

II Congresso Nacional de Rega e Drenagem, Fundão, Portugal

## MODERNIZAÇÃO DE CANAIS DE REGA

Rijo, M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Professor de Hidráulica, Universidade de Évora, Apartado 94, Departamento Engenharia Rural, 7002-554 Évora, [rijo@uevora.pt](mailto:rijo@uevora.pt)

### Resumo

O regadio está a ser pressionado, de forma crescente, para aumentar a eficiência no uso da água. Nos perímetros de rega, os sistemas primários e secundários são quase sempre constituídos por canais controlados por montante. Estes canais tradicionais têm uma gestão difícil e dão origem a elevadas perdas de água quando associados a métodos flexíveis de distribuição.

A via mais promissora e económica para a modernização destes canais é a passagem para o controlo automático numérico ou digital. Os controladores numéricos ou autómatos podem ser programados com o controlo local por montante, para ser accionado em períodos de escassez de água quando se exigem restrições à distribuição deste escasso recurso e, em simultâneo, com o controlo por jusante à distância, que mantém a hidrodinâmica dos canais mas garante o seu funcionamento totalmente automático, gerando economias de água significativas, mesmo em situações de flexibilidade na sua utilização.

Os sistemas SCADA podem complementar a acção do controlo automático. Contudo, atendendo à sua capacidade de visualizar em tempo real os sistemas controlados, são, só por si, ferramentas muito importantes de ajuda à gestão, permitindo melhorar a qualidade de serviço, economizar água, poupar mão-de-obra na operação dos canais e ganhar tempo e energia.

O artigo apresenta os tipos de controlo por montante tradicionais e os citados modernos digitais. Também apresenta e caracteriza os sistemas SCADA, assinalando as suas vantagens na aplicação a canais e a sua ligação com o controlo automático.

Palavras-chave: canais de rega, modernização e controlo, sistemas de supervisão e telecomando.

### Abstract

Irrigation is being pressed, in an increasing way, in order to improve the water use efficiency. In the irrigation districts, the main and secondary water delivery systems are usually open-channels systems, equipped with local upstream control. The water

management in these traditional canals is difficult, giving rise to many spills when associated with on-demand schedules.

The most promissory and economical way for the modernization of these canals is the digital automatic control. The controllers can be programmed with the local upstream control, activated in situations of scarcity of water when it is important to implement rigid water delivery rules, and, at the same time, programmed with the distant downstream control, that guarantees the same canal hydrodynamics, but also guarantees the total automation of the canal, with important water savings even with on-demand schedules.

SCADA systems can complement the automatic control action. However, considering its visualisation capacity in real time, these systems are always important water management tools, permitting to improve the quality of the water delivery, saving labour in canal operation, time and power.

The paper presents the traditional local upstream control methods and the considered automatic digital controllers. Also presents and characterizes the SCADA systems, emphasizing their advantages in the canal application and their connection with automatic control.

Key words: irrigation canals, control and modernization, supervisory and control systems

## **1. Introdução**

A Directiva Quadro da Água (CE, 2000), em vigor desde Dezembro de 2000, obriga os Estados-Membros a promover programas específicos de melhoria da eficiência do uso deste recurso.

A procura de água em Portugal está estimada em  $7,5 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/ano (INAG, 2001a). De acordo com INAG (2001b), em termos de procura por sectores, verifica-se que a agricultura é claramente o maior utilizador de água, com um volume total de cerca de  $6,55 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/ano (87% do total).

Nem toda esta água captada é efectivamente aproveitada. Em termos de oportunidade de poupança de água, verifica-se que à agricultura correspondem ineficiências totais de cerca de  $2,75 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/ano (42% do total usado).

O Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (INAG 2001a), decorrente da aplicação da Directiva Quadro da Água, define metas ambiciosas para o País atingir em 10 anos. Em termos de consumo agrícola, o objectivo é passar da actual eficiência de utilização de 58% para 66%.

