caps, lakes and reservoirs, soil humidity, atmosphere and rivers. Considerations are presented on the constraints of defining precise numbers as well on the possible sources of clear discrepancies found in some estimates. A proposal of percentage values for water distribution on the planet is presented based on average calculations from the technical literature.