



Sustentabilidade  
em Debate

# Estratégias de Gestão da Água em Situação de Escassez: Regiões Semiáridas e Mediterrânicas\*

Joana Rosado<sup>1</sup>, Maria Manuela Morais<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Licenciada e doutoranda em Biologia (Universidade de Évora).  
Investigadora no Laboratório da Água (Universidade de Évora, Portugal). Endereço electrónico: jrosado@uevora.pt  
(*autora para correspondência*)

<sup>2</sup>Professora Auxiliar (Universidade de Évora). Directora do  
Laboratório da Água (Universidade de Évora, Portugal).  
Endereço electrónico: mmorais@uevora.pt

(\*) O artigo foi escrito em português, sob as normas ortográficas e gramaticais de Portugal.

Recebido em 25.09.2010

Aceito em 10.12.2010

## RESUMO

Palavras-Chave:  
Regiões Semiáridas e  
Mediterrânicas, escassez  
da água, utilização  
sustentável da água,  
gestão dos ecossistemas  
aquáticos.

No início do século XXI a escassez da água é inquestionável constituindo uma ameaça para a humanidade e para a biosfera. Esta situação é sentida nas regiões Áridas, Semiáridas e Mediterrânicas. A gestão dos recursos aquáticos e da disponibilidade de água é um tema complexo e de uma enorme importância estratégica para o desenvolvimento sustentável. O principal objectivo deste trabalho é apresentar e discutir estratégias de gestão da água em regiões Semiáridas e Mediterrânicas através da revisão da literatura disponível. Conclui-se que as regiões Semiáridas, devido às suas características específicas, sofrerão mais com a escassez. Relativamente ao Mediterrâneo, todos os cenários de evolução futura prevêem uma diminuição da precipitação, tendência que trará graves impactes em termos sociais e ambientais. Interessará às regiões Mediterrânicas implementar as técnicas simples e de baixo custo utilizadas nas regiões Semiáridas, muitas das quais presentemente abandonadas mas com tradições centenárias na história do Mediterrâneo.

## ABSTRACT

Key-words:  
Semi-arid and  
Mediterranean climate  
regions, water scarcity,  
water and ecosystems  
management.

At the beginning of the 21st century, the shortage of water is unquestionable constituting a threat to humanity and the biosphere. This situation is experienced in arid, Semi-arid and Mediterranean regions. The management of aquatic resources and the availability of water is a complex issue and of a huge strategic importance for sustainable development. The main objective of this paper is to present and discuss strategies for water management in the Mediterranean and Semi-arid regions through a literature review. As a conclusion, the semi-arid regions, due to its specific characteristics, will suffer more with water scarcity. Regarding the Mediterranean, all scenarios of future developments foresee a decline in rainfall, a trend which will bring serious impacts on society and environment. Hence, Mediterranean regions should focus in implementing simple techniques and low-cost used in semiarid regions, many of which currently abandoned but with centuries-old traditions in the history of the Mediterranean.

### Introdução

Á água é um bem essencial, indispensável a todas as formas de vida. A **água** tem um papel importante na saúde humana e alimentação, desempenhando diferentes funções na indústria e na produção de energia. As pressões associadas ao aumento do consumo de água são uma constante fonte de conflito. A deficiente distribuição espacial e temporal da água provoca fome, a má qualidade da água aumenta os perigos para a saúde humana e uma gestão desequilibrada da água leva a competição e conflitos globais (Ragab & Hamdy, 2004). Os conflitos relacionados com a água remontam à antiguidade, sendo possível identificar a existência de competição por este importante recurso em todos os períodos da história da humanidade (Gleick, 1998). Apesar da sua importância, só recentemente a água recebeu o seu valor apropriado. O valor económico da água é um dos aspectos mais importantes da gestão dos recursos hídricos. Compete a todos os países assegurar uma adequada disponibilidade da água e garantir que, quando utilizada para abastecimento ou para outros fins, seja usada correctamente e com o valor adequado. As políticas respeitantes à economia de água devem garantir uma melhor eficiência na sua utilização, integrando simultaneamente o desenvolvimento social e a sustentabilidade ambiental. Não obstante, a comercialização da água e serviços relacionados com esta, continuam a aumentar. Os conflitos associados ao uso dos recursos hídricos tendem a concentrar-se em bacias hidrográficas transfronteiriças, especialmente quando combinados com uma baixa disponibilidade de água (Halle, 2009). O principal objectivo da gestão da água é definir estratégias que conduzam, a uma maior disponibilidade e melhoria da sua qualidade, à produção de alimentos e à diminuição

da pobreza, ao mesmo tempo que minimizam os impactos negativos na saúde humana e no ambiente (Drechsel *et al.*, 2009).

O crescente consumo de água e a consequente contaminação dos ecossistemas aquáticos, o aumento da urbanização, a intensificação agrícola e a degradação dos solos, têm conduzido a uma diminuição na sua qualidade e quantidade. Adicionalmente, o aquecimento global associado às alterações climáticas verificadas nos últimos anos em várias regiões do planeta está a intensificar a pressão sobre os recursos hídricos (Bates *et al.*, 2008; Kundzewicz *et al.*, 2007; Vörösmarty *et al.*, 2000).

No sudoeste da Austrália a disponibilidade de água está a diminuir sensivelmente há uma década (Isaac & Turton, 2009), prevendo-se que a escassez da água aumente nos próximos anos na bacia do Mediterrâneo, em grande parte da Ásia Ocidental e Central e no subcontinente indiano (Bates *et al.*, 2008; Isaac & Turton, 2009; Kundzewicz *et al.*, 2007).

Estima-se que as alterações climáticas conduziram a cerca de 20% no aumento global da escassez da água, constituindo uma ameaça para o futuro da humanidade. Os países que já sofrem com a escassez serão os mais afectados com os problemas adicionais decorrentes do efeito das alterações climáticas (Bates *et al.*, 2008; Kundzewicz *et al.*, 2007). É expectável que o aumento da temperatura média e consequentes alterações nos valores extremos de precipitação e de temperatura, afectem a disponibilidade de água por alterações na distribuição da precipitação, da humidade do solo, do degelo das calotes polares e do escoamento de rios e de águas subterrâneas (p. ex. WWAP, 2009; Bates *et al.*, 2008).