Esta meta e as outras exigências definidas na Directiva Quadro da Água, assim como a competição crescente entre sectores, estão já a pressionar o regadio para aumentar a

produtividade da água. Num futuro próximo, a agricultura vai ter de competir em pé de igualdade pelo uso da água com os outros sectores de actividade.

Nos Aproveitamentos Hidroagrícolas, onde, na maioria das vezes, se paga a água em função da área regada e do tipo de cultura, o primeiro passo a dar será, talvez, a passagem para o pagamento em função do volume de água efectivamente entregue na tomada de água, o que, só por si, irá induzir grandes economias deste recurso estratégico. Os sistemas hidráulicos e de controlo terão de se adaptar para esta nova situação.

Nos Aproveitamentos Hidroagrícolas, a gestão e operação dos sistemas de transporte e distribuição de água condicionam, só por si, a qualidade de serviço a garantir aos utentes, a eficiência no uso da água e os impactos da rega ao nível da parcela e da bacia.

Diferentes restrições técnicas e de funcionamento tornam difícil a gestão tradicional destes sistemas em canal. Os canais tradicionais operados manualmente têm, em regra, uma qualidade de serviço medíocre. Esta má qualidade reflecte-se, nomeadamente, nas más produções unitárias das culturas regadas e nas baixas eficiências de transporte/distribuição (relação entre os volumes de água efectivamente distribuídos e os disponibilizados na admissão), que podem chegar a 30% (Rijo e Almeida, 1993).

Por outro lado, as condições de funcionamento geram, muitas vezes, situações de conflito, grande rigidez na distribuição de água (rotação, Rijo, 1997) e desigualdade das distribuições entre os utentes situados a montante e a jusante.

Nos últimos anos, tem-se assistido a avanços espectaculares ao nível dos equipamentos (“hardware”) e das soluções numéricas (“software”) na área da operação e controlo dos canais, mas a sua aplicação tem sido muito lenta. Várias razões se podem apontar para a fraca integração dessas modernas tecnologias, nomeadamente, os elevados custos de investimento<sup>2</sup>, a falta de preparação técnica para a sua operação e manutenção e a desconfiança relativamente às novas tecnologias ainda reinante nos actuais gestores.

O artigo apresenta os tipos tradicionais de controlo por montante e os modos de controlo digital que podem ser usados facilmente na modernização dos primeiros. Também apresenta e caracteriza os sistemas SCADA, assinalando as suas vantagens na aplicação a canais e a sua ligação com o controlo automático.

## **2. Controlo de alturas de água nos canais de rega nacionais**

Dos vinte cinco Aproveitamentos Hidroagrícolas em exploração, com excepção dos Aproveitamentos do Lucefecit, dos Minutos, do Sotavento Algarvio e da Vigia, todos têm uma rede primária em canal e, a maioria, também a secundária. Estes canais estão

---

<sup>1</sup> Por razões técnicas e económicas, estes sistemas são, quase exclusivamente, em canal. Estes são os únicos que se consideram no presente artigo.

<sup>2</sup> Em volume de investimento, porque em percentagem do investimento total (construção de todo o sistema de armazenamento, transporte e distribuição) o seu valor é insignificante (Rijo *et al.*, 2001).

equipados com o controlo por montante, que equipa mais de 90 % dos canais de rega a nível mundial e o único instalado no País (Rijo, 2001). Tal acontece porque o dimensionamento dos canais pode ser optimizado (secção transversal constante ao longo do percurso). Este controlo permite obter ainda grandes economias nos equipamentos, que podem ser muito simples.

O controlo por montante é, contudo, exigente em mão-de-obra a operação e gestão dos canais, sendo muito pouco eficiente no uso da água. A economia da água obriga a associação deste controlo a métodos rígidos de distribuição de água (Rijo, 1997).

