

## PROPOSTA DE BALANÇO HÍDRICO PARA DIAGNÓSTICO DE PERDAS DE ÁGUA EM APROVEITAMENTOS HIDROAGRÍCOLAS

D. Loureiro<sup>1,4</sup>, M. Moreira<sup>2</sup>, H. Alegre<sup>1</sup>, H. Cunha<sup>1</sup>,  
C. Arranja<sup>3</sup>, M. Rijo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Avenida do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa

<sup>2</sup> Universidade de Évora, Departamento de Engenharia Rural, Pólo da Mitra, 7002-554 Évora

<sup>3</sup> FENAREG - Federação Nacional de Regantes de Portugal, Rua 5 de Outubro, n.º 14, 2100-127 Coruche

<sup>4</sup> dloureiro@lneec.pt

### Resumo

Este trabalho teve como objetivo principal o desenvolvimento de uma proposta para cálculo do balanço hídrico em Aproveitamentos Hidroagrícolas (AH), aplicável a sistemas em superfície livre, pressão e mistos e o seu teste num AH parceiro do projeto AGIR. Embora baseada em metodologias robustas para sistemas urbanos de abastecimento de água, esta proposta integra novas componentes nos balanços hídricos, assim como novos métodos para a estimativa das mesmas. Destaca-se, por exemplo, a inclusão da água entrada por escoamento superficial, do consumo autorizado não faturado devido ao volume mínimo de operação e das perdas por evaporação em canais.

A sua aplicação a um AH misto permitiu quantificar importantes ineficiências em termos de perdas de água. O valor de água não faturada neste AH foi de 35%, sendo que as descargas ao longo do sistema são a componente mais relevante, seguida dos repassos ao longo dos canais. Estes resultados evidenciam a necessidade de um melhor controlo operacional do sistema e a importância de investir na reabilitação das infraestruturas existentes. O balanço hídrico é um instrumento essencial para o cálculo do balanço energético, também em desenvolvimento no âmbito deste projeto, e para o cálculo de indicadores de desempenho para apoio na gestão dos aproveitamentos e à definição de políticas públicas para o regadio. Através de uma metodologia que articula o cálculo dos balanços hídrico e energético é possível fazer um diagnóstico integrado de água e energia em AH e apoiar na seleção de soluções de melhoria mais sustentáveis e eficazes.

**Palavras Chave:** Aproveitamentos hidroagrícolas, balanço hídrico, perdas de água.

### Abstract

The primary objective of this work was the development of a proposal for calculating the water balance in collective irrigation systems, applicable to free surface (channel), pressurised and mixed systems and its test in a collective irrigation system participating of the AGIR project. Although based on robust methodologies for urban water supply systems, this proposal integrates new components in the water balance, as well as new methods for estimating them. For example, the inclusion of the surface runoff into system input volume, the minimum operational volume into authorised unbilled consumption and evaporation in channels into water losses.

The application of the water balance to a mixed collective irrigation system allowed to quantify significant inefficiencies regarding water losses. The value of non-revenue water in this system was 35%, and discharges along the system are the most relevant component, followed by leakage along the channels. These results highlight the need to improve operational control and the importance of rehabilitation in the existing infrastructures. The water balance is an essential tool for calculating the energy balance, also under development in this project, and for the calculation of performance indicators to support the management of collective irrigation systems and the definition of public policies for irrigation. Through a methodology that articulates the calculation of the water and energy balances, it is possible to make an integrated diagnosis of water and energy in these systems and support the selection of more sustainable and effective improvement solutions.