Uma vez que a água doce circula no nosso planeta através do ciclo da água, o volume disponível permanecerá igual, consequentemente, se

a exploração da água continuar a aumentar, prevê-se uma diminuição mundial na disponibilidade de água per capita. Estima-se que em 2025, 3.4 mil milhões de pessoas poderão ficar sujeitas a situação de escassez de água, facto que conduzirá ao agravamento das desigualdades regionais e sociais (Calzolaio, 2009).

O principal objectivo deste trabalho é apresentar e discutir estratégias de gestão da água em regiões Semiáridas e Mediterrânicas, ameaçadas pela escassez, especificando as diferenças e semelhanças para uma gestão sustentável da água e da biodiversidade em equilíbrio com o ambiente. Nesse sentido, com base numa análise da literatura disponível para o tema em análise, são apresentadas diferentes técnicas que permitem a utilização sustentável da água (cisternas, açudes e barragens subterrâneas, desvio de água superficial, tratamento de águas poluídas). Adicionalmente, referem-se outras técnicas mais dispendiosas, mas muitas vezes necessárias, tais como a transferência de água entre bacias, a dessalinização da água do mar, e a recarga de aquíferos.

## 1. Regiões de clima Semiárido e Mediterrânico

As regiões com clima Árido e Semiárido cobrem cerca de 30% da superfície de terra. As regiões Semiáridas são caracterizadas por um clima seco, no qual a evapotranspiração potencial é superior à precipitação anual. Estes climas estendem-se entre as latitudes 20-35° a norte e a sul do Equador e em grandes regiões continentais, frequentemente rodeadas por montanhas (Lohrmann *et al.*, 1993). Existem duas variações no clima Semiárido, um clima Semiárido quente (por exemplo, Tijuana-México e região nordeste do Brasil) e um clima Semiárido frio (por exemplo, Punta Arenas-Chile). Actualmente tem-se assistido a um aumento significativo das áreas de clima Árido e Semiárido devido a processos de desertificação e alterações climáticas (Schlesinger *et al.*, 1990).

O clima Mediterrânico é do tipo temperado<sup>1</sup> com uma estação seca no verão, muito bem definida. As regiões com clima mediterrânico

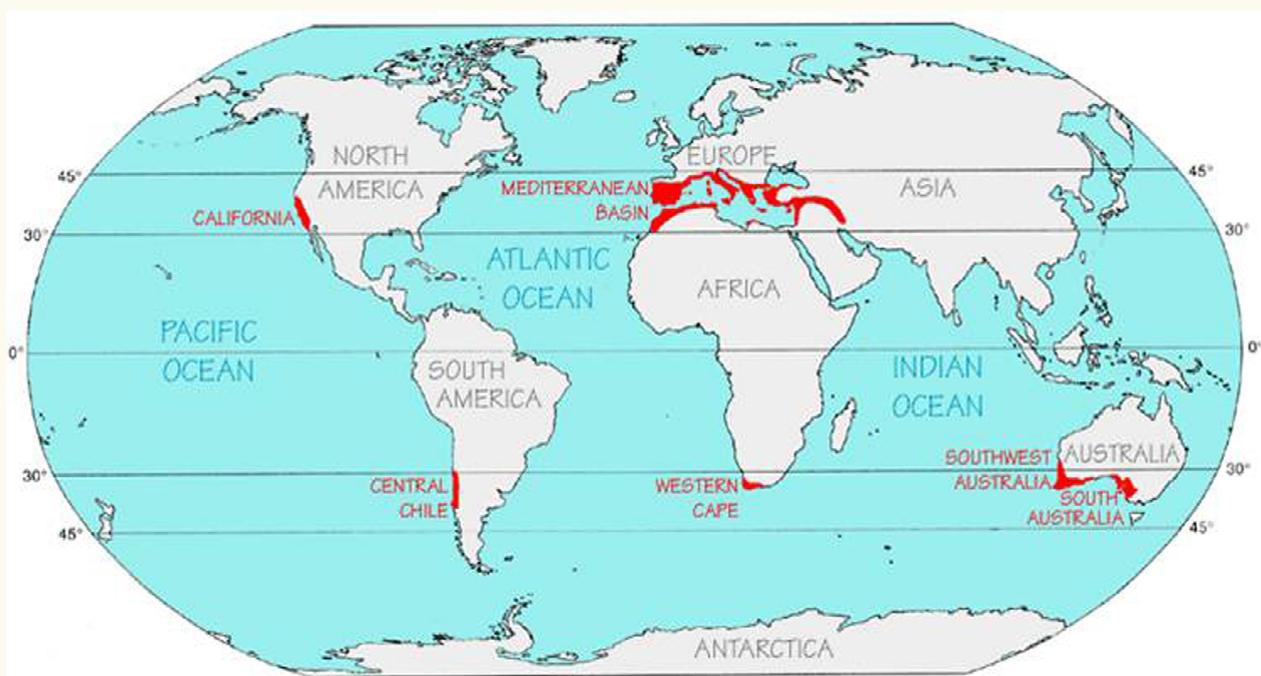


Figura 1. Distribuição das regiões com clima Mediterrânico (adaptado de Di Castri, 1981).

apresentam reduzida representatividade à escala planetária, existentes em apenas 2% da superfície da terra. O clima Mediterrânico é caracterizado por uma elevada sazonalidade, com verões secos e quentes e invernos frios e húmidos (Lohrman *et al.*, 1993). Ocorre entre as latitudes 32°- 40° a norte e a sul do Equador (Fig.1), existindo na Europa meridional, Califórnia, no Chile, no sudoeste da África e no sudoeste da Austrália (Aschmann, 1973). Apesar da sua baixa representatividade, as regiões de clima Mediterrânico incluem zonas de elevada diversidade (*hotspots*) (Cuttelod *et al.*, 2008), assumindo relevância mundial para a preservação e protecção da biodiversidade (Underwood *et al.*, 2009). Esta característica é particularmente importante para os ecossistemas aquáticos interiores, uma vez que a maioria dos rios são temporários, tornando-se extremamente vulneráveis às pressões humanas e às alterações climáticas que conduzam a uma diminuição de escoamentos.

## 2. A disponibilidade dos recursos hídricos e a crescente escassez da água

### 2.1. Regiões de clima Semiárido

A água doce e os ecossistemas associados não se distribuem igualmente por toda a superfície terrestre. Apesar de em termos globais a água existente no planeta ser suficiente para suportar toda a humanidade, a sua distribuição desigual conduz a desequilíbrios e disponibilidades diferenciadas.

