

A ESCASSEZ DE ÁGUA E A SUSTENTABILIDADE DO REGADIO*

MANUEL RIJO, Eng.º. Agrónomo, Prof. Assoc. c/ Agregação U. Évora.

RESUMO – O forte crescimento populacional mundial obriga à produção crescente de alimentos. Contudo, os bons terrenos agrícolas têm já uma utilização intensa em muitas regiões e o aumento das áreas de cultivo pode obrigar à utilização de solos sem aptidão. Os problemas ambientais e climáticos podem obrigar também a cuidados suplementares na conservação de ecossistemas, de *habitats* e da biodiversidade, contrariando também o aumento das áreas de cultivo.

A solução dos problemas alimentares da Humanidade passa, por isso, sobretudo pelo recurso à rega, que pode permitir produções unitárias médias seis vezes superiores às de sequeiro. O regadio não é, porém, mais um dos competidores pelo recurso escasso que é a água. As maiores extrações do ciclo hidrológico são devidas à agricultura que é sempre encarada como a “culpada” principal em situações de escassez.

A gestão da água em regadio deverá centrar-se na eficiência do seu uso e no aumento da sua produtividade. Isto determina a necessidade de gerar eficiências através de uma melhor gestão da água na exploração agrícola, nos sistemas de adução, nos reservatórios de armazenamento e através da definição de políticas nacionais sobre água e regadio.

O artigo faz o inventário das disponibilidades e usos globais da água, pondo em evidência a sua escassez em muitas regiões do globo e apresenta um conjunto de medidas necessárias à melhoria da sua gestão na exploração agrícola, nos sistemas de adução e de armazenamento, assinalando alguns dos fatores que condicionam o regadio.

Palavras-chave: escassez de água, uso eficiente da água, sustentabilidade do regadio.

1. INTRODUÇÃO

O volume de água em circulação no ciclo hidrológico é praticamente constante. Porém, é aceitável afirmar-se que a água é um recurso natural cada vez mais escasso. A escassez é fruto do grande crescimento populacional e da sua utilização crescente nas diversas atividades do Homem. A competição cada vez maior entre os diferentes sectores da atividade económica, com capacidades diferentes de remuneração do recurso utilizado, tem vindo a acentuar essa escassez em muitas regiões do globo.

A agricultura é, actualmente, a origem de quase toda a alimentação humana. A pesca, fundamental em algumas regiões do globo, tem pouca importância a nível mundial. A caça, no passado com expressão significativa, tem, hoje em dia, um interesse residual na alimentação da Humanidade.

O forte crescimento populacional mundial obriga à produção acrescida de alimentos. No passado, os acréscimos das necessidades alimentares eram habitualmente satisfeitos à custa do aumento das áreas cultivadas, o que já não é mais possível em muitas regiões do globo. Os terrenos com aptidão agrícola têm já uma utilização intensa em muitas zonas e o aumento das áreas de cultivo pode obrigar à utilização de solos sem aptidão e que, portanto, deverão antes ser florestados para evitar a erosão e a desertificação a que ficariam sujeitos. Os problemas ambientais e climáticos que, actualmente, já se fazem sentir com alguma intensidade, obriga também a cuidados suplementares na conservação de ecossistemas, de *habitats* e da biodiversidade, contrariando também o aumento das áreas de cultivo.

A alimentação humana deverá ser, face ao exposto, cada vez mais satisfeita à custa da obtenção de maiores produções unitárias dos terrenos já cultivados, tirando o máximo partido das características dos solos, da produção melhorada de sementes e plantas, dos sistemas de cultivo, das fertilizações e sanidade vegetal, da rega e drenagem, etc.

Para a grande maioria dos especialistas, a solução dos problemas alimentares da Humanidade passa sobretudo pelo recurso à rega, com a qual se podem obter produções unitárias médias seis vezes

* Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do projeto AQUANET – Controlo descentralizado e reconfigurável para sistemas de distribuição de água em canal de fins múltiplos (PTDC/EEA-CRO/102102/2008), financiado pela FCT.

superiores às de sequeiro (Raposo, 1996). O regadio permite ainda uma regularização das produções agrícolas, diminuindo a dependência dos ciclos climáticos, para além da melhoria da qualidade das produções.

O regadio não é apenas mais um dos utilizadores de água que competem entre si ao nível da quantidade e da qualidade. As maiores extracções de água do ciclo hidrológico são devidas à agricultura que, por isso, é sempre encarada como a “culpada” principal em situações de escassez local, isto é, quando as disponibilidades hídricas não são suficientes para fazer face à procura. Esta é uma característica que sai sempre evidenciada nos diferentes inventários mundiais realizados sobre a escassez de água.

Contudo, esta imagem da agricultura não tem nada a ver com a equidade no acesso aos diferentes serviços hídricos (incluindo os serviços de rega) e com a escassez económica estrita de um bem ou serviço. A ausência de acesso equitativo à água e aos serviços de saneamento e de drenagem associados, quer seja nos municípios quer seja nos perímetros de rega, é a característica fundamental de todos os problemas hídricos mundiais.

A escassez económica estrita da água e de serviços hídricos só se tornam evidentes no comércio a grande escala, que se realiza, habitualmente, em condições convenientemente regulamentadas. O que é menos visível é o comércio local e não estruturado de serviços hídricos em que participam voluntariamente fornecedores e compradores. Estes mercados locais são bastante imperfeitos e tendem a ser distorcidos por fornecedores monopolistas e pelo estabelecimento de preços sombra complexos. Por isso, a percepção generalista de escassez de água pode não ter nada a ver com a escassez absoluta do recurso, mas apenas com a ausência socioeconómica de instituições que regulem bens públicos, administrem activos e prestem serviços equitativos.

De todos os utentes sectoriais, a agricultura é o que apresenta maiores possibilidades de contribuir para uma gestão integrada da água, através da melhoria das práticas agrícolas e da interiorização da justificação do uso da água em termos económicos e ambientais. O modelo de gestão actual, baseado na oferta ou nas disponibilidades hídricas, deverá ser substituído por um modelo baseado na procura, em particular em situações de escassez de água bruta ou de capitais para gerar serviços. Actualmente, o modelo de gestão baseado na oferta está bem evidente em numerosos países em desenvolvimento com sectores de regadio importantes, onde se presta pouca atenção à gestão dos activos existentes. Esta tendência deverá ser invertida para que a agricultura possa continuar a poder justificar as enormes quantidades de água extraídas, numa situação de concorrência crescente por parte de outros sectores.

Em termos económicos gerais, a gestão da água na agricultura deverá centrar-se na eficiência do seu uso e no aumento da produtividade agrícola, desde a exploração agrícola até à cadeia de comercialização. Isto determina a necessidade de gerar eficiências através de uma melhor gestão da água na exploração agrícola, nos sistemas de armazenamento, transporte e de distribuição e através do ajustamento e redefinição das políticas nacionais sobre água e regadio.

Tendo em conta a capacidade técnica da agricultura para satisfazer a procura crescente de alimentos e de bens industriais, deve, por isso, examinar-se com cuidado o uso da água pela agricultura quando se fala de escassez desse recurso.

O desafio actual passa por uma agricultura cada vez mais eficaz e reduzindo progressivamente os recursos hídricos necessários.

O artigo faz o inventário das disponibilidades e usos globais da água, pondo em evidência a sua escassez em muitas regiões do globo e apresenta um conjunto de medidas necessárias à melhoria da sua gestão na exploração agrícola, nos sistemas de adução e de armazenamento, assinalando alguns dos fatores que condicionam o regadio.

2. DISPONIBILIDADES E USOS DA ÁGUA

A nível mundial, extraem-se anualmente cerca de 3856 km^3 de água doce para uso humano, o que equivale a cerca de 600 m^3 por pessoa (FAO, 2010). Este valor fica aquém dos 9% dos recursos de água doce renováveis do planeta. Contudo, há uma grande variabilidade espacial entre continentes e regiões, indo desde 2,9% na Oceânia até cerca de 20% na Ásia (Tabela 1).

A Tabela 1 apresenta como recursos hídricos potenciais os gerados internamente na região. Considerando o caso particular de Portugal, até porque apresenta a maior percentagem de extracções, pode assinalar-se que, considerando os recursos hídricos potenciais totais (de origem interna e externa), possui $68,7 \text{ km}^3$, passando a representar as extracções apenas 12,3% dos seus recursos hídricos potenciais.