**Keywords:** Collective irrigation systems, water balance, water losses.

## 1. INTRODUÇÃO

Em termos de uso da água, o investimento na modernização e na reabilitação do regadio tem permitido uma assinalável redução no consumo de água por hectare (DGADR, 2014). Assim, os valores mais recentes do peso da agricultura no consumo nacional apontam para cerca de 63% do consumo total (GPP, 2013) face a um valor significativamente mais elevado (75%) em 2001 (INAG, 2001). Em termos de eficiência global da utilização da água, entenda-se relação entre o consumo útil e a procura efetiva, o regadio atinge valores de eficiência na ordem dos 60-65% (DGADR, 2014). Apesar desta notável evolução, existe ainda um elevado potencial de melhoria. Os investimentos realizados no anterior quadro comunitário de apoio (ProDeR) não foram suficientes para a melhoria das obras de rega, a maioria com mais de 40 anos de funcionamento (Núncio e Arranja, 2017). Estes autores mencionam a necessidade de uma política de desenvolvimento do regadio forte e sustentável que apoie na reabilitação e modernização dos regadios existentes e na criação de novos regadios. Estas políticas devem, nomeadamente, promover práticas de gestão eficiente de água e de energia das redes primárias e secundárias dos Aproveitamentos Hidroagrícolas (AH) e que constitui o tema central deste artigo. Nos AH, tipicamente compostos por uma rede de canais em superfície livre, a necessidade de tornar o serviço mais flexível tem levado nalguns casos à passagem parcial ou integral da rede para sistemas em pressão, o que pode acarretar consumos elevados de energia para bombeamento. Assim, a reabilitação e modernização deve atender também ao impacto dos consumos de energia na sustentabilidade dos AH e do regadio.

Para apoio na gestão eficiente de água e de energia nos AH e para tomada de decisão em termos de políticas públicas é fundamental dispor-se de ferramentas adequadas para diagnóstico. Apesar da existência de alguns procedimentos para avaliação do uso da água na agricultura (Fernando *et al.* 2005, Rijo, 2010), verifica-se que não existe ainda uma abordagem sistemática para diagnóstico de perdas de água e de ineficiências energéticas nos AH. Estas infraestruturas devem garantir um nível de serviço adequado aos seus beneficiários e serem sustentáveis ambiental e economicamente, encontrando-se o cumprimento destes objetivos condicionados pelas ineficiências identificadas.

O desenvolvimento de uma metodologia para cálculo sistemático do balanço hídrico constitui um suporte essencial para avaliação do desempenho e diagnóstico dos problemas relativos a perdas de água. Uma vez feito o diagnóstico, é possível identificar alternativas para resolução dos problemas e selecionar a solução mais adequada.

Assim, este trabalho tem como objetivo apresentar uma proposta de metodologia inovadora para cálculo do balanço hídrico nas redes primárias e secundárias dos AH, descrever e recomendar métodos para a estimativa de cada uma das subcomponentes. O balanço hídrico, para além de permitir o cálculo de um conjunto de indicadores para gestão dos AH, é uma ferramenta essencial para o desenvolvimento do balanço energético em AH, à semelhança da metodologia existente para os sistemas urbanos (Mamade *et al.*, 2017).

Embora baseada em trabalhos anteriores (Lambert e Hirner, 2000; Alegre *et al.*, 2005; Alegre *et al.* 2017), a metodologia é inovadora. Esta é aplicável a AH em pressão, em canal ou mistos e permite através do cálculo de indicadores de gestão avaliar, quer a dimensão económica (através do cálculo da água não faturada), quer ambiental (através do cálculo das

perdas de água) da ineficiência hídrica nestas infraestruturas. Para a água entrada devem considerar-se todas as contribuições ao AH (*i.e.*, volume captado em albufeira, rio ou origem subterrânea, volume importado faturado ou não faturado, precipitação, escoamento superficial e infiltração em canais e reservatórios intercalares, variação de volume em reservatórios intercalares). A água faturada, subdivide-se em consumo medido e não medido (*i.e.*, sem equipamento de medição no ponto de entrega) e deve contemplar os consumos que são entregues a beneficiários. A água não faturada subdivide-se em consumo autorizado (*e.g.*, descargas em condutas e canais para limpeza ou reparação, volume mínimo de operação em canais) e em perdas de água. Esta última componente foi dividida em perdas por evaporação (aplicável a sistemas com transporte em superfície livre e/ou existência de reservatórios intercalares), perdas aparentes (*i.e.*, usos não autorizados e erros sistemáticos inerente à medição ou estimativa dos consumos autorizados) e perdas reais (*i.e.*, perdas físicas ao longo da rede). O volume de perdas reais engloba as fugas em condutas em pressão, os repassos em canais e reservatórios intercalares e as descargas por extravasamentos em reservatórios e canais.