A carência de água é um problema frequente nas regiões semiáridas, onde não é suficiente para sustentar a produção agrícola para a população rural (Mvungi, 2005). O acesso a água potável é problemático, tornando-se ainda mais crítico

durante períodos de seca. Nestas regiões, somente a população urbana (ou grande parte dela) tem acesso a um sistema de abastecimento público (Hauschild & Dóll, 2000).

Na maioria dos casos, os sistemas de abastecimento público apresentam problemas na gestão do aumento do consumo o que conduz a gastos relativamente elevados de água não compatíveis com a sua existência (Hauschild & Dóll, 2000).

Em algumas regiões a indústria e o turismo são importantes consumidores de água, competindo com o sector agrícola, prevendo-se que, se não forem tomadas medidas adequadas esta situação possa vir a agravar-se.

Nas regiões semiáridas, onde a escassez de água é quase uma questão endémica, a água subterrânea tem um papel fundamental no uso doméstico e na irrigação. Contudo, a utilização de água subterrânea e a falta de um planeamento adequado conduzem sérios problemas relacionados com a sustentabilidade do seu uso intensivo (ONU, 2006).

A construção e gestão adequada de infraestruturas para abastecimento das populações constituem a base necessária para a manutenção da qualidade da água. Simultaneamente, é necessária uma gestão adequada das necessidades de forma a garantir um desenvolvimento sustentável para estas regiões.

De acordo com dados de 2006, o índice de exploração de água, em percentagem de recursos anuais renováveis, é de 83% na Tunísia, 92% no Egipto, 169% em Gaza, 644% na Líbia, 50% na Síria, 25% no Líbano, 20% na Argélia e cerca de 40% em Marrocos (Pearce, 1996).

O Brasil possui a maior região semiárida do mundo, com cerca de um milhão de quilómetros quadrados (50% do território do Nordeste e parte do Norte de Minas Gerais), sendo uma das mais densamente habitadas. De forma a au-

mentar a disponibilidade de água nesta região, está actualmente em construção o grande empreendimento de transferência de água do rio São Francisco (Hauschild & Dóll, 2000; Tundizi, 2003). Todavia, não é consensual o resultado desta opção, prevendo-se um aumento da escassez mesmo após o funcionamento de transferência de água entre bacias (Hauschild & Dóll, 2000; Tundizi, 2003)

### 2.2. Regiões de clima Mediterrânico

As regiões de clima Mediterrânico incluem ecossistemas muito particulares com uma grande biodiversidade (zonas de *hot-spots*), existindo contudo espécies em perigo. A região do Sudoeste da Austrália é a que apresenta maior diversidade, sendo também a mais frágil e a mais gravemente ameaçada (Pittock, 2003).

Desde a antiguidade que os países da região do mediterrânica sofre com a falta de água, sobretudo durante o período seco de verão. Os recursos hídricos são limitados e a distribuição anual das precipitações determina que muitos rios desenvolvam descontinuidades espaciais e temporais no sistema de corrente, apresentando características temporárias.

A partir da segunda metade do século XX, a procura de água tem vindo a aumentar progressivamente (Vargas-Yáñez *et al.*, 2009). Em alguns países das regiões mediterrânicas, o uso de água está a aproximar-se da capacidade máxima dos recursos disponíveis. O abastecimento de água começa a ficar ameaçado devido a uma exploração excessiva da água subterrânea, facto que conduz a intrusão salina e consequente perda de qualidade. Verifica-se igualmente uma sobre exploração de recursos não renováveis que incluem água fóssil (Pereira & Paulo, 2004).

Nas regiões mediterrânicas a crescente urbanização tem sido a principal responsável pelo

declínio na qualidade da água devido, principalmente, ao tratamento ineficiente das águas residuais aliado a uma má gestão dos resíduos sólidos (especialmente nas áreas mais pobres). A crescente desigualdade entre a disponibilidade e o consumo de água tem conduzido a situações de escassez, aumento de poluição e consequente aumento das pressões ambientais, a que acresce a competição entre os diferentes sectores de actividade económica.

A agravar este cenário todos as projecções futuras prevêem que o Mediterrâneo se torne uma região muito sensível, com aumento de temperatura e diminuição de precipitação e de escoamento. Prevê-se que por volta do ano 2025, a disponibilidade de água per capita nas regiões mediterrânicas se reduza para menos 50% do nível actual (Ragab & Hamdy, 2004), estimando-se igualmente uma expansão dos regimes semiáridos e seco (Gao & Giorgi 2008; Kundzewicz *et al.*, 2007). As implicações decorrentes poderão incluir alterações na cobertura vegetal com repercussões significativas na agricultura (Iglesias *et al.*, 2007) e produção de alimento.

### 3. Estratégias de gestão da água para prevenir a variação natural

No sentido de desenvolver uma nova abordagem para a gestão da água nas regiões semiáridas e mediterrânicas é necessário alterar as actuais leis, basicamente centradas na gestão do abastecimento não contemplando a gestão das necessidades. Em termos globais, e considerando a problemática da escassez de água, as estratégias de gestão deverão ser aplicadas nos diferentes sectores. Dentro dos sectores mais importante inclui-se: (1) o abastecimento público a populações, onde pelo menos um terço do volume de água se perde nas redes de distribuição ou

é rejeitada por mau manuseamento; (2) o sector industrial, onde muitas empresas utilizam volumes de água que excedem as suas necessidades; (3) o sector da irrigação onde se estima que metade do volume de água gasto no sistema não é realmente utilizado no campo.

Por outro lado, a gestão dos recursos hídricos implica um conjunto de acções estratégicas de planeamento que deverão ser consideradas ao nível da bacia hidrográfica, sempre incluindo a participação pública e as organizações institucionais.

A compreensão e a previsão das complexas interacções entre a hidrologia e a dinâmica do sistema constituem a base para a gestão e reabilitação de qualquer sistema aquático, perfeitamente integrada nos requisitos da actual Directiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho que estabelece o quadro da acção comunitária no domínio da política da água, para a Europa. Esta Directiva, conhecida por Directiva Quadro da Água, é considerada um dos exemplos mais recentes em termos de legislação ambiental do Mundo (WFD, 2000). Os países assumirão o compromisso de mudar as estratégias tradicionais da oferta, o que requer a criação de infra-estruturas em larga escala.