O maior utilizador da água é a agricultura, conforme já assinalado, que representa a nível mundial cerca de 70% de todas as extracções. Segue-se a indústria, com 19%, e os usos domésticos (municipais), com 11%.

Em Portugal, as extracções em percentagem das disponibilidades são muito superiores à média europeia e o peso da agricultura atinge cerca de 72% do total de extracções (cerca de 2,5 vezes a média europeia), o que é devido, sobretudo, às características mediterrânicas do clima português.

Nos anos sessenta do século passado, cerca de dois terços da população mundial vivia em zonas rurais e cerca de 60% da população ativa trabalhava na agricultura. Para 2050, a FAO estima que dois terços da população viva em cidades.

Tabela 1. Extracções de água doce por sectores (Ano de referencia – 2003)

Região	Recur. hídricos Potenc. (km^3 /ano)	Extracções		Sectores					
		Valor abs. (km^3 /ano)	% Rec. disp. (%)	Agricultura		Indústria		Municípios	
				(km^3 /ano)	(%)	(km^3 /ano)	(%)	(km^3 /ano)	(%)
Planeta	43022	3856	9,0	2710	70	723	19	429	11
África	3931	215	5,5	184	86	9	4	21	10
Ásia	12413	2456	19,8	2012	82	227	9	217	9
Am.Latina	12380	165	1,3	112	68	21	13	32	19
Am.Norte	6077	602	9,9	258	43	256	43	88	15
Oceânia	892	27	2,9	19	73	3	10	5	17
Europa	6548	374	5,7	109	29	204	55	61	16
Portugal	38	8,5	22,3	6,1	71,8	1	11,7	1,4	16,5

Fontes: FAO (2010).

Apesar de, atualmente e à escala mundial, as utilizações municipais e industriais da água serem relativamente baixas quando comparadas com as agrícolas, esta afectação encobre, contudo, uma forte concorrência pelo uso da água (e da sua qualidade) nas zonas suburbanas de numerosas capitais e cidades secundárias dos países em desenvolvimento. A agricultura suburbana é um utente importante dos recursos hídricos locais, estando também associada à reutilização de águas residuais e à prevenção da degradação da qualidade da água potável fornecida aos perímetros urbanos.

Existe, atualmente, um paradoxo evidente. A população mundial está crescendo a um ritmo elevado (não será o caso da Europa), sendo necessário mais alimentos, mas, ao mesmo tempo, assiste-se a um êxodo rural intenso e, em simultâneo, a uma procura crescente da água para os usos domésticos e industriais (concorrentes da agricultura).

3. A ESCASSEZ MUNDIAL DE ÁGUA

À escala mundial, o uso da água aumentou a um ritmo duas vezes superior ao do crescimento da população durante o século passado (FAO, 2007a) e um número crescente de regiões está a alcançar o limite a partir do qual se deixará de prestar serviços hídricos fiáveis.

Considerando uma previsão da FAO para 2010 (FAO, 2007b), apresentam-se na Tabela 2 dois indicadores relacionados com a utilização de água: o índice de satisfação hídrica - que define o número de pessoas potencialmente servidas, anualmente, por hm^3 de água (potencial, escoamentos totais); o índice de stress hídrico - que é o rácio entre necessidades e disponibilidades hídricas renováveis. A nível global, apenas se usam 13% dos recursos hídricos potenciais (em 2003, usavam-se 9%, Tabela 1).

A Tabela 2 evidencia bem a escassez de água a que o Norte de África e Médio Oriente ficam sujeitos, com necessidades previstas de 133% das escorrências anuais, ou dito de outro modo, com apenas $495 m^3$ de água potencialmente disponível por pessoa (as Nações Unidas classifica um país com défice hídrico quando as disponibilidades são inferiores a $1000 m^3$ por pessoa x ano).

A população mundial está crescendo a ritmo elevado. De acordo com um relatório recente das Nações Unidas (UN, 2007), até 2050, a população mundial passará dos atuais 6,7 mil milhões para 9,2 mil milhões. Projeções realizadas pelas Nações Unidas (UNDP, 2006) concluem que, em 2025, 1,8 mil milhões de pessoas viverão em países com disponibilidades hídricas inferiores a 500 m³ per capita x ano, dois terços da população mundial poderá viver em situações de grande dificuldade (com 500 a 1000 m³ per capita por ano) e catorze novos países serão classificados como tendo défice hídrico (menos de 1000 m³ por pessoa por ano). Esta situação poderá ainda agravar-se pela procura de maiores quantidades de água e de melhor qualidade em zonas urbanas com grande ritmo de crescimento. Por outro lado, os serviços ambientais e os ecossistemas já deixaram de ser tratados como exclusivamente receptores de recursos hídricos residuais, passando a receber recursos específicos.

As sociedades podem fazer frente à escassez de água atuando do lado da oferta e/ou do lado da procura: atuando no lado da oferta, desenvolvendo, por exemplo, capacidades para incrementar a oferta através de vias negociais, recorrendo a políticas de gestão do armazenamento e a “transvases” entre bacias hidrográficas; atuando no lado da procura, introduzindo inovações técnicas e incentivos económicos. Contudo, as opções de gestão da oferta vão-se reduzindo, pois as regiões de maior viabilidade económica estão já bastante exploradas, pelo que o preço marginal da oferta está aumentando.

Tabela 2. Indicadores de suprimento de água doce (previsões 2010)

Região	Índice de satisfação hídrica ⁽¹⁾	Stress hídrico ⁽¹⁾	Água potencial
	(Pessoas/hm ³ /ano)	(%)	(m ³ /(pessoa/ano))
Planeta	231	13	4329
Ásia	391	19	2557
América latina	67	4	14925
Norte África/ Médio Oriente	2020	133	495
África sub- sariana	213	3	4695
Países da ex URSS	161	20	6211
Europa (países da OCDE)	178	20	5618

Fonte: ⁽¹⁾ FAO (2007b).

A crescente escassez da água e o deficiente uso dos recursos hídricos disponíveis são as maiores ameaças ao desenvolvimento sustentável dos diferentes sectores, em particular do abastecimento público, da agricultura e da indústria.

Atualmente, na maioria dos países com secas frequentes, a questão nacional principal é a de evitar a falta de água e aumentar a sua produtividade. Aumentar a produtividade da água é uma condição central para a produção de alimentos, o combate à pobreza, a redução da competição pelo uso da água e a garantia de disponibilidades suficientes para os ecossistemas. Quanto mais se produzir com a mesma água, menores serão os investimentos a fazer no desenvolvimento de infraestruturas de armazenamento e transporte, menores serão os conflitos entre utilizadores, maior segurança alimentar existirá e maiores serão as disponibilidades hídricas para os outros sectores. Contudo, para atingir tais objectivos, serão necessários grandes progressos no uso dos recursos hídricos e na sua gestão e nas tecnologias associadas, nomeadamente na rega.

Com a competição crescente pelo uso da água, a sociedade passará a analisar com cuidado suplementar os novos investimentos no domínio hídrico, de forma a promover os projetos com maior rentabilidade. O acesso a este recurso natural escasso passará a ser cada vez mais negociado entre os utentes potenciais. A agricultura, como utilizador principal, encara um imenso desafio - produzir mais alimentos, de melhor qualidade e usando menos água por unidade produzida.

De modo a ter em conta a escassez crescente da água, várias estratégias deverão ser seguidas, nomeadamente:

- gerir com rigor a procura, preservar e aumentar as disponibilidades ou, melhor, gerir de forma integrada a procura e as disponibilidades hídricas;
- concretizar programas e estratégias de poupança de água em todas as atividades e, em particular, na agricultura (ver, por exemplo, o Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água em Portugal, INAG 2001a);
- aumentar a produtividade da água;
- reciclar e reutilizar a água.

4. ÁGUA E REGADIO

Para fazer face à procura crescente de alimentos e à evolução dos regimes alimentares, a FAO (FAO, 2007a) estima que, para os próximos 30 anos, nos países em vias de desenvolvimento a superfície de regadio tenha de aumentar 34% e que se verifique um acréscimo de 14% nas extrações de água para fins agrícolas.

O regadio mundial tem crescido de forma significativa nos últimos anos, tentando acompanhar a necessidade crescente de bens alimentares para uma população que não para de crescer. De acordo com FAO (2010), o regadio mundial ocupava uma área de: $167,9 \times 10^6$ ha (11,8% da superfície total cultivada), em 1970; $245,7 \times 10^6$ ha (16,2% da superfície total cultivada), em 1990; $300,9 \times 10^6$ ha (19,7% da superfície total cultivada), em 2009.