No presente artigo começa-se por apresentar uma proposta de balanço hídrico para AH juntamente com uma breve descrição da metodologia para cálculo das principais componentes do balanço. Apresentam-se também os resultados da aplicação da metodologia a um AH misto, procurando a comparação dos mesmos com os resultados previamente obtidos em sistemas urbanos.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Embora baseado em trabalhos anteriores desenvolvidos para sistemas urbanos (Lambert e Hirner, 2000; Alegre *et al.*, 2005; Alegre *et al.* 2017), o balanço hídrico proposto apresenta parcelas e componentes inovadoras para que possa ser aplicável a AH em canal, pressão ou mistos. As principais diferenças são devidas à existência de uma rede de canais na maioria destes sistemas e de reservatórios intermédios para compensação, controlo de caudais e armazenamento de volumes em excesso. Através destes componentes do sistema podem ocorrer entradas de água no sistema, por exemplo por precipitação e escoamento superficial, assim como saídas de água por evaporação – parcelas inovadoras face aos sistemas urbanos. Outras diferenças prendem-se com o modo de operação dos canais. Por exemplo, para fornecimento de água às tomadas de água, é necessário assegurar um volume mínimo de operação. Após o final da campanha, este volume mínimo pode ser armazenado em reservatórios intermédios, ser usado para limpeza ou manutenção dos canais ou ser devolvido ao meio natural.

Previamente ao cálculo do balanço hídrico, é necessário definirem-se os limites do sistema. Este engloba a rede primária e secundária que é gerida pelos AH, ou seja, desde a entrada de água (a partir de albufeira, rio, captação subterrânea) até aos locais da rede em que o consumo é faturado aos beneficiários. O diagnóstico efetuado a partir do balanço hídrico não contempla, assim, as albufeiras nem a rede de distribuição nas parcelas dos beneficiários. O balanço hídrico pode ser também calculado para subsistemas do AH. O período de referência para cálculo refere-se ao período de campanha de rega, o qual pode ser variável de ano para ano e entre AH. No entanto, os indicadores que são calculados a partir do balanço hídrico devem ser normalizados em termos do período de cálculo, por forma a permitir a análise da evolução de cada AH ou a comparação entre diferentes sistemas.

**Tabela 1.** Proposta de balanço hídrico para aproveitamentos hidroagrícolas

A	B	C	D	E
Água entrada no sistema (*)	Consumo autorizado	Consumo autorizado faturado	Consumo faturado não medido	Água faturada
			Consumo faturado não medido	
		Consumo autorizado não faturado	Consumo não faturado medido	Água não faturada
			Consumo não faturado não medido (*)	
	Perdas de água	Perdas por evaporação	Perdas por evaporação em canal (**)	
			Perdas por evaporação em reservatórios intermédios (**)	
		Perdas aparentes	Usos não autorizados	
			Erros do consumo autorizado	
		Perdas reais	Fugas em condutas	
			Repastos em canais (**)	
Repastos em reservatórios intermédios				
Descargas em canais (**)				
		Descargas em reservatórios intermédios		

(\*) – Componente do balanço hídrico com parcelas distintas das que foram definidas para sistemas urbanos

(\*\*) – Nova componente relativamente ao balanço hídrico para sistemas urbanos.

Assim, os passos para cálculo do balanço hídrico (Tabela 1) são os seguintes (Lambert e Hirner, 2000; Alegre *et al.*, 2005; Alegre *et al.* 2017):

- i) Determinar o volume de água entrada (preencher na coluna A);
- ii) Determinar o consumo faturado medido e o consumo faturado não medido (coluna D) e introduzir o total destes como consumo autorizado faturado (coluna C) e como água faturada (coluna E);
- iii) Calcular o volume de água não faturada (coluna E) subtraindo a água faturada (coluna E) à água entrada no sistema (coluna A);
- iv) Estimar o consumo não faturado medido e o consumo não faturado não medido (coluna D) e registar o consumo total autorizado não faturado (coluna C);
- v) Obter o consumo autorizado (coluna B) pela soma do consumo autorizado faturado e do consumo autorizado não faturado (ambos na coluna C);
- vi) Calcular as perdas de água (coluna B) como a diferença entre a água entrada no sistema (coluna A) e o consumo autorizado (coluna B);
- vii) Avaliar, usando os melhores métodos disponíveis, as componentes de perdas por evaporação em canais e em reservatórios intermédios, somá-las e registar o resultado em perdas por evaporação (coluna C);
- viii) Avaliar, usando os melhores métodos disponíveis, as componentes de usos não autorizados e de erros de consumo autorizado, somá-las e registar o resultado em perdas aparentes (coluna C);