No âmbito da Directiva Quadro da Água, os estados membros deverão desenvolver Planos de Bacia que incluam as componentes: (1) gestão de bacias hidrográficas; (2) classificação do estado ecológico e químico das massas de água com vista à recuperação de todas aquelas classificadas abaixo de Bom; (3) avaliação dos custos da água; (4) consulta pública de forma a encorajar a participação activa de todas as partes interessadas na implementação dos Planos de Bacia; (5) política integrada dos diferentes sectores que lidam com a gestão da água, tais como a energia, os transportes, a agricultura, a pesca, a política regional e o turismo.

À escala global, a gestão do uso da água surge como um assunto prioritário, sobretudo nas regiões onde ela é um recurso escasso. Deve ser orientada para o seu uso racional, através: do controle da poluição nas reservas de água; do armazenamento em depósitos - como é o caso das cisternas, açudes e barragens subterrâneas; do desvio de água superficial para bacias próximas, lagoas e diques; e do tratamento de águas poluídas. Muitas destas técnicas são antigas não necessitando de grandes investimentos nem infra-estruturas, devendo ser reabilitadas no sentido de aumentar a disponibilidade de água em regiões carenciadas e que normalmente surgem associadas à existência de maiores índices de pobreza. Adicionalmente, existem técnicas mais caras, mas muitas vezes necessárias, tais como a transferência de água entre bacias, a dessalinização da água do mar e a recarga de aquíferos (UN, 2006).

Em regiões com aparente abundância de água, mas com graves problemas de poluição, tais como a Austrália, a Europa e a América do Norte, assiste-se também à implementação destas técnicas associadas a práticas de gestão que visam colmatar um evento pontual de poluição. Pretende-se remediar qualquer perturbação no balanço hídrico ou que a água possa ser aduzida e armazenada para suprimir as necessidades decorrentes de variações sazonais (SIWI/WHO, 2005).

Por outro lado, nestas regiões, os impactes decorrentes do desenvolvimento humano têm sido mais severos do que os previamente previstos (UNEP, 2010). Os ecossistemas aquáticos têm-se degradado a níveis abaixo do ponto de resiliência (definida como o limite para a recuperação natural após um episódio perturbador) e a disponibilidade de água tem decrescido quer em quantidade quer em qualidade. Consequentemente, tem-se assistido ao desenvolvimento de prá-

ticas similares às utilizadas nas regiões de clima mais seco.

É actualmente reconhecido a nível mundial, a importância de preservar os ecossistemas aquáticos acima do nível de resiliência de forma a não comprometer no futuro, a disponibilidade de água, a biodiversidade global e a biosfera como um todo (UN-Water, 2007).

### 3.1. Armazenamento de água da chuva em cisternas

Actualmente o armazenamento da água da chuva tem assumido uma importância renovada, sendo considerado como uma oportunidade para aumentar a disponibilidade de água. Interceptar e recolher a água da chuva onde ela cai é uma prática que remonta aos tempos bíblicos (Pereira *et al.*, 2002). Foi utilizada há 4000 anos na Palestina e na Grécia; há 8000 anos no Sul da Ásia (Pandey *et al.*, 2003); há 2000 anos era utilizada nas residências romanas, onde cisternas e pátios pavimentados captavam chuva que abastecia as cidades através de aquedutos.

Nos anos 90, a China desenvolveu o Programa 1-2-1, “uma área de terra, duas cisternas e uma área de captação de água de chuva”, pretendendo desta forma disponibilizar água potável para o desenvolvimento sustentável de populações em áreas onde a água da chuva representava o único recurso. Tal aconteceu com grande êxito no estado de Gansu, que apresenta uma forte contaminação das águas subterrâneas, constituindo a água da chuva a única fonte de água possível. Na China até o final de 2003, foram construídas 2,5 milhões de cisternas, beneficiando 1,1 milhão de famílias no fornecimento de água potável (Gnadlinger, 2001).

Recentemente na Índia, o armazenamento de água da chuva é largamente utilizado

para recarga de aquíferos, efectuado a taxas superiores comparativamente com as obtidas em condições de recarga natural (UNESCO, 2000; Mahnot *et al.*, 2003). Esta técnica de baixo custo, representa uma vantagem acrescida uma vez que pode ser desenvolvida e mantida através de programas individuais e comunitários.

No nordeste brasileiro caracterizado por apresentar carência de água e prolongados períodos de seca, em 2003 foi lançado o “Programa de Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido – Um Milhão de Cisternas Rurais (P1MC)”, pela Articulação do Semiárido (ASA). O principal objectivo da P1MC é beneficiar cerca de 5 milhões de pessoas em todo o Semiárido, fornecendo água potável por meio da construção de 1 milhão de cisternas a partir da captação de água de chuva precipitada nos telhados das residências. Actualmente o P1MC já beneficiou 1,5 milhão de pessoas com a construção de 300 mil cisternas a que corresponde 4.800.000m<sup>3</sup> de água disponível para as famílias do Semiárido brasileiro (Bezerra Sá, 2010).

\* \* \*



Figura 2. Cisterna rural em Afogados da Ingazeira (Bacia do Rio Pajeú – Nordeste brasileiro).

### 3.2. Desvios de água

O desvio de água de superfície para bacias próximas, lagoas, diques, poços de armazenamento ou poços de injeção para recarga de aquíferos, são técnicas usadas para fazer face à variabilidade natural nos escoamentos. Reduzem as perdas por evaporação, potenciando a obtenção de água com melhor qualidade.

Esta prática tem sido aplicada em diferentes regiões do planeta, desde as regiões áridas e semiáridas até ao Médio Oriente e regiões mediterrânicas (UN, 2006). Como exemplo refira-se o escoamento de barrancos “*wadis*” - linhas de água que apenas apresentam caudal superficial durante a ocorrência de fortes precipitações - que de outro modo se evaporaria ou escoaria diretamente para o mar (UN, 2006). A água infiltra-se para uma zona subterrânea de aluvião, permanecendo disponível por períodos mais longos sem perdas por evaporação. Em regiões mais húmidas, tais como na América do Norte e na Europa, os desvios de água para zonas subterrâneas são usados como meio para armazenar e manter ecossistemas subterrâneos dependentes

do escoamento superficial e também como forma de reduzir o tratamento da água necessário para o abastecimento público, captado a jusante das zonas de recarga.