É muito difícil, política e socialmente, pôr em prática os métodos rígidos de distribuição de água exigidos pelo controlo local por montante (Rijo, 1997). Tal obriga, nomeadamente, à rega nos períodos nocturnos, nos feriados e nos fins-de-semana, não permitindo nenhuma alteração aos horários de distribuição estabelecidos unilateralmente pelo responsável do sistema. Por isso, em Portugal, tais métodos de distribuição de água nunca foram postos em prática. As consequências em termos de economia de água são pesadas; as perdas de água ultrapassam, por vezes, os 50% dos volumes admitidos, só na rede primária e secundária (Rijo e Almeida, 1993), apesar da qualidade de serviço continuar relativamente baixa.

O controlador mais usado nos canais nacionais é a comporta AMIL/AMP (SOREFAME, 1953), uma comporta automática que, quando bem calibrada, impõe uma altura de água imediatamente a montante correspondente à cota de assentamento do seu eixo de rotação, independentemente do caudal em circulação e com uma precisão de cerca de 2% do valor do seu raio (“décrément”).

Atendendo às suas vantagens relativas, a partir da década de setenta, começou a usar-se no País o descarregador “bico de pato” em vez da comporta AMIL. Tal aconteceu, nomeadamente, nos Aproveitamentos de Macedo de Cavaleiros, do Mondego e da Cova da Beira.

O descarregador bico de pato é um descarregador em labirinto de grande comprimento, com um ou dois módulos. É mais barato, quase não precisa de manutenção e é mais seguro. Por outro lado, praticamente garante a mesma precisão do controlo que a comporta AMIL, precisão que aumenta com o comprimento da sua crista.

### **3. Modernização dos sistemas de canais com controlo local por montante**

#### **3.1. Controlo automático digital**

Os controladores de alturas de água tradicionais mencionados podem, com vantagem, ser substituídos por controladores digitais. Os controladores PID (P - Proporcional; I - Integral; D - Derivativo) são os controladores digitais mais usuais em processos industriais e a sua filosofia tem vindo a ser integrada nos métodos de controlo de canais (Rijo, 2003).

O controlo automático digital local por montante pode ser aplicado, por exemplo, a comportas manuais instaladas nos descarregadores bico de pato, outras 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 por comportas planas verticais ligadas a PLC's ("Programmable Logic Computers"), deles recebendo ordens através dos actuadores/motores. Este controlo pode tornar mais preciso o controlo das alturas de água, mas não altera a lógica de controlo, continuando-se com as vantagens e inconvenientes 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; este é obrigatoriamente do tipo digital, recebendo o PLC de montante do trecho de canal a informação do sensor que está na secção de jusante do mesmo trecho, através de um cabo de comunicação, dando ordens através dos actuadores à comporta a que está associado. O canal e a maioria dos equipamentos dos canais a modernizar poderão permanecer, eventualmente com adaptações, a dinâmica do escoamento no trecho de canal continua a ser a mesma, pelo que não é necessário alterar as características do canal. Contudo, agora a comporta de montante é operada com antecipação (Rijo, 1997).

Para além das assinaladas, o controlo por jusante à distância apresenta as seguintes vantagens relativamente ao controlo local por montante:

- resposta instantânea do trecho de canal à variação da procura de caudal a jusante – a comporta de montante do trecho de canal é instantaneamente manobrada para responder à variação da altura de água de jusante do mesmo trecho;
- a manobra no mesmo instante da comporta de montante do trecho vai permitir uma maior flexibilidade nas distribuições de água; contudo, a distribuição de água não poderá ser totalmente a pedido (Rijo, 1997), porque, chamadas bruscas, intensas e de longa duração de caudal no final do trecho poderão "esvaziá-lo" e, por outro lado, quando as variações forem de sinal contrário, poderão provocar galgamentos de canal; o trecho de canal tem de alimentar as tomadas ou encaixar os excessos de caudal enquanto a onda hidráulica não chega de montante;
- funcionamento totalmente automático do canal – a admissão ao canal possui também o mesmo tipo de controlador; assim, não é necessário haver um controlo complementar na admissão para os caudais, ao contrário do que acontece com o controlo local por montante, que exige sempre um controlo manual desses caudais;
- a qualidade de resposta do canal é muito superior - 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 situações com caudais insuficientes), sobretudo quando o sistema é extenso e com muitas tomadas de água; no controlo por jusante à distância, os caudais na admissão são sempre os otimizados (obtidos pelo controlador automático), independentemente de haver poucas ou muitas variações de caudal nas tomadas, do seu sinal e da localização e número dessas tomadas.