- ix) Calcular as perdas reais (coluna C), subtraindo as perdas por evaporação (coluna C) e as perdas aparentes (coluna C) às perdas de água (coluna B);
- x) Avaliar as componentes de perdas reais usando os melhores métodos disponíveis, somá-las e comparar com o resultado das perdas reais (Coluna C).

As componentes do balanço hídrico que apresentam parcelas novas, assinaladas na Tabela 1 com (\*), face às que foram definidas para sistemas urbanos são a água entrada e o consumo não faturado não medido. A Tabela 2 lista todas as parcelas que podem contribuir para a água entrada, assim como uma síntese dos dados necessários para o seu cálculo. Para além da água captada em origens próprias do AH, a água pode ser importada a partir de outros sistemas. Para o cálculo da água entrada por precipitação em canais estimou-se, por trecho (comprimento de canal entre estruturas de controlo consecutivas), a área superficial referente à largura de boca do canal e utilizaram-se dados de precipitação obtidos a partir das estações meteorológicas mais próximas. Para a estimativa da água entrada por precipitação em reservatórios intermédios, a área superficial foi obtida a partir de relações conhecidas entre o nível e a área inundada na albufeira.

**Tabela 2.** Parcelas da água entrada passíveis de ser calculadas em AH com as que são distintas dos sistemas urbanos assinalada com (\*)

Água entrada	Tipo de dados
Água captada (albufeira, rio, subterrânea)	Medições de caudal ou estimativas
Água importada faturada	Medições de caudal ou estimativas
Água importada não faturada	Medições de caudal ou estimativas
Água entrada por precipitação em canais e reservatórios (*)	Dados mensais de precipitação em estações meteorológicas próximas dos canais e reservatórios Geometria do canal por trecho (geometria da secção incluindo largura de boca, comprimento) Reservatório (equação nível na albufeira-área inundada)
Água entrada por escoamento superficial em canais e reservatórios (*)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dados mensais de precipitação e evapotranspiração, capacidade de campo e área da bacia hidrográfica para cálculo do balanço hidrológico sequencial mensal</li> <li>Relação entre volume precipitado e volume de escoamento superficial em bacias com características semelhantes</li> <li>Cálculo das componentes do balanço hídrico em subsistemas com afluência de escoamento superficial</li> </ul>
Água entrada por infiltração em canais e reservatórios (*)	Parcela em geral desprezada
Contribuição de reservatórios intermédios (*)	Variação de volume no reservatório

A água entrada por escoamento superficial, através de bacias hidrográficas associadas a reservatórios intermédios ou a secções de cursos de água que integram a rede primária ou secundária, pode representar uma proporção significativa do total. Um dos métodos que se recomenda para a sua estimativa é o balanço hidrológico sequencial mensal (Thorntwaite e Mather, 1957), cujos dados necessários são listados na Tabela 2 e cujo procedimento detalhado está descrito em Cunha (2018). Para além deste método podem ser utilizadas estimativas a partir de bacias com características semelhantes. Caso existam dados, o cálculo