A gestão de programas de recarga de aquíferos, alguns incluindo injeção de águas residuais tratadas, têm sido implementados tanto em países desenvolvidos como em países em desenvolvimento (p. ex. Austrália, China, Índia, Quênia, México, Oman, Paquistão, África do Sul e EUA) (UN, 2006).

### 3.3. Reservatórios

A construção de barragens para a criação de reservatórios de água tem sido feita como resposta à crescente necessidade de água para a energia, a irrigação, o consumo humano, a pesca e práticas recreativas, assim como uma forma de segurança, para diminuir os impactos e riscos de eventos de intensidade extrema tais como inundações e secas (UN, 2006). A criação de reservatórios é essencial para proporcionar disponibilidade de água quando e onde é necessária. Todavia, todo o processo de construção acarre-



Figura 3. Alqueva, o maior reservatório de Portugal e da Europa, com 90 km de extensão (Rio Guadiana, Portugal).

ta impactes consideráveis a nível social, nos ecossistemas e na paisagem, com consequente interferência no ciclo hidrológico. Basta pensar que o sistema lótico, caracterizado por apresentar um escoamento horizontal que determina toda a organização funcional, passa a apresentar características lênticas, muito mais dependentes do eixo vertical de penetração da luz na organização funcional do ecossistema.

Apesar dos benefícios imediatos que as populações favorecidas obtêm dos reservatórios, existe uma polémica recorrente sobre como prevenir e reduzir as consequências sociais e ambientais que advêm da construção das barragens (p. ex. o Programa Nacional de Barragens Hidroeléctricas em Portugal). A nível social a construção de grandes barragens tem criado um grupo social denominado “desalojados de barragens” que apresentam grandes dificuldades de integração nos locais para onde são deslocados, contribuindo para o aumento das desigualdades sociais.

Recentemente, de forma a minimizar os impactes ambientais negativos provenientes destas construções, as barragens têm sido modificadas, libertando um caudal estável calculado em função das necessidades das comunidades biológicas e dos habitats situados a jusante (caudal ecológico). Quando tal equilíbrio é conseguido, os resultados são substanciais em termos de preservação dos ecossistemas e da biodiversidade.

### 3.4. Barragens Subterrâneas

Estudos recentes desenvolvidos em regiões do Semiárido do nordeste brasileiro apontam para a necessidade de armazenar água principalmente no subsolo, aproveitando as técnicas antigas usadas pelos pequenos agricultores (Carvalho *et al.*, 2009). As barragens subterrâneas são obras cons-



Figura 4. Barragem subterrânea (Bacia do Rio Pajeú – Nordeste brasileiro).

truídas no leito de rios, em aluvião. São construídas perpendiculares ao leito do rio, com o objectivo de reter a água no subsolo. A função é reter humidade no solo de forma a incrementar a produtividade agrícola da região e viabilizar a exploração de pequenas e médias propriedades rurais, principalmente as que não dispõem de água para uso em irrigação convencional (Silva & Porto, 1982). As principais vantagens são: acumulação de água com reduzida evaporação; menor risco de salinização, quando bem explorada; a não ocupação de áreas agri-cultáveis, normalmente cobertas com água nos reservatórios de acumulação superficial (Brito *et al.*, 1989). No entanto, realça-se a necessidade de se proceder a uma monitorização continuada da qualidade da água e do nível de salinidade do solo, de forma a evitar-se a degradação do solo e o aumento da sua salinidade.

### 3.5. Águas residuais como recurso adicional

A água residual tratada pode ser considerada como um “novo” recurso de água a adicionar à disponibilidade global de uma região. Pode ser utilizada para a irrigação ou para outras finalidades que não incluam o abastecimento público, contribuindo para diminuir as pressões de utilização da água (Crook, 1998). Não obstante, a irrigação com água residual não tratada pode

representar um risco para a saúde pública, uma vez que pode conter bactérias patogênicas, vírus, organismos indesejáveis, metais pesados e contaminantes orgânicos (UNEP, 2010). Neste sentido a sua utilização deverá ser feita com muita prudência, só após tratamento e implementação de programas de monitorização que nos garantam que aquela água apresenta condições, não representando um risco para a saúde humana, animal e ambiental.

### 4. Estratégias de gestão da água para aumentar a disponibilidade de água

Os países das regiões semiáridas e mediterrânicas estão a utilizar os seus recursos de água com uma intensidade crescente. A agravar esta situação, os cenários de alterações climáticas prevêem diminuições acentuadas de precipitação (Bates *et al.*, 2008), facto que conduzirá gradualmente a crises nacionais à medida que as reservas superficiais e subterrâneas diminuem e os lagos, zonas húmidas e rios sequeam ou se degradam. Como consequência irá assistir-se a uma redução do recurso água por habitante, tanto em termos da disponibilidade como de captação. Nesse sentido, torna-se imperativo desenvolver



Figura 5. Construção de canais de transferência de água do Rio São Francisco para a região do nordeste brasileiro.

novas técnicas e implementar estratégias de gestão que aumentem a disponibilidade de água, evitando a depleção do recurso água e a degradação dos ecossistemas associados.

#### 4.1. Transferência de água entre bacias

A transferência da água de uma bacia hidrográfica de um rio ou de um aquífero, para outra, tem sido utilizada como um método para resolver problemas de tensão política relacionada com a escassez da água, particularmente usual em regiões áridas e semiáridas. É frequente em áreas onde as necessidades da agricultura excederam os recursos de água existentes. Há já alguns sistemas de transferência de longa distância entre diferentes áreas, algumas delas recentemente construídas. Um exemplo é o sistema de Ganges-Brahmaputra-Meghna (UN, 2006), construído para fazer face aos problemas recorrentes de seca e inundações na Índia e Bangladesh. Outro exemplo é o sistema de transferência de água do rio São Francisco no Brasil, que prevê a construção de dois canais que totalizam 700 quilómetros de extensão, para a irrigação e o abastecimento público da região de nordeste Semiárido. Este projecto tem desencadeado uma grande polémica no Brasil, pois para além de ser uma obra muito dispendiosa, afectará um dos rios mais importantes do Brasil e todos os ecossistemas em seu redor.