### **3.2. Sistemas SCADA e controlo manual à distância**

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 realizadas nos últimos 10 anos. Só na parte oeste do EUA, instalaram-se, na última década, cerca de 150 sistemas SCADA em canais de rega (Burt, 2005).

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

A monitorização permite, a visualização à distância e de forma contínua do estado real do sistema hidráulico no computador central, usando uma rede de sensores e um “software” do tipo SCADA que, em tempo real e para além das imagens do estado do sistema, faz a representação numérica de todas as variáveis registadas pelos sensores.

O SCADA pode ter associada uma função de telecomando ou controlo manual à distância. Esta função permite o ajustamento dos órgãos hidráulicos 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 via SCADA.

A terceira função é o controlo automático. Há um “software” que corre interligado com o SCADA ou de forma independente, num autómato central ou em cada um dos diferentes autómatos colocados ao longo dos canais e que, em função de parâmetros de entrada (valores de sensores), determina o ajustamento a fazer em cada comporta, para que a altura de água controlada convirja para o seu valor de referência. Esta automação pode exigir ou não um sistema SCADA, não se considerando, contudo, uma componente do mesmo. É o caso dos dois tipos de controlo automático de alturas de água considerados no ponto anterior.

#### **Vantagens dos sistemas SCADA**

As razões principais para que, ultimamente, os perímetros de rega tenham começado a investir nos sistemas SCADA são as seguintes:

- tirar partido de uma ferramenta que, em tempo real, disponibiliza a informação necessária à tomada de decisão, permitindo
  - reduzir os caudais admitidos ao sistema hidráulico;
  - prestar melhor qualidade de serviço nas distribuições de água;
  - reduzir os custos de bombagem;
  - acabar com o “segredo” da gestão e operação dos sistemas, facilitando a formação de novos responsáveis e a definição de orientações claras para os operadores dos canais;
- acontece, muitas vezes, que é necessário colocar controlo automático que requer a instalação de PLC’s em locais afastados; como é da natureza dos computadores,

electrónica, sensores e “software” terem problemas ocasionais, é prudente poder monitorizá-los à distância;

- os canais têm, habitualmente, locais onde, historicamente, as alturas de água e/os caudais atingem valores demasiado altos ou baixos; o SCADA permite monitorizar, em tempo real, esses locais, eliminando perdas de tempo e de recursos com deslocações.

### **Características gerais dos sistemas SCADA**

No mínimo, um sistema SCADA terá os seguintes componentes:

- um sensor;
- um equipamento local capaz de criar um sinal eléctrico possível de ser transmitido;
- uma fonte de alimentação que alimente o equipamento local e a respectiva unidade de transmissão;
- um sistema de comunicação - cabo, fibra óptica, rádio, satélite, telefone, etc;
- uma unidade de recepção e decodificação do sinal transmitido;
- um mecanismo para disponibilizar a informação recebida – alarme sonoro, terminal de computador, etc.

Estes componentes serão capazes de assegurar “a monitorização remota”, o que exige comunicação apenas numa via. Contudo, a maioria dos sistemas SCADA possuem também capacidade de telecomando de órgãos hidráulicos, o que exige comunicação em duas vias.