do balanço hídrico nos subsistemas em que há contribuição de escoamento superficial de bacias hidrográficas, constitui um dos métodos mais adequados. Neste trabalho, o volume de escoamento superficial afluente a canais artificiais, quer por precipitação quer por escorrências das parcelas de rega resultantes de aplicações excessivas, foi desprezado, uma vez que se admite a existência de uma rede de drenagem que impede a entrada de tais afluições no canal. Nos AH, os reservatórios intermédios podem constituir-se como um reforço de água entrada no sistema (*i.e.*, o volume de água armazenado neste reservatório diminui entre o início e o final da campanha para satisfazer parte das necessidades), ou permitir o armazenamento de volume de água em excesso (*i.e.*, o volume de água armazenado aumenta entre o início e o final da campanha). A variação de volume em reservatórios na campanha pode ser obtida diretamente a partir dos registos de nível-volume existentes. Caso não existam recomenda-se que a estimativa seja feita através do cálculo do balanço hídrico em reservatórios (Cunha, 2018). Nos sistemas urbanos, a variação de nível em reservatórios intermédios é geralmente desprezada no cálculo do balanço hídrico anual. Nestes sistemas, os reservatórios destinam-se sobretudo a equilibrar as pressões na rede, regularizar o funcionamento de bombagens ou a constituir reservas de emergência, em caso de interrupções de abastecimento ou de incêndio. Neste trabalho, a água entrada por infiltração em canais e reservatórios (*i.e.*, água entrada nos canais através de juntas e do material de revestimento e nos reservatórios intermédios através da superfície molhada) foi desprezada, pois o período de campanha corresponde em geral ao período do ano em que os níveis freáticos são, em geral, inferiores ao nível de água nos canais.

O consumo autorizado divide-se em consumo faturado e não faturado (Tabela 1). O consumo faturado (medido ou não medido) inclui o volume de água fornecido diretamente a beneficiários (e a regantes que utilizam água do AH), utilizadores não agrícolas, assim como o volume de água exportada para outros sistemas. O consumo não faturado (medido ou não medido) pode incluir o volume fornecido a utilizadores que não são faturados, assim como volumes de água gastos para manutenção, limpeza, realização de obras no AH e combate a incêndio. Neste trabalho considerou-se que o volume mínimo de operação corresponde também a um consumo autorizado não faturado e não medido e não a uma perda de água. Trata-se de um volume que é necessário para garantir o abastecimento nas tomadas de água e que no final da campanha pode ser armazenado em reservatórios intermédios ou ser usado para limpeza da rede. Este volume mínimo foi calculado, por trecho de canal, admitindo que a altura de água na secção de jusante do canal é dada pela diferença entre a altura de água imposta pela estrutura de controlo e a carga nominal na tomada de água localizada mais a jusante do trecho (Cunha, 2018).

As perdas de água subdividem-se em perdas por evaporação, perdas aparentes e perdas reais. As perdas por evaporação referem-se ao volume de água perdido para a atmosfera através da evaporação em canais e reservatórios intermédios. Para a estimativa do valor da evaporação, adotou-se neste estudo a fórmula de Thornthwaite. Embora utilizada para calcular a evapotranspiração, Rodrigues (2009) verificou experimentalmente que esta também estimava adequadamente a evaporação na maioria das albufeiras estudadas, pelo que também foi adotada neste estudo. Para a estimativa da área superficial sujeita a evaporação em canal, Cunha (2018) testou várias hipóteses de altura de escoamento a montante e a jusante em cada trecho de canal. Neste artigo, a área superficial sujeita a evaporação em cada trecho de canal, foi estimada considerando a montante do trecho a altura de água de regime uniforme e a jusante a altura de água imposta pelo órgão controlador.

As perdas aparentes podem ser devidas a usos não autorizados (furto ou uso ilícito), a erros sistemáticos associados aos equipamentos de medição, aos processos de leitura ou de estimativa ou ao tratamento e armazenamento dos dados de consumo autorizado (Alegre *et al.*, 2005, Arregui *et al.*, 2018). A componente de usos não autorizados é das componentes do balanço hídrico com maior incerteza associada. Para a sua estimativa, é importante o registo todos os tipos de usos individuais (*e.g.*, ligações clandestinas, ligações por “by-pass” ao contador, violação do contador) para posteriormente se poder estimar o volume consumido a partir do consumo em beneficiários com características semelhantes, por exemplo. Devido ao facto dos AH serem supervisionados diariamente por equipas de operadores, e de haver uma perceção por parte dos gestores dos AH que os usos não autorizados são muito pontuais adotou-se, como primeira estimativa, um valor de 2% relativamente à água entrada. Este valor foi baseado nos resultados obtidos para sistemas urbanos, em que 75% das entidades gestoras analisadas apresentavam um valor abaixo de 3% (Loureiro *et al.*, 2018). Relativamente aos erros sistemáticos de medição, estes dependem, nomeadamente, do tipo equipamento instalado, das suas características metrológicas e idade, das condições de instalação e dos caudais que ocorrem. Nos AH analisados, a medição é feita através de módulos Neyrpic, no caso de tomadas em superfície livre, e através de contadores mecânicos (*e.g.*, tangenciais), no caso de tomadas em pressão. No caso dos módulos Neyrpic não foi possível neste estudo estimar o erro. No caso dos contadores, face ao elevado volume de perdas estimado pelo cálculo do balanço e à perceção do AH relativamente à existência de contadores com erros de medição elevados, adotou-se, como primeira estimativa, um valor de 10% (erro por submedição) para o erro de medição. Este valor também foi suportado pelos resultados obtidos em entidades gestoras de sistemas urbanos, nos quais 75% das entidades analisadas apresentavam um erro por submedição abaixo de 8% (Loureiro *et al.*, 2018).

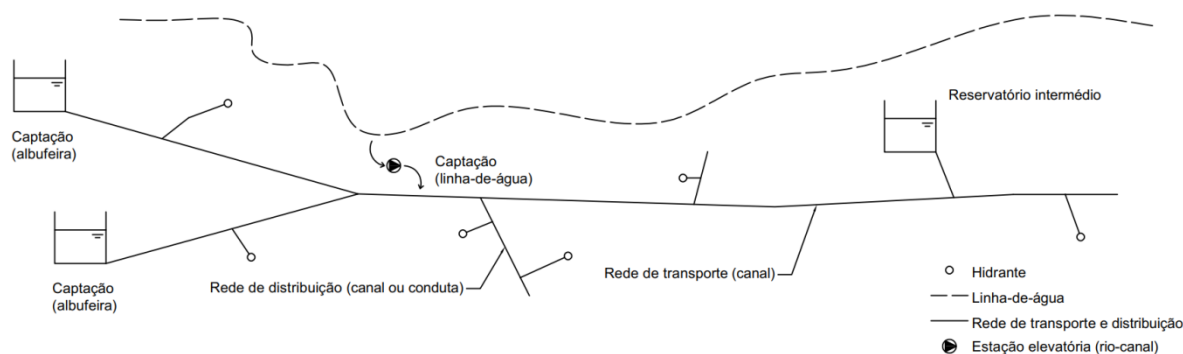
Relativamente às componentes de perdas reais, estas incluem as fugas em condutas, os repassos em canais e reservatórios intermédios, as descargas em canais e reservatórios intermédios. Relativamente a fugas em condutas, adotou-se como primeira estimativa o valor de  $5 \text{ m}^3/(\text{km}.\text{dia})$ . Este valor corresponde ao limite inferior da gama de valores referente a uma qualidade de serviço insatisfatória para sistemas urbanos de distribuição de água (ERSAR e LNEC, 2012). Para perdas de água por repassos em canais, admitiu-se que para canais em boas condições de funcionamento o valor destas perdas é de  $25 \text{ L}/(\text{m}^2.\text{dia})$  (Montañés, 2006). Recomenda-se, no entanto, a realização de testes de estanquidade em canais representativos do estado de conservação da rede de canais do AH em estudo. A estimativa do volume associado a descargas em canais e reservatórios intermédios só será possível através da consulta dos registos produzidos pelas estações de monitorização instaladas nos pontos onde as mesmas descargas ocorrem.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Caso de estudo

A metodologia proposta foi aplicada a um AH misto, com um comprimento de rede total de 355 km, no qual o sistema de transporte e distribuição é constituído por uma rede de canais em superfície livre (cerca de 74% do comprimento total) e por uma rede de condutas em pressão (cerca de 26% do comprimento total). Este AH fornece água a cerca de 1000

beneficiários. Na Figura 1 apresenta-se um esquema do sistema de captação e armazenamento e do sistema de transporte e distribuição do AH em estudo.