Em termos globais, todas as experiências desenvolvidas têm demonstrado que embora a transferência da água entre bacias pareça dar uma resposta viável em termos técnicos e hidrológicos, é necessário considerar avaliar todos os impactes sociais e ambientais, antes de se iniciar qualquer processo de construção que implica alterações brutais com enormes

percas em termos ambientais e de biodiversidade (Ballesteros, 2004).

### 4.2. Dessalinização

A dessalinização inclui qualquer processo que remova o excesso do sal e de outros sais dissolvidos na água. É um processo usado principalmente em zonas costeiras de regiões áridas e semiáridas que apresentam escassez e onde as únicas fontes de água disponível são a água do mar ou a água subterrânea, com características salobras. Embora apresentando um custo elevado por m<sup>3</sup> quando comparado com outras técnicas, representa o processo com eficiência de custo mais baixo para fornecer água para consumo humano em regiões onde a disponibilidade da água já é ou está a tornar-se limitada. Awerbuch (2004) e Schiffler (2004) referem que em termos de aplicação global, a capacidade de dessalinização representa um dos avanços e desafios mais recentes. De acordo com a Associação Internacional do Dessalinização (AID), aproximadamente 53% da dessalinização global ocorre no Médio Oriente, seguido da América do Norte (16%), Europa (13%), Ásia (11%) e África (6%). A América Central e América do Sul e representam menos de 2% do volume global (UN, 2006).

O Programa “Água Doce” é um programa para dessalinização de água salobra, desenvolvido pelo Ministério do Meio Ambiente brasileiro que visa garantir o abastecimento de água potável a populações rurais do Semiárido que vivem em áreas com graves problemas de desertificação. Pretende este programa tratar água retirada do solo com alto teor de sal em água potável. A água tratada irá para uma cisterna, de forma a garantir o abastecimento a famílias rurais. A água salgada residual será destinada a um tanque para a criação de tilápias e para a irrigação de plantações de espécies tolerantes a valores elevados de

salinidade. De acordo com este programa prevê-se que nos próximos 10 anos, 2,3 milhões de pessoas, representando 25% da população que vive em zonas rurais na região do nordeste brasileiro possa beneficiar de água potável<sup>2</sup>.

## 5. Gestão da água e da biodiversidade em equilíbrio com o ambiente

A agricultura, a indústria e os efluentes de águas residuais não tratadas estão a contribuir para o aumento da escassez hídrica e para a degradação dos ecossistemas aquáticos superficiais e subterrâneos, (UN, 2006; UN-Water, 2006, 2007). As regiões Mediterrânicas são importantes zonas de diversidade (*hot-spots*), onde já se observam espécies ameaçadas, facto que nos indica perda de biodiversidade (Myers, 2000). Este é um indicador importante que revela baixa resiliência e conseqüente degradação dos ecossistemas aquáticos (Underwood *et al.*, 2009). A nível global, a reduzida resiliência ecológica, provocada pela degradação dos ecossistemas e pelo aumento das secas, conduzem ao aumento da vulnerabilidade social e ambiental devido à perda de meios de subsistência. Criam-se condições para o estabelecimento de conflitos entre a preservação dos ecossistemas e a produção de alimentos, situação particularmente evidente nas regiões semiáridas onde a escassez da água é uma constante.

O novo desafio dos responsáveis pela gestão ambiental reside na optimização da resiliência dos ecossistemas em resposta a perturbações naturais e antropogénicas. Por sua vez a preservação dos ecossistemas e a optimização dessa resiliência deverá ser protegida ao nível da bacia através da implementação de Planos de Bacia que contemplem programas e sistemas sustentáveis de suporte à vida.

Tendo em conta que os sistemas aquáticos têm uma interacção permanente e dinâmica com as suas bacias de drenagem, é fundamental que se conheçam as interacções entre estas e os sistemas aquáticos. Por outro lado, é imprescindível que se faça um esforço para compreender as interacções entre os elementos naturais (físicos, químicos e biológicos), económicos e sociais, dada a interdependência desses componentes. A interacção entre as diferentes componentes, muitas vezes com interesses opostos, deverá conduzir à formação de parcerias que viabilizem programas de recuperação e de conservação de uma forma integrada e sustentável. O conceito de desenvolvimento sustentável, no sentido em que atende as necessidades do presente sem comprometer a necessidades das gerações futuras (Salati *et al.*, 2006), é cada vez mais aceite, sendo contudo implementado com alguma dificuldade devido a interesses económicos e políticos. Indiscutivelmente, para a manutenção de um desenvolvimento sustentável, a nível local e regional, é necessário que sejam preservados os recursos hídricos tanto em quantidade como em qualidade.

### Considerações finais

O aquecimento global e a problemática das alterações climáticas causam mudanças, variabilidade e incertezas adicionais relativamente à disponibilidade de água (Bates *et al.*, 2008; Kundzewicz *et al.*, 2007). O crescimento populacional nas regiões semiáridas e mediterrânicas e os recentes eventos de seca têm contribuído para o aumentando das pressões nos ecossistemas aquáticos, facto que requer novas abordagens no planeamento e na gestão da água. Estratégias de prevenção e novas tecnologias que permitam aumentar a disponibi-

lidade de água natural e reduzir a procura, poderão representar parte da solução no que se refer ao consumo crescente de água. A criação de reservatórios de água, a construção de desvios que canalizam a água de regiões onde ela é abundante para outras com escassez, e a extracção de água dos aquíferos, representam parte das estratégias em desenvolvimento com a finalidade de disponibilizar água para onde e quando for necessária. Todavia, presentemente e no futuro, para captar água é necessário recorrer a processos simples e inovadores que promovam a utilização de fontes naturais como a água da chuva, tal é o caso das cisternas e das barragens subterrâneas. Por outro lado, no contexto das alterações climáticas torna-se necessário desenvolver estratégias de adaptação e de mitigação que promovam o aumento da disponibilidade da água. Todavia, as novas técnicas de gestão da água requerem uma alteração no padrão de comportamento das instituições e dos indivíduos. Alguns países, especificamente nas regiões mediterrânicas, têm implementadas leis e regulamentações para protecção e reabilitação dos ecossistemas aquáticos, adaptando técnicas práticas emergentes que contemplam a utilização do conhecimento local. A gestão do recurso água é uma matéria complexa de enorme importância estratégica para o desenvolvimento sustentável (UNDP, 2006) que interfere em quase todos os aspectos da sociedade e economia, principalmente na saúde, na produção de alimento e segurança, no abastecimento público, no saneamento básico, na energia, na indústria e no ambiente.