Para agravar a situação, pode assinalar-se que o aumento do consumo de água pelo regadio é mais do que proporcional ao aumento da área regada. De acordo com (WRI, 1996), enquanto que no século passado a área de regadio foi multiplicada por cinco, a utilização de água nesse regadio foi multiplicada por seis.

A agricultura de regadio a nível mundial já é responsável pela oferta de 40 % dos alimentos e ocupa quase 20% das superfícies cultivadas (FAO, 2007a), como se assinalou. Só entre 1965 e 1985, mais de 50% da oferta acrescida de alimentos foi garantida pelo regadio (WRI, 1996). Isto tem o seu preço. A agricultura usa mais de 70% dos volumes de água doce captados a nível mundial, conforme já assinalado, e, nos países em vias de desenvolvimento, o regadio é responsável pelo consumo de mais de 85 % da totalidade dos recursos hídricos captados, subindo acima de 95% em muitos deles (FAO, 2007a). Contudo, a eficiência do uso da água no sector não ultrapassa os 45% (relação entre os volumes de água distribuídos às culturas e os volumes de água captados no ciclo hidrológico) (Hamdy *et al.*, 2003).

Os grandes projetos de regadio contribuíram sempre, de forma importante, para a garantia da oferta de alimentos a uma população em rápido crescimento, assim como para a redução da pobreza, através da segurança alimentar, da protecção contra as inundações e secas e da criação de emprego. Em todas as situações, a agricultura de regadio passou a ser um importante motor do crescimento económico e da redução da pobreza.

Nas regiões áridas e semiáridas, em que a escassez de água é praticamente endémica, as águas subterrâneas têm desempenhado um papel fundamental na satisfação das necessidades domésticas e de rega. Têm-se usado massivamente as águas subterrâneas em muitas regiões do globo. Contudo, a sobreexploração e a falta de planificação, de enquadramento jurídico e de uma gestão eficaz põem em causa a sustentabilidade do uso intensivo destes recursos hídricos subterrâneos, o que irá agravar ainda mais a situação, já muito difícil, dessas regiões.

A maioria dos países do Próximo Oriente e da África do Norte possui um problema grave de escassez de água, o mesmo acontecendo também em países como o México, Paquistão e África do Sul e de extensas regiões da China e da Índia. A agricultura de regadio é o primeiro sector a sofrer os problemas dessa escassez, que se traduzem na diminuição da capacidade de produção de alimentos.

A escassez de água e a competição crescente entre sectores constituem ameaças importantes em matéria de segurança alimentar e de redução da pobreza. Nas regiões semi-áridas, há cada vez mais pessoas das zonas rurais a considerar que o direito de acesso à água para a produção de alimentos deva ser considerado em pé de igualdade com os direitos básicos de acesso à assistência sanitária e à educação.

Tendo em conta os valores apresentados na Tabela 1 e assumindo uma eficiência no uso da água pela agricultura de 50% (atualmente, estimada em menos de 45%), conclui-se que um aumento de 10% nessa eficiência determina um acréscimo de 25% nas disponibilidades hídricas para os outros sectores ou para o aumento das áreas regadas que vai ser exigido pelo aumento populacional. Tendo ainda em conta os valores apresentados na Tabela 1 e sabendo que até 2050 a população mundial deverá aumentar em cerca de 2 mil milhões de pessoas (UN, 2007), se se continuar a considerar ainda uma eficiência de 50% para o uso da água na agricultura, a exigência de água pela agricultura passará de 2710 km^3 (em 2003) para 4042 km^3 em 2050.

Pelo peso que a agricultura de regadio tem no uso da água, fácil é concluir que deverá ser sobretudo neste sector que as medidas para aumentar a sustentabilidade do uso da água deverão ser aplicadas prioritariamente.

5. USO SUSTENTADO DA ÁGUA EM REGADIO

A perspectiva de alimentar cada vez mais pessoas, o que deverá ser feito sobretudo com recurso ao regadio, e a necessidade de libertar recursos hídricos da agricultura para os outros sectores tornam difícil a resolução do problema da escassez da água. Não existe solução única para o uso sustentado da água pelo regadio. Contudo, várias medidas poderão minimizar o problema, nomeadamente as que se apresentam de seguida.

i) Políticas nacionais

Conforme assinalado, a agricultura é o maior responsável pela captação de água doce no ciclo hidrológico, muitas vezes, de forma pouco responsável. A agricultura será sempre o maior utilizador de água e, consequentemente, qualquer melhoria de eficiência na sua utilização no sector terá impactos diretos importantes na disponibilidade de água a nível local e regional. O desvio de água da agricultura para outros fins – abastecimento público, reservas ambientais, produção de energia – já começou, mas há ainda margem para otimizar estas novas afectações em termos económicos e ambientais e as políticas agrícolas e hídricas devem saber responder a estes desafios. Neste sentido, os organismos que se ocupam da agricultura devem preparar-se para saber negociar a reafectação dos recursos hídricos a nível global (a nível nacional, nomeadamente nos Conselhos de Bacia hidrográfica), o que exigirá, nomeadamente:

- a produção e disponibilização de informação clara e rigorosa sobre a utilização da água no sector;
- o compromisso formal de colaboração com os principais atores do meio hídrico, incluindo os organismos que se ocupam do meio ambiente;
- a definição de métodos robustos e transparentes para a negociação sobre usos concorrentes e muitas vezes antagónicos (por exemplo, defesa contra cheias *versus* rega ou produção eléctrica, produção eléctrica *versus* rega, etc).

Há pressões no sentido de se passar a considerar cada vez mais o regadio como um serviço que se está a prestar à agricultura e não como um fim em si mesmo. Isto determinará uma mudança de paradigma e o regadio deverá ficar cada vez mais dependente da procura. Porém, avaliação das grandes obras de rega já não se limita apenas à análise de indicadores relacionados com as culturas beneficiadas. Atualmente, é já pacífico reconhecer que a gestão da água em regadio deverá cumprir objectivos múltiplos e que proporciona uma vasta gama de benefícios para os agricultores e para as comunidades locais, incluindo a recarga de aquíferos para a produção de água potável e a definição de cinturas de proteção aos mesmos. O regadio complementa os sistemas naturais no ciclo anual da água, prestando um valioso serviço à sociedade, também por esta via, que esta deve saber valorizar.

Como exemplos de políticas nacionais, pode citar-se o que atualmente se passa em Portugal. Está aprovada e em início de aplicação a Taxa de Recursos Hídricos (TRH) (Decreto-Lei nº97/2008 de 11 de Junho). A Lei da Água, Lei nº58/2005, de 29 de Dezembro, transpõe a Diretiva nº2000/60/CE, do Parlamento e do Conselho Europeus, de 23 de Outubro, para o direito interno português, revendo assim o regime legal nacional de gestão da água. Entre os princípios que passam a nortear a gestão dos recursos hídricos contam-se: o *princípio do valor social da água*, pelo qual se reconhece que ela constitui um bem de consumo ao qual todos devem ter acesso para satisfação das suas necessidades elementares; o *princípio da dimensão ambiental da água*, pelo qual se reconhece que esta constitui um ativo ambiental que exige proteção capaz de lhe garantir um aproveitamento sustentável; o *princípio do valor económico da água*, pelo qual se reconhece que a água, constituindo um recurso escasso, deve ter uma utilização eficiente, confrontando-se o utilizador da água com os benefícios, mas também com os custos que lhe são inerentes.

A revisão do regime português de gestão da água exigiu a publicação de vários diplomas em complemento à Lei da Água, como sucede com o regime da utilização e com o regime económico e financeiro dos recursos hídricos, que define a TRH que incide sobre os volumes de água captados, desviados, represados ou utilizados. Esta taxa aparece como mais um custo a ter em conta pelos diferentes utilizadores de recursos hídricos e, no caso do regadio, este novo custo, a somar a outros que têm em conta as necessidades de operação, manutenção e amortização dos sistemas de rega, vai incidir sobre os volumes de água represados, quase sempre. Isto é, as ineficiências ao nível do transporte e da distribuição vão ser pagas, constituindo uma pressão adicional para a modernização dos sistemas.

ii) Organização dos serviços e funcionamento dos sistemas de rega

O transporte e a distribuição de água deverão estar organizados de forma fiável. O regante deverá poder prever ou até definir o calendário e o volume de água das distribuições. Preferencialmente, os serviços deverão estar organizados e os sistemas preparados com soluções técnicas que tornem possível as maiores liberdades nas distribuições de água. Só assim, o agricultor poderá ajustar a frequência e os volumes de água de cada rega às necessidades variáveis das culturas ao longo do seu ciclo produtivo, definir as espécies a cultivar e escolher as melhores alturas de sementeira. Esta é a razão por que, sempre que possível, os agricultores dão preferência aos sistemas de rega individuais, em detrimento dos sistemas de rega colectivos.