No Quadro 1, apresenta-se uma definição das diferentes categorias de sistemas SCADA. Os casos 7 e 8 ainda praticamente não se usam em protótipos, sendo quase que exclusivamente objecto de investigação. A nível nacional, apenas existem aplicações dos dois casos no Canal Automático Experimental da Universidade de Évora (<http://canais.nuhcc.uevora.pt>).

O caso 6 apresenta a associação SCADA/controlo automático já com algumas implementações em protótipos a nível mundial. A nível nacional, existem apenas duas aplicações, uma no Canal Automático Experimental da Universidade de Évora e outra no Canal Condutor Geral da Infra-estrutura 12 do Alqueva.

O caso 5 é a versão mais completa de uma aplicação SCADA a canais de rega, envolvendo a monitorização e telecomando de órgãos hidráulicos (comportas e válvulas). A nível nacional, a versão mais completa e também a mais recente é a do Aproveitamento Hidroagrícola do Vale do Sorraia.

## **4. Considerações finais**

A via mais promissora e económica para a modernização dos canais tradicionais controlados por montante é a passagem para o controlo automático digital. Os controladores numéricos ou autómatos podem ser programados com o controlo local por montante, para ser accionado em períodos de escassez de água quando se exigem restrições à distribuição da água e, em simultâneo, com o controlo por jusante à distância, que mantém a hidrodinâmica dos canais, mas permite o seu funcionamento totalmente

automático, gerando economias de água significativas em situações de flexibilidade no uso da água.

Os sistemas SCADA, podem complementar a acção do controlo automático. Contudo, atendendo à sua capacidade de visualizar, em tempo real, os sistemas controlados, são, só por si, ferramentas muito importantes de ajuda à gestão, permitindo melhorar a qualidade de serviço, economizar água, poupar mão-de-obra na operação dos canais e ganhar tempo e energia.

## **Agradecimentos**

O presente estudo foi financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia, no âmbito do Projecto de Investigação POSI/EEA-SRI761188/200, a quem se agradece.

## **Referências bibliográficas**

- Burt, C. (2005) – Overview of Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA). In: C. M. Burt & S.S. Anderson (eds.), **SCADA and Related Technologies for Irrigation District Modernization** (Proc. of the USCID Water Management Conference, Vancouver-Washington, USA), USCID, pp. 1-9.
- CE (2000) – *Directiva 2000/60/CE*. Jornal oficial das Comunidades Europeias, 1.327/1 – 1.327/72.
- INAG (2001a) – *Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água. Versão preliminar*. Instituto da Água, Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território.
- INAG (2001b) – *Plano Nacional da Água*. Instituto da Água, Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território.
- Rijo, M. (2003) – Local automatic control modes in an experimental irrigation canal. **Irrigation and Drainage Systems** (ISSN 0168-6291) (Dordrecht, Netherlands), 17: 179-193.
- Rijo, M. (2001) – Os modernos sistemas de transporte e distribuição de água para rega em canal. **Anais da Universidade de Évora** (Évora), 10 e 11: 15-53.
- Rijo, M. (1997) – Lógicas de controlo em canais versus métodos de distribuição de água. **Recursos Hídricos** (Lisboa), 18(3): 13-21.
- Rijo, M. e Almeida, A.B. (1993) - Performance of an automatic upstream controlled irrigation system: conveyance efficiencies. **Irrigation and Drainage Systems** (Dordrecht), 7: 161-172.



Rijo, M., Prado, M. & Paulo, V. (2001) – Control and Central Monitoring of a Large Scale Multipurpose Water Delivery System. A Case study. In: J. Schaack & S.S. Anderson (eds.), **Transbasin Water Transfers** (Proc. of the USCID Water Management Conference, Denver), USCID, pp. 427-441.

SOREFAME (1953) - *Material de rega - Neyrpic*. Catálogo RL86, Sorefame, Lisboa.