A maioria dos ecossistemas de água doce estão ameaçados, sobretudo devido à sobre exploração, à poluição, e ao aquecimento global. Considerando estas tendências, a equidade na

utilização da água para a agricultura, para a indústria e para o consumo humano, representa um dos grandes desafios para o século XXI (Tundisi, 2003; UN, 2006).

As regiões semiáridas, devido às suas características específicas, naturalmente sofrerão mais com a escassez. Por estas razões, nestas regiões, com especial destaque para a região do nordeste brasileiro, da China semiárida e de algumas regiões na Índia, têm-se assistido à implementação de diferentes técnicas de baixo custo para capturar a água das chuvas. No que se refere à região Mediterrânea, todos os cenários de evolução futura prevêem um aumento da temperatura associado a uma diminuição da precipitação e do escoamento. Esta tendência trará graves impactos, tanto em termos sociais como ambientais uma vez que estas regiões se apresentam extremamente vulneráveis em termos de biodiversidade. Neste sentido, interessa à região mediterrânea implementar as técnicas simples e de baixo custo utilizadas nas regiões semiáridas, muitas das quais com tradições centenárias na própria história do Mediterrâneo, entre outras as cisternas (Fig. 6) e as técnicas de desvio de água.



Figura 6. Cisterna da vila de Monsaraz, sécs. XIV-XV (sul de Portugal).

## Referências

- ASCHMANN, H. **Distribution and peculiarity of Mediterranean Ecosystems**. In: Mediterranean Type Ecosystems: Origin and structure (eds. DI CASTRI, F. & MOONEY, H.A.). Springer-Verlag, Berlin, pp. 11-19, 1973.
- AWERBUCH, L. **Status of desalination in today's world**. In: Desalination and Water Reuse. (ed. NICKLIN, S.). Leicester, UK, Wyndeham Press, pp. 9–12, 2004.
- BALLESTERO, E. **Inter-Basin Water Transfer Public Agreements: A Decision Approach to Quantity and Price**. Water Resources Management 18: 75–88, 2004.
- BATES, B.C.; KUNDZEWICZ, Z.W.; WU, S.; PALUTIKOF, J.P. **Climate Change and Water**. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva, 210 pp., 2008.
- BEZERRA Sá; GAMA DA SILVA, P. C. **Semiárido brasileiro: pesquisa desenvolvimento e inovação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 402 pp., 2010.
- BRITO L.T.L.; SILVA, A.; MACIEL, J. L.; MONTEIRO, M.A.R. **Barragem subterrânea**. I: construção e manejo. Petrolina: Embrapa-CPATSA, 1989. 39 pp., 1989.
- CALZOLAIO, V. **Securing water resources for water scarce ecosystems**. United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD) Secretariat, Bonn, 2009.
- CARVALHO, R.M.C.; SOBRAL, M. do C.; COSTA, M.R. da; GUNKEL, G., SILVA, M.M; LOBO, L. **Subsurface dams for water storage and sustainable development in semi-arid areas**. In: Sustainable Development: Energy, Environment and Natural Disasters (eds. DUARTE, L.M.G. & PINTO, P.). Évora, Fundação Luís de Molina, 147-158, 2009.

- CHORUS, I.; BARTRAM, J. **Toxic Cyanobacteria** In: *Water: a guide to their public health consequences, monitoring and management.* (eds. CHORUS, I. & BARTRAM, J.). E& FN Spon, London and New York, 416 pp, 1999.
- CROOK, J. **Water Reclamation and Reuse Criteria.** In: *Wastewater Reclamation and Reuse.* (ed. ASANO, T.). Water Quality Management Library, Vol. 10, Technomic Publishing, Lancaster PA, 627-704, 1998.
- CUTTELOD, A.; GARCÍA, N.; ABDUL MALAK, D.; TEMPLE, H.; KATARIYA, V. **The Mediterranean: a biodiversity hotspot under threat.** In: *The 2008 Review of The IUCN Red List of Threatened Species* (eds C. HILTON-TAYLOR, J.-C. VIÉ & STUART, S.N.) IUCN Gland, Switzerland, 2008.
- DI CASTRI, F. **Mediterranean-type shrublands of the world.** In: *Ecosystems of the World, Vol. 11. Mediterranean Type Shrublands* (eds Castri, F.; Goodall, D. W. & Specht, R. L.), Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 1–52, 1981.
- DRECHSEL, P.; SCOTT, C.A.; RASCHID-SALLY, L.; REDWOOD, M.; BAHRI, A. **Wastewater Irrigation and Health- Assessing and Mitigating Risk in Low-income Countries,** International Water Management Institute, Earthscan, London, 404 pp., 2009.
- GAO, X.; GIORGI, F. **Increased aridity in the Mediterranean region under greenhouse gas forcing estimated from high resolution regional climate projections.** *Global and Planetary Change*, 62(3-4): 195-209, 2008.
- GLEICK, P.H. **Water and conflict** In: *The World's Water 1998-1999* (ed. GLEICK, P.M.), Island Press, Washington DC. Island Press, pp. 105-135, 1998.
- GNADLINGER, J. **Captação de água de chuva para uso doméstico e produção de alimentos: a experiência do estado de Gansu no norte da China,** In: *Anais: 3º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA,* Campina Grande, PB, 2001.
- HALLE, S. **From Conflict to Peacebuilding – the Role of Natural Resources and the Environment.** United Nations Environment Programme. Nairobi, Kenya, 44 pp., 2009.
- HAUSCHILD, M.; DÖLL, P. **Water Use in Semi-arid Northeastern Brazil – Modeling and Scenario Analysis.** Report A0003, Center for Environmental Systems Research, University of Kassel, 34109 Kassel, Germany, 2000.
- IGLESIAS, A.; GARROTE, L.; FLORES, F.; MONEO, M. **Challenges to Manage the Risk of Water Scarcity and Climate Change in the Mediterranean.** *Water Resources Management*, 21(5): 775-788. 2007.
- ISAAC, J.; TURTON S. **Expansion of the tropics: Evidence and implications.** Cairns: James Cook University, Australia, 16 pp., 2009.
- KUNDZEWICZ, Z.W.; MATA, L.J.; ARNELL, N.W.; DÖLL, P.; KABAT, P.; JIMÉNEZ, B.; MILLER, K.A.; OKI, T.; SEN, Z.; SHIKLOMANOV, I.A. **Freshwater resources and their management. climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability.** Contribution of working group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2007.
- LOHMANN, U.; SAUSEN, R.; BENGTTSSON, L.; CUBASCH, U.; PERLWITZ, J.; ROECKNER E. **The Köppen climate classification as a diagnostic tool for general circulation models.** *Climate Research*. 3: 177-193, 1993.
- MAHNOT, S.C.; SHARMA, D.C.; MISHRA, A.; SINGH, P.K.; ROY, K.K. **Water Harvesting**