Ao nível da organização dos serviços hídricos e do funcionamento dos sistemas de rega, podem ser tomadas, nomeadamente, as seguintes medidas:

- **Distribuição de água** - As necessidades de água podem variar ciclicamente ao longo de períodos de duração variável. Como ciclos de longa duração, podem citar-se os definidos pelo estado vegetativo das culturas e das condições climáticas. As condições climáticas também podem variar ainda em períodos muito curtos (meio dia, por exemplo). Estas necessidades a satisfazer podem ainda ter em conta razões sociológicas ou outras restrições (feriados, doença, morte, regas só durante os períodos diurnos, etc.). Todas estas variações dificultam a organização das distribuições de água, sobretudo nas redes em canal, em que a dinâmica dos escoamentos é bem mais complexa que a das redes em pressão (Rijo, 2010).

Distribuições de água pouco fiáveis, inflexíveis, e/ou aleatórias impedem a obtenção das melhores eficiências de aplicação na parcela de rega. Por exemplo, o uso das modernas técnicas de rega é drasticamente inibido nos projetos baseados numa distribuição de água por rotação.

A literatura especializada refere diferentes métodos de distribuição de água (Clemmens, 1987), que se diferenciam pela maior ou menor liberdade oferecida aos regantes na escolha dos parâmetros característicos - caudal, duração e frequência da distribuição.

Os métodos de distribuição de água podem ser mais ou menos rígidos ou flexíveis.

O método mais inflexível, mas também o mais carismático, é a rotação. O caudal, a frequência e a duração das distribuições são fixados para toda a campanha de rega de forma centralizada. É o método mais difundido a nível mundial, sobretudo nos países em vias de desenvolvimento, onde os conhecimentos dos regantes sobre rega são reduzidos.

A rotação é caracterizada pela rotação de um caudal constante (módulo de rega) por todos os regantes que se abastecem a partir de um ponto de derivação. A duração de cada distribuição é proporcional à área da parcela a regar.

A rotação permite grandes economias no dimensionamento dos sistemas de adução, mas exige muita mão-de-obra na operação dos mesmos. Encoraja o regante a trabalhar com eficiências reduzidas no uso da água, da mão-de-obra e da energia. Agrava, habitualmente, os problemas de drenagem nas parcelas de rega, uma vez que, sendo o módulo definido para o período de ponta de rega, tenderá a haver distribuições excessivas fora desse período. Pode condicionar a diversidade cultural.

A distribuição a pedido é o método mais flexível. Em sentido restrito, significa que não existe nenhuma imposição em termos de caudal, de frequência ou de duração das distribuições, nem nenhum controlo pela autoridade central. Nesta pureza, é um método que praticamente não existe. O pedido com caudal limitado, em que o caudal é limitado superiormente pelo tipo de tomada de água instalada e que até esse limite pode ser ajustado, é a variante mais usual, existindo outras.

A distribuição de água a pedido está associada a sistemas de adução e de aplicação (rega) tecnologicamente avançados. A intervenção humana nas respectivas operações é mínima, tendo os sistemas muitas funções automatizadas. As eficiências de tais sistemas são, por regra, as mais altas.

A grande vantagem da distribuição a pedido é que permite o uso da água com a maior oportunidade. A água possui maior valor porque é fornecida sempre que o utente a solicita e não apenas quando ela está disponível, como acontece nos outros métodos. As principais desvantagens são o preço mais alto que lhe está associado e a exigência de alta tecnologia na construção e manutenção dos sistemas. É um método adequado para os países mais desenvolvidos.

Como solução intermédia, pode adoptar-se um método de um conjunto que se pode designar por distribuição de água por acordo prévio (Rijo, 2010). O caudal, a frequência e a duração das distribuições são acordados entre o utente e o responsável. A grande vantagem do acordo prévio é que, por um lado, permite alguma flexibilidade na organização das distribuições e, por outro, quase que simplifica tanto o

trabalho de gestão do sistema como a distribuição a pedido. O acordo pode ser estabelecido com vários ou apenas um dia de antecedência.

- **Sistemas de aviso de rega** - A resposta às questões importantes de “quando” e “quanto” regar pode ser otimizada de modo central ao nível de todo o perímetro de rega ou de vários blocos de rega. Esta possibilidade pode ser obtida com recurso a estações meteorológicas que deverão ser colocadas nas zonas representativas das áreas a regar para recolha de informação climática relevante e seu processamento para cálculo das evapotranspirações potencial e culturais.
- **Sistema tarifário** - A melhoria da gestão da água ao nível da exploração requer, habitualmente, o uso integrado de práticas de conservação de água e de incentivos económicos que possam influenciar o uso deste recurso.

O pagamento da água em função do volume usado, o que não é prática corrente a nível mundial nem também em Portugal, pode ser um contributo importante para a economia de água no regadio, penalizando os agricultores menos eficientes e incentivando a poupança.

A tarificação por volume de água consumido, ao contrário da faturação fixa (em função da área e do tipo de cultura) diminui os desperdícios e pode incentivar o agricultor a adoptar métodos de rega mais eficientes.

A tarificação escalonada (com um primeiro escalão de acordo com as necessidades reais das culturas) pode dar uma indicação sobre os volumes considerados como adequados às culturas e penalizar os usos excedentários e improdutivos (INAG, 2001b).

A título de exemplo, pode assinalar-se que a aplicação da TRH em Portugal começou pelos Aproveitamentos Hidroagrícolas (construídos e pagos pelo Estado e, posteriormente, entregues à Associação de Beneficiários, que têm de fazer face às despesas de manutenção, operação e modernização e, eventualmente, da amortização do capital investido). A sua aplicação poderia ser um motor de modernização dos sistemas e da melhoria da eficiência do uso da água. Contudo, tal não é o caso, porque as Associações de Beneficiários, pagando a água em volume captado no ciclo hidrológico, fazem incidir esse custo nos agricultores sem alteração do tipo de taxas em uso, isto é, aumentando as taxas de área regada, taxas de cultura eventualmente usadas, sem definir o preço da TRH diretamente proporcional ao volume de água efetivamente usado, como seria desejável.

iii) Operação de reservatórios de abastecimento do sistema de adução

Na grande maioria das situações, nos regados colectivos ou privados, o fornecimento de água é feito a partir de reservatórios instalados na parte de montante do vale que se pretende regar e até dominar por gravidade. Estes reservatórios, quase sempre associados a barragens (barragens de armazenamento), são construídos para armazenar os volumes de água necessários às diversas utilizações nos períodos de forte precipitação/escoamento, para fazer face aos períodos de carência hídrica. Estes períodos podem ser sazonais, anuais ou até plurianuais. Nas latitudes de Portugal e regra geral, as pequenas barragens armazenam os volumes de água necessários no Inverno para fazer face à carência hídrica do período estival.

Quando o objectivo principal das barragens de armazenamento é a rega, em Portugal, a gestão do reservatório que alimenta o sistema de adução para rega é atribuída, por lei, à Associação de Beneficiários e Regantes, legalmente constituída para o efeito.

As modernas metodologias de gestão de reservatórios utilizam base de dados com informação distribuída espacialmente sobre culturas, áreas regadas, consumos históricos, informação meteorológica histórica e atual e modelos de estimação das necessidades e consumos de rega, podendo ser integradas em sistemas de informação geográfica. Estas metodologias podem ser aplicadas na:

- gestão estratégica das disponibilidades hídricas, através de uma programação da satisfação da procura dos diversos utilizadores - com usos, muitas vezes, antagónicos – atendendo às prioridades de utilização regulamentadas por lei; são metodologias a adoptar na afectação dos volumes de água disponíveis antes do início da campanha de rega, sendo possível uma programação da área e das culturas a instalar, em função das disponibilidades hídricas a afectar à rega;
- gestão operacional da admissão de água ao sistema de adução para rega, permitindo ajustar os hidrogramas de fornecimento aos hidrogramas da procura definidos ao longo do período de rega; a elaboração de hidrogramas para diferentes blocos de rega associada aos tempos de transporte na rede permite ajustar os hidrogramas de fornecimento e procura, diminuindo as perdas de água; a definição e instalação manual dos hidrogramas de fornecimento à cabeça de cada um dos distribuidores da rede de

adução é uma tarefa muito exigente e complexa, que pode ser facilitada pela instalação de sistemas SCADA (a apresentar) ou pela instalação de sistemas de controlo automático nos canais (os sistemas de adução são, quase sempre, em canal) que optimizem de forma continuada em tempo real os caudais à cabeça dos canais (Rijo, 2008).

iv) Sistemas de adução

Na maioria dos países, os sistemas de rega são cada vez mais sistemas em grande escala financiados e, muitas vezes, explorados pelo sector público. Muitas vezes, estas grandes obras de rega, que incluem o armazenamento, o transporte e a distribuição de água, tiveram na sua origem uma função social importante de fixação de pessoas, de garantia de emprego e de combate à pobreza (o caso da maioria dos Aproveitamentos Hidroagrícolas em Portugal), tendo sido realizadas em situações em que não havia problemas de disponibilidade de água ou em que não se punha a necessidade da sua viabilização económica. Por isso, são habitualmente muito perdulários no uso da água, muito exigentes em mão de obra na sua operação e gestão e pouco eficientes no uso da energia, realidade que penaliza, atualmente, os regantes, num cenário em que a sociedade lhes exige rentabilidade e eficácia. As circunstâncias mudaram. As pressões para modernizar estes sistemas e as instituições correspondentes são cada vez maiores, decorrentes da competição crescente pelo uso do recurso finito que é a água.

Os grandes sistemas de transporte e distribuição de água bruta (não tratada) são, por razões técnicas e económicas, quase sempre, em canal (Rijo, 2010). As eficiências do uso da água nestes sistemas são habitualmente muito baixas.

Nos canais de adução (transporte e distribuição de água), os escoamentos estão parcialmente em contacto com a atmosfera, podendo ocorrer perdas de água:

- por evaporação, de difícil e dispendiosa redução;
- por infiltração, a principal causa nos canais em terra e que podem ser reduzidas significativamente revestindo e impermeabilizando os canais;
- na operação e controlo dos canais, como resultado do funcionamento desajustado do sistema face à procura.

O desenvolvimento de sistemas de controlo bem ajustados e calibrados é a questão chave na operação dos canais quando se visa a economia da água e o abastecimento suficiente e fiável aos diferentes utentes (Rijo, 2010).

Em 1997, o CEMAGREF (*Centre National du Machinisme Agricole du Génie Rural des Eaux et des Forêts* - França), num estudo sobre 181 sistemas de canais de rega do Sul de França, concluiu que a eficiência de transporte e de distribuição da água era fortemente dependente do modo de controlo/operação adoptado (CEM, 1997), tendo obtido os valores que se seguem para essa eficiência (rácio entre os volumes entregues à cabeça das parcelas de rega – tomadas de água - e os volumes introduzidos na admissão):

- entre 30 a 40%, para os canais controlados/operados manualmente;
- entre 40 a 60%, para os canais controlados/operados de modo semiautomático;
- entre 60 a 80%, para os canais totalmente automatizados.

Ao nível da operação, controlo e modernização dos sistemas de adução em canal, poderão ser tomadas, nomeadamente, as medidas que se seguem.

- **Controlo de canais** - A gestão e operação dos sistemas de adução de água em canal condicionam, só por si, a qualidade do serviço prestado aos utentes, a eficiência no uso da água e os impactos da rega ao nível da parcela e da bacia hidrográfica. Estas operações exigem, habitualmente, a mobilização de elevados recursos – humanos, transporte, *hardware* e *software*. Estes recursos têm de ser mobilizados de modo eficaz, de forma a responder adequadamente às perturbações (caudais e/ou alturas de água) previsíveis e aleatórias do sistema hidráulico.

Diferentes restrições técnicas (complexidade na operação dos equipamentos, tempos de resposta e temporizações necessárias, não linearidades) e de funcionamento (riscos de galgamento, estabilidade das bermas) tornam difícil a gestão habitual destes sistemas hidráulicos. Os canais tradicionais operados manualmente têm, em regra, uma qualidade de serviço medíocre, como já se assinalou. Esta má qualidade reflete-se, nomeadamente, nas más produções das culturas e nas baixas eficiências de

transporte/distribuição da água, que podem chegar a 30%. Um estudo do Ministério do Interior Americano, realizado em 60 perímetros de rega nos EUA, refere que a eficiência média obtida foi de 44% (ASCE, 1993). Rijo e Almeida (1993) apuraram um valor de 40% num perímetro de rega português. Estes dois exemplos confirmam os valores obtidos por CEM (1997).

Por outro lado, as condições de funcionamento geram, muitas vezes, situações de conflito, grande rigidez na distribuição de água e desigualdade nas distribuições entre os utentes situados a montante e a jusante.

Nos últimos anos, tem-se assistido a avanços espetaculares ao nível dos equipamentos (*hardware*) e das soluções numéricas (*software*) na área da operação e controlo de canais, mas a sua aplicação aos protótipos tem sido lenta. Várias razões se podem apontar para a fraca integração dessas modernas tecnologias, nomeadamente, os elevados custos de investimento (em volume, porque em percentagem do investimento total na construção é um valor insignificante, Rijo *et al.*, 2001), a falta de preparação técnica para a sua operação e manutenção e a desconfiança ainda reinante nos atuais gestores relativamente às novas tecnologias.

Mais de 90 % dos canais de rega a nível mundial estão equipados com o controlo local por montante (Rijo, 2010). Com este controlo, os controladores (comportas manuais ou acionadas por dispositivos hidromecânicos, ou por autómatos analógicos ou digitais e/ou descarregadores, Rijo, 2010) garantem a conservação das alturas de água imediatamente a montante, independentemente dos caudais em circulação (Figura 1a, b, c).

O controlo local por montante permite o dimensionamento otimizado dos canais (secção transversal constante ao longo do percurso e com uma altura que, para além da folga usual, corresponde à altura uniforme para o caudal de projeto, $Q=Q_{max}$, Figura 1). Este controlo permite obter também grandes economias nos equipamentos, que podem ser muito simples.

O controlo por montante é, contudo, exigente em mão-de-obra na operação e gestão dos canais, sendo também muito pouco eficiente no uso da água. A economia da água obriga a associação deste controlo a métodos rígidos de distribuição, nomeadamente a rotação (Rijo, 2010).

É muito difícil, política e socialmente, colocar em prática os métodos rígidos de distribuição de água exigidos pelo controlo local por montante. Tal obriga, nomeadamente, à rega nos períodos noturnos, nos feriados e nos fins-de-semana, não permitindo alterações aos horários de distribuição estabelecidos unilateralmente pelo responsável. Por isso, por exemplo em Portugal, tais métodos de distribuição de água nunca foram postos em prática, apesar de os canais terem sido projetados e construídos para funcionarem associados a esses métodos.

Os controladores de alturas de água tradicionais (descarregadores e comportas manuais ou automáticas com recurso a dispositivos hidromecânicos) podem ser substituídos, com vantagem, por controladores numéricos. Os controladores PID (P - Proporcional; I - Integral; D - Derivativo) são os controladores digitais mais usuais em processos industriais e a sua filosofia tem vindo progressivamente a ser integrada no controlo de canais (Rijo, 2010).

O controlo digital local por montante (Figura 1c) pode ser aplicado, por exemplo, a comportas manuais instaladas nos descarregadores bico de pato, noutras comportas manuais que exerçam a função de controlo de alturas de água e, se bem que as vantagens não sejam tão evidentes, na substituição das comportas AMIL (Rijo, 2010) por comportas planas verticais operadas por estes controladores. Estes controladores são implementados usando PLC (*Programmable Logic Computers*) e comandam o funcionamento das comportas através dos respectivos actuadores/motores; podem tornar mais preciso o controlo das alturas de água, mas não alteram a lógica de controlo, continuando-se com as vantagens e os inconvenientes gerais associados ao controlo local por montante.

A via “natural” de modernização do controlo local por montante é a sua evolução para o controlo por jusante à distância (Figura 1d); este é obrigatoriamente do tipo digital, recebendo cada PLC a informação do sensor que lhe está associado através de um cabo de comunicação. O canal e a maioria dos equipamentos poderão permanecer, eventualmente com adaptações, a dinâmica do escoamento no trecho de canal continua a ser a mesma, pelo que não se torna necessário alterar as suas características físicas. É apenas alterada a lógica de funcionamento das comportas (Figura 1d).

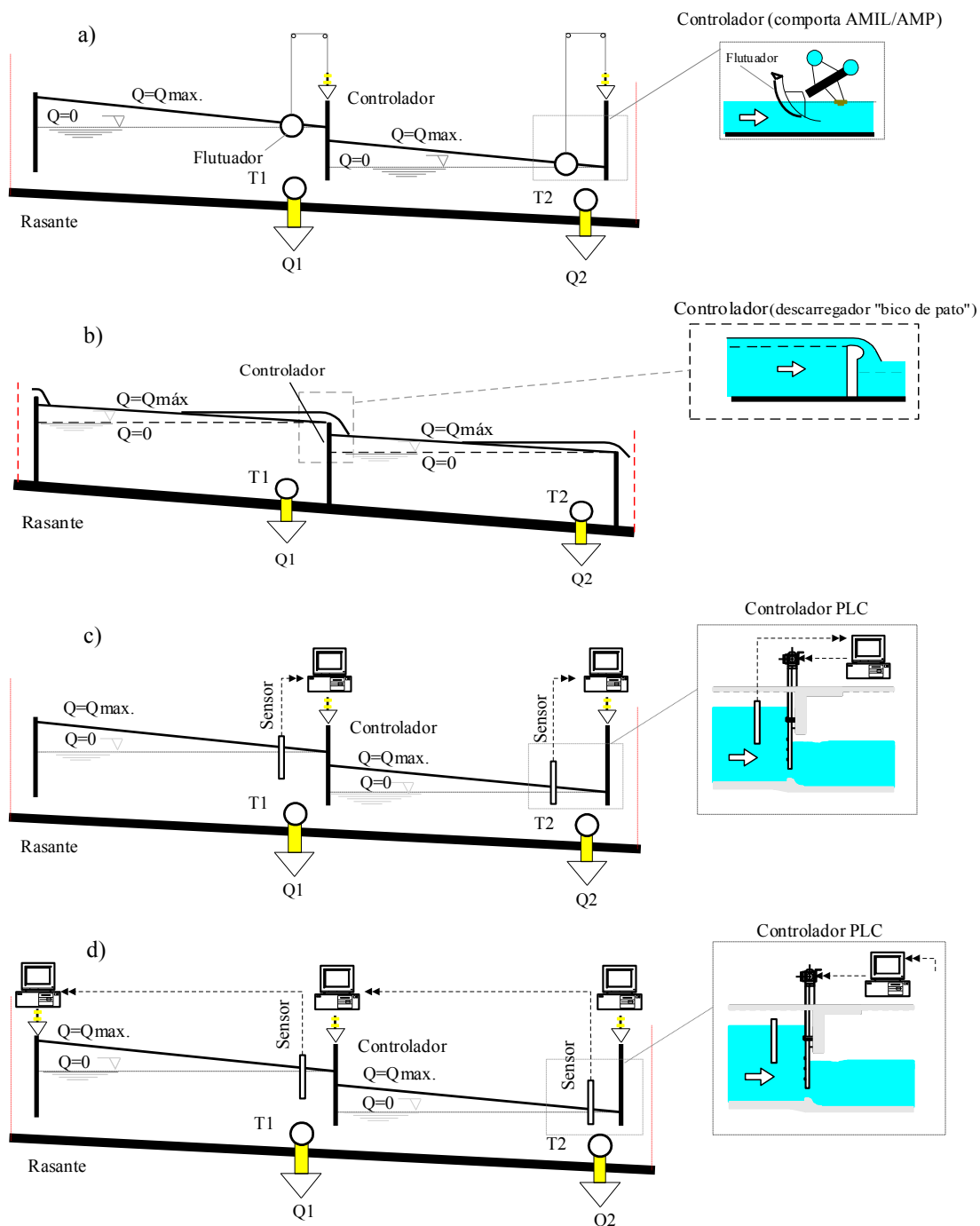


Figura 1. Controle local por montante e controle por jusante à distância (Rijo, 2008).

Para além das assinaladas, o controle por jusante à distância apresenta ainda as seguintes vantagens relativas:

- resposta imediata do trecho de canal à variação da procura a jusante – a comporta a montante do trecho é instantaneamente manobrada para responder à variação da altura de água de jusante do trecho (Figura 1d);
- a manobra antecipada da comporta de montante do trecho vai permitir uma maior flexibilidade nas distribuições de água;
- funcionamento automático de todo o canal – a admissão ao canal possui também o mesmo tipo de controlador; assim, não é necessário haver nenhum outro controlo na admissão para os caudais, ao contrário do que acontece com o controlo local por montante, que aí exige um controlo manual complementar para os caudais;
- melhor qualidade de resposta do canal - o controlo manual dos caudais na admissão exige grande experiência do responsável (gestão muito personalizada), obtendo-se, mesmo assim, uma baixa

qualidade (elevadas perdas de água e/ou ocorrências de muitas situações com caudais insuficientes), sobretudo quando o sistema é extenso e tem muitas tomadas de água; no controlo por jusante à distância, os caudais admitidos são otimizados (*output* do controlador), independentemente de haver poucas ou muitas variações de caudal, do seu sinal e da localização das tomadas de água.

- **Sistemas SCADA** – SCADA é o acrónimo de “**S**upervisory **C**ontrol **A**nd **D**ata **A**cquisition”. Isto é, os sistemas SCADA são sistemas de monitorização e telecomando (controlo manual à distância).

Os sistemas SCADA existem há algumas décadas. Contudo, a grande maioria das aplicações a canais de rega foram concretizadas nos últimos 15 anos. Só na parte oeste dos EUA, instalaram-se, entre 1995 e 2005, cerca de 150 sistemas SCADA em canais de rega (Burt, 2005). O desenvolvimento recente destas aplicações tem dado origem a realizações frequentes de conferências científicas internacionais sobre o tema, na sua maioria organizadas pela “US Committee on Irrigation and Drainage”, que têm juntado investigadores, gestores de perímetros de rega e especialistas de sistemas SCADA.

Há três funções independentes que podem ser usadas, de forma isolada ou em simultâneo, na modernização dos canais tradicionais ou no projeto de novos canais: monitorização, telecomando e controlo automático.

A monitorização permite, através de uma rede de sensores, visualizar à distância o estado real do sistema hidráulico (posição de cada órgão – válvulas e comportas – alturas de água nas secções mais importantes). Esta visualização é feita no computador central usando um *software* do tipo SCADA que, em tempo real, fornece imagens do estado do sistema e faz a representação numérica de todas as variáveis observadas pelos sensores.

O SCADA pode ter associada uma função de telecomando. Esta função permite o ajustamento dos órgãos hidráulicos em manual mas de forma centralizada, em que o responsável toma a decisão, eventualmente em função dos valores que está a observar na aplicação SCADA, e executa a ordem ainda via SCADA.

A terceira função é o controlo automático. Para a sua realização, há também um *software* que corre interligado com o SCADA ou de forma independente, num autómato (PLC) central ou em cada um dos diferentes PLC colocados ao longo do(s) canal(is) e que, em função de parâmetros de entrada (valores de sensores), determina o ajustamento a fazer nas comportas para que as alturas de água controladas convirjam para o respectivo valor de referência. Esta automação pode exigir ou não a aplicação de sistemas SCADA, não se considerando, contudo, uma componente dos mesmos. É o caso dos dois controladores numéricos independentes de alturas de água considerados no ponto anterior.

Nos últimos anos, os perímetros de rega começaram a investir nos sistemas SCADA pelas razões seguintes (Rijo, 2008):

- a) tirar partido de uma ferramenta que, em tempo real, disponibiliza a informação necessária à tomada de decisão, permitindo
 - i) reduzir os caudais admitidos ao sistema hidráulico;
 - ii) prestar melhor qualidade de serviço nas distribuições de água;
 - iii) reduzir os custos de bombagem;
 - iv) acabar com o “segredo” da gestão e operação, facilitando a formação de novos responsáveis e a definição de orientações claras para os operadores dos canais e/ou distribuidores;
 - b) acontece, muitas vezes, que é necessário colocar controlo automático que requer a instalação de PLC em locais afastados; como é da natureza dos computadores, da electrónica, dos sensores e do *software* terem problemas ocasionais, é prudente poder monitorizá-los à distância;
 - c) os canais têm, habitualmente, locais onde, historicamente, as alturas de água e/os caudais atingem valores demasiado altos ou demasiado baixos, locais esses que são conhecidos dos responsáveis; o SCADA permite monitorizar, em tempo real, esses locais, eliminando perdas de tempo e de recursos com deslocações.
- **Reservatórios de compensação e controlo** - Na modernização dos canais tradicionais, querendo instalar-se uma distribuição de água a pedido, todos os canais deverão ser redimensionados, passando a sua capacidade de transporte a ser definida pelo modelo de Clément (Rijo, 2008). Em alternativa, é necessário instalar reservatórios que compensem a diferença entre os caudais para uma distribuição de

água a pedido e para uma distribuição por rotação (Rijo, 2010). Estes reservatórios deverão ficar o mais perto possível das parcelas a regar, respondendo, por isso, também às exigências do controlo.

Mesmo que um determinado trecho de canal tenha capacidade de transporte suficiente para a instalação de uma distribuição de água a pedido, o controlo pode falhar por falta de água suficiente no trecho de canal. Conforme já assinalado, o controlo por jusante à distância exige que, enquanto não chegue a variação de caudal de montante, seja o trecho de canal a alimentar os acréscimos de caudal solicitados nesse trecho ou a jusante. O reservatório pode ter a função de redução dos tempos de resposta do canal exigidos pelo controlo instalado (ou até da sua completa anulação), conservando-se os volumes de água nos trechos e, ao mesmo tempo, encaixando os caudais que se perderiam para jusante aquando do fecho das tomadas.

Em resumo, quando adequadamente dimensionados, os reservatórios instalados para receber/fornecer água aos canais perto das zonas a regar poderão ter a dupla função de compensação e de controlo.

Podem ser definidas algumas regras práticas para o dimensionamento e localização destes reservatórios (Rijo, 2008):

- a) a capacidade do reservatório deverá ser suficiente para fazer face às variações de caudal de meio dia a dois dias;
 - b) no caso de águas muito carregadas com sedimentos, deve instalar-se o reservatório fora do canal; deste modo, só uma pequena percentagem de caudal passará no reservatório (as flutuações); se o reservatório recebesse todos os caudais do canal de montante rapidamente se assorearia, uma vez que as velocidades do escoamento se reduziriam significativamente;
 - c) de modo a evitar as flutuações excessivas da superfície livre no canal, devem instalar-se imediatamente antes da entrada e depois da saída do reservatório, estruturas de controlo de alturas de água; as flutuações ficarão confinadas ao pequeno trecho de canal entre essas duas estruturas;
 - d) como alternativa à solução do ponto anterior, o reservatório poderá ficar diretamente ligado a um trecho de canal com boca de nível, em que as cotas da superfície livre serão as mesmas do reservatório; nessa circunstância, o tipo de tomadas de água a instalar neste trecho deverá ser pouco “sensível” às variações da superfície livre;
 - e) as alturas de água no reservatório deverão ser sempre superiores a 30-50 cm, de modo a reduzir a penetração dos raios solares, dificultando-se o desenvolvimento de plantas aquáticas;
 - f) nos sistema mistos de canais, isto é, com uma parte equipada com o controlo local por montante e outra com o controlo por jusante (local ou distante), por norma:
 - i) o controlo por jusante deverá ser instalado na parte de montante do sistema, sob pena de o controlo por jusante “falhar” por insuficiência de caudais;
 - ii) quando o controlo por montante aparece na parte de montante do sistema, torna-se obrigatório instalar reservatórios entre os dois sub-sistemas, de modo a haver garantia de caudais suficientes para jusante;
 - g) no caso de se instalar um controlador de caudais ocupando toda a secção transversal de um canal com controlo por montante, dando, deste modo, origem a um novo canal (o controlo manual dos caudais à cabeça caracteriza um canal com controlo por montante), a instalação de um reservatório poderá ser vantajosa, armazenando os caudais em excesso que chegam de montante.
- **Impermeabilização de canais** – Existem ainda muitos canais de rega em terra, sobretudo nos países em vias de desenvolvimento. Nos países mais evoluídos, os sistema de adução para rega (canais primários e secundários) são, praticamente sempre, revestidos a betão.

Nos canais de terra, as perdas de água são elevadas, podendo atingir 30 a 50% dos caudais transportados (Rijo, 2010). Estas perdas dependem, nomeadamente, das características dos terrenos, das alturas de água nos canais, das profundidade dos níveis freáticos, dos sedimentos transportados pela água e da velocidade do escoamento. Por exemplo, os solos constituídos por fracções importantes de areias ou a partir de rochas fissuradas (arenitos e calcários, por exemplo) são muito permeáveis. As perdas de água por dia e por metro quadrado de superfície de canal podem atingir $0,09 m^3$ nas argilas, $0,18 m^3$ nos solos argilo-limosos e $0,50 m^3$ nas areias (Rijo, 2010).

Rijo e Almeida (1993) procederam a um trabalho considerável de avaliação das perdas de água em canais de rega. Para isso, fizeram medições durante duas campanhas inteiras de rega nos canais do Aproveitamento Hidroagrícola do Vale do Sorraia (bacia hidrográfica do Rio Tejo, Portugal), postos ao

serviço em 1959 e que, para além de intervenções pontuais de recuperação ou substituição, mantém ainda as placas de revestimento de betão originais. Estes autores apuraram uma eficiência média de apenas 40% para o conjunto dos canais primários e secundários, tendo-lhes sido possível desagregar os 60 % de perdas de água em duas parcelas: 10% para perdas por repassos através do betão, fissuração, juntas de dilatação e outras perdas não controláveis (por exemplo, usos não autorizados de água); 50 % para as perdas da gestão operacional e/ou do controlo, isto é, descargas para o sistema de drenagem nos terminais dos canais, descargas de fundo e órgãos de segurança de superfície (sifões de ferra automática e descarregadores) e originadas pelos desajustamentos entre os hidrogramas de procura e os de fornecimento.

O revestimento dos canais em terra origina, por norma, uma forte redução das perdas de água. A impermeabilização destes canais pode permitir o aumento das áreas a regar ou a utilização da água para outros fins. Nos regadios tradicionais ou nos mais antigos, a viabilidade económica da impermeabilização é, regra geral, muito baixa, dado que servem sobretudo explorações agrícolas de carácter familiar, que dificilmente poderão suportar os encargos das obras. Nos novos regadios colectivos, quase sempre de iniciativa estatal, a viabilidade económica da operação é bem superior, mas, na maioria das situações, estes canais já são revestidos, quase sempre, em betão.

Em Portugal, cerca de 70% dos canais de rega são revestidos a betão (INAG, 2001b). Estes canais começaram a ser construídos na década de 40 do século passado. Para os mais antigos, construídos a seguir à 2ª Grande Guerra, a escassez de cimento era considerável, tendo-se recorrido a argamassas pobres em cimento na sua construção. Estes canais apresentam agora grandes danificações no seu revestimento e a opção para a sua reabilitação tem sido o recurso aos geotêxtis e telas betuminosas coladas sobre as antigas placas de betão, em vez da recuperação destas. Este processo exige um investimento importante (por exemplo, de 13 €/m² de revestimento para as telas betuminosas, a preços em obra atuais), mas, mesmo assim, inferior ao de novas placas de betão.

Tendo em conta a experiência do autor do presente artigo, pensa-se que o recurso aos geotêxtis ou outras membranas para impermeabilizar canais já revestidos a betão só se justificará quando a estabilidade dos canais estiver posta em causa e nunca com o objectivo exclusivo de reduzir as perdas de água. De facto, para reduzir as perdas de água, a instalação de sistemas SCADA (a apresentar) tem um efeito multiplicador muito maior, para além de exigir investimentos financeiros bastante inferiores, devendo, por isso, ser a primeira prioridade para a redução das perdas de água. Tenha-se em conta que os sistemas SCADA permitem a intervenção direta na parcela dos 50% de perdas de água originadas pelas gestão operacional/controlo e a impermeabilização apenas permite reduzir as perdas que se estimaram em 10%. Isto é, os potenciais das duas medidas são muito distintos, devendo-se dar prioridade à instalação de sistemas SCADA, como acontece já nalguns países, nomeadamente nos EUA.

O Tabela 3 apresenta uma comparação qualitativa dos três métodos de distribuição de água mais característicos – rotação, acordo prévio e pedido. Na tabela, apresentam-se também, de forma qualitativa, as consequências da adopção de cada um dos métodos de distribuição de água sobre o sistema de adução - eficiência do uso da água, facilidade de operação, capacidade de transporte, sistema de controlo e preço.

Tabela 3. Comparação qualitativa de métodos de distribuição de água (Rijo, 2010).

Critério	Rotação	Acordo prévio	Pedido
Comodidade do utente	baixa	média	grande
Flexibilidade da distribuição	nenhuma	moderada	alta
Produção das culturas	baixa	média	alta
Eficiência no uso da água	baixa	média	alta
Facilidade de operação do sistema de adução	baixa	média	alta
Capacidade de transporte do sistema adução (% dos caudais das tomadas) (*)	40	60	80
Controlo do sistema de adução	simples	moderado	complexo
Preço do sistema de adução	baixo	médio	alto

(*) Ordem de grandeza (Buyalski *et al.*, 1991)

v) Gestão da água nas parcelas de rega

A gestão da aplicação da água nas parcelas de rega e a obtenção de uma maior produtividade global dependem da produtividade dos solos, da selecção de cultivares, da densidade de cultura, do maneio

de pragas e doenças e, posteriormente, do controlo pós-colheita até à saída da exploração agrícola. Esta sequência define a cadeia de valor acrescentado em que se pode avaliar a eficácia no uso da água. Em condições de disponibilidade limitada de água na exploração agrícola, a melhoria da sua gestão é um imperativo, passando a ser muito importantes os métodos de rega mais eficientes.

Ao nível da exploração agrícola podem ser tomadas, nomeadamente, as medidas que se seguem.

- **Projetos de rega** – os projetos deverão ser realizados por engenheiros especialistas, com adequação do método de rega às características das culturas, solos, topografia, manejo e eficiência no uso da água. Sendo os métodos de rega por gravidade os mais usados a nível mundial, é particularmente importante que, na fase de projeto, se tenham devidamente em conta os factores que afectam a sua eficiência no uso da água, nomeadamente, o tipo de solo, os caudais a usar, a forma, dimensionamento e o declive das parcelas a beneficiar.
- **Métodos de rega** – Os métodos de rega por gravidade (nomeadamente, por sulcos e canteiros de nível) são os mais usados a nível mundial. São pouco eficientes no uso da água, com valores abaixo dos 60%, podendo ou devendo, muitas vezes, ser substituídos por métodos de rega sob-pressão, que podem atingir eficiências de até 95%.
- **Organização da rega** – O ideal é regar de modo a apenas repor no solo, em tempo oportuno e na zona explorada pelas raízes, os consumos das plantas por evapotranspiração, sendo necessário conhecer as necessidades hídricas reais das culturas (evapotranspiração cultural). A dotação (volume de água), a duração de cada rega e a frequência de rega poderão ser ajustadas em função de medições diretas na parcela ou recorrendo a estimativas da evapotranspiração usando dados climáticos e parâmetros característicos das culturas instaladas.
- **Redução dos volumes de água a aplicar** – Em situações de oferta limitada de água, em vez de maximizar o rendimento das culturas por unidade de superfície, poderá maximizar-se o rendimento por unidade de volume de água ministrada, o que se pode conseguir baixando em cerca de 20 a 30% os volumes de água necessários para obter o rendimento máximo por unidade de superfície (FAO, 2007a).
- **Outras** – Poderão ser adoptadas ainda outras medidas, por exemplo: utilização de cortinas de vento ou sebes para minimizar o arrastamento da água dos aspersores quando se usa a aspersão, o que é sobretudo importante nas zonas ventosas; rega por aspersão durante o período noturno, período em que, geralmente, é menor a velocidade do vento.

vi) Uso de águas não convencionais

Muitos regadios dão origem a volumes de água de drenagem consideráveis e a sua utilização é cada vez mais importante em países com escassez. A FAO já definiu directivas para o uso destas águas em zonas áridas e semiáridas, que incluem a sua conservação ao nível da parcela, a sua reutilização na rega e a sua evacuação e tratamento.

O uso de águas de baixa qualidade, como por exemplo as águas residuais tratadas e águas salinas (subterrâneas e resultantes da drenagem), são também cada vez mais importantes em zonas de escassez e nas proximidades dos perímetros urbanos.

Estas águas não convencionais já constituem um recurso valioso para milhões de pequenos agricultores a nível mundial, pelo seu valor hídrico mas também pela sua riqueza em nutrientes, garantindo uma regularidade de abastecimento que permite resistir às secas.

Numa zona semiárida, uma cidade de um milhão de habitantes produz quantidades de água residual suficiente para regar entre 1500 a 3500 *ha* (FAO, 2007a).

6. CONCLUSÃO GERAL

A gestão da água na agricultura deverá centrar-se na eficiência do seu uso e no aumento da produtividade da água usada. Isto determina a necessidade de gerar eficiências através de uma melhor gestão da água na exploração agrícola, nos sistemas de armazenamento, transporte e de distribuição e através do ajustamento e redefinição das políticas nacionais sobre água e regadio, recorrendo, nomeadamente às medidas apresentadas.

Tendo em conta a capacidade da agricultura de regadio para satisfazer a procura crescente de alimentos e de bens industriais, a sociedade deve, contudo, examinar com muito cuidado o uso da água pela agricultura quando se fala de escassez desse recurso.

É muito pouco provável que o uso de água pela agricultura venha a diminuir, pois o regadio é, já hoje em dia, o primeiro responsável pela oferta crescente de bens alimentares. Porém, a sociedade vai exigir à agricultura que justifique, cada vez mais, os grandes volumes de água usados. A agricultura vai ter de se preparar para produzir mais alimentos com menos água, isto é, aumentar a produtividade da água usada.

BIBLIOGRAFIA

ASCE (1993) - Unsteady-flow modeling of irrigation canals. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering Systems* 119(4): 615-630.

Burt, C (2005) – Overview of Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA). In: “SCADA and Related Technologies for Irrigation District Modernization”, C. M. Burt & S.S. Anderson Eds., USCID, pp. 1-9.

Buyalski, CP *et al.* (1991) - *Canal Systems Automation Manual*. Vol. I, Bureau of Reclamation, U.S. Dep. Interior, Denver, E.U.A. Water Resources Technical Publications, U.S. Bureau of Reclamation, Denver.

CEM (1997) – *Régulation et gestion des canaux à surface libre. Inventaire des canaux d’irrigation à surface libre dans le sud de la France. Enquête et étude des pratiques de régulation et des performances des canaux à but agricole*. Rapport DERF, CEMAGREF, Ministère de l’Agriculture et de la Pêche, Paris.

Clemmens, AJ (1987) – Delivery System Schedules and Required Capacities. Zimbelman, DD (ed.), *Panning, Operation, Rehabilitation and Automation of Irrigation Water Delivery Systems*, American Society of Civil Engineers, New-York.

FAO (2007a) – Agriculture and Water Scarcity: a Programmatic Approach to water Use Efficiency and Agricultural Productivity. 20th Session, Committee on Agriculture, COAG/2007/7.

FAO (2007b) – The state of Food and Agriculture: paying farmers for environmental services. *FAO Agriculture Series n°38*.

FAO (2010) - AQUASTAT database (<http://www.fao.org/nr/aquastat>).

Hamdy, A *et al.* (2003) – Coping with scarcity: water saving and increasing water productivity. *Irrigation and Drainage*, 52 (3):3-20.

INAG (2001a) – *Plano Nacional da Água*. Instituto da Água, Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território, Lisboa

INAG (2001b) – *Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água. Versão preliminar*. Instituto da Água, Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território, Lisboa.

Raposo, JR (1996) - *A rega. Dos primitivos regadios às modernas técnicas de rega*. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian.

Rijo, M (2010) - *Canais de Adução. Projecto, Operação, Controlo e Modernização*. Lisboa, Edições Sílabo.

- Rijo, M (2008) – Modernização e controlo automático de sistemas de rega em canal. *Recursos Hídricos*, 29(1):87-100.
- Rijo, M e Almeida, AB (1993) - Performance of an automatic upstream controlled irrigation system: conveyance efficiencies. *Irrigation and Drainage Systems*, 7: 161-172.
- Rijo, M, Prado, M e Paulo, V (2001) – Control and Central Monitoring of a Large Scale Multipurpose Water Delivery System. A Case study. In: "Transbasin Water Transfers", J. Eds. Schaack & S.S. Anderson, USCID, pp. 427-441.
- UN (2007) – United Nations Press Release - POP/952. Department of Public Information, New York.
- UNDP (2006) – *Human Development Report 2006. Beyond scarcity: power, poverty and the global water crisis*. New York.
- WRI (1996) – *World Resources 1996: The Urban Environment*. Oxford University Press, New York.