- Management**, Practical Guide Series 6, (ed.) V. Kaul, SDC/Intercooperation Coordination Unit. Jaipur, India, 2003.
- MVUNGI, A.; MASHAURI, D.; MADULU, N.F. **Management of water for irrigation agriculture in semi-arid areas: Problems and prospects**. *Physics and Chemistry of the Earth* 30: 809–817, 2005.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; DAFONSECA, G.A.B.; KENT, J. **Biodiversity hotspots for conservation priorities**. *Nature* 403: 853-858, 2000.
- PANDEY, D.N.; GUPTA, A.K.; ANDERSON, D.M. **Rainwater harvesting as an adaptation to climate change**, *Current Science*, 85(1): 46–59, 2003.
- PEREIRA, L.; CORDERY, I.; LACOVIDES, L. **Coping with water scarcity**, IHP-VI Tech. Documents in Hydrology No. 58, UNESCO, 2002.
- PEREIRA, L.S.; PAULO, A.A. **Droughts: Concepts, Indices and Prediction**. In: *Water Management for Drought Mitigation in the Mediterranean* (eds HAMDY, A. & TRISORIO-LIUZZI, G.). Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes Tecnomack – Bari, Italy 113-144, 2004.
- PITTOCK, B. **Climate Change: An Australian Guide to the Science and Potential Impacts**. Commonwealth of Australia: Australian Greenhouse Office. 239, 2003.
- RABELO L. **Estudos preliminares para implantação da filtração em margem na lagoa do Peri como pré-tratamento de água para remoção de fitoplâncton**. Tese de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Tecnológico, 152 pp, 2006.
- RAGAB R.; HAMDY, A. **Water Management Strategies to Combat Drought in the Semiarid Regions**. In: *Water Management for Drought Mitigation in the Mediterranean* (eds. HAMDY, A. & TRISORIO-LIUZZI, G.) (Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes) 47-112. Tecnomack – Bari, Italy, 2004.
- SALATI E.; MATTOS DE LEMOS, H.; SALATI, E. **Água e o desenvolvimento sustentável**, pp. 37—62. In: *Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. (eds. REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B. & TUNDISI, J. G.). 3ª edição. Escrituras Editora, S. Paulo, 2006.
- SCHIFFLER, M. **Perspectives and challenges for desalination in the 21st century**. *Desalination*, Vol. 165, pp. 1–9, 2004.
- SCHLESINGER, W.H.; REYNOLDS, J. F.; CUNNINGHAM, G. L.; HUENNEKE, L. F.; JARRELL, W. M.; VIRGINIA, R. A.; WHITFORD, W. G. **Biological feedbacks in global desertification**. *Science*, 247: 1043-1048, 1990.
- SENS, M.L.; MONDARDO, R.I.; MELO FILHO, L.C. **Assessing ozonation and riverbank filtration as pretreatment to direct filtration for removing cyanobacteria e saxitoxins**. In: *Sustainable Development: Energy, Environment and Natural Disasters* (eds. DUARTE, L.M.G. & PINTO, P.). Évora, Fundação Luís de Molina, 131-146, 2009.
- SILVA, A. DS.; PORTO, E. R. **Utilização e conservação dos recursos hídricos em áreas rurais do trópico semi-árido do Brasil: tecnologias de baixo custo**. Petrolina: Embrapa-CPATSA, 128 pp., 1982.
- SIWI/WHO (Stockholm International Water Institute/World Health organization). **Making Water a Part of Economic Development**, The Economic Benefits of Improved Water Management and Services. Stockholm/Geneva,

2005.

TUNDISI, J.G. Água no século XXI: enfrentando a escassez. Editora RiMa, IIE.248, 2003.

UN. **Water, a shared responsibility.** The United Nations World Water Development. Report - 2. UNESCO and Berghahn Books, Paris and London, 2006.

UNDERWOOD, E.; VIERS, J.H.; KLAUSMEYER, K.R.; COX, R.L.; SHAW, M.R. **Threats and biodiversity in the mediterranean biome.** *Diversity and Distributions* 15 (2): 188–197, 2009.

UNDP. Human Development Report 2006. **Beyond scarcity: Power, poverty and the global water crisis.** United Nations Development Programme, New York, 422 pp., 2006.

UNESCO. **Catch the water – where it drops.** Rain water harvesting and artificial recharge to ground water. A guide to follow. IHP program document, 2000

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). **UNEP Year Book. New Science and Developments in our Changing Environment.** 2010. Division of Early Warning and Assessment (DEWA), Nairobi. 66, 2010.

UN-Water. **Coping with water scarcity: a strategic issue and priority for system-wide action,** 2006.

UN-Water. **Coping with water scarcity: challenge of the twenty – first century,** 29 pp., 2007.

VARGAS-YÁÑEZ, M.; MOYA, F.; TEL, E.; GARCÍA-MARTÍNEZ, M.C.; GUERBER, E.; BOURGEON, M. **Warming and salting in the western Mediterranean during the second half of the 20th century:** inconsistencies, unknowns and the effect of data processing. *Scientia Marina.* 73(1): 7-28, 2009.

VÖRÖSMARTY, C.J.; GREEN, P.;

SALISBURY, J.; LAMMERS, R.B. **Global Water Resources: Vulnerability from Climate Change and Population Growth.** *Science* 289(5477): 284 – 288, 2000.

WFD. **Water Framework Directive.** Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October, 2000.

WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME (WWAP). **The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World.** Paris: Unesco and London. Earthscan, 2009.

## Notas

<sup>1</sup> [http://pt.wikipedia.org/wiki/Clima\\_temperado](http://pt.wikipedia.org/wiki/Clima_temperado)

<sup>2</sup> <http://www.mma.gov.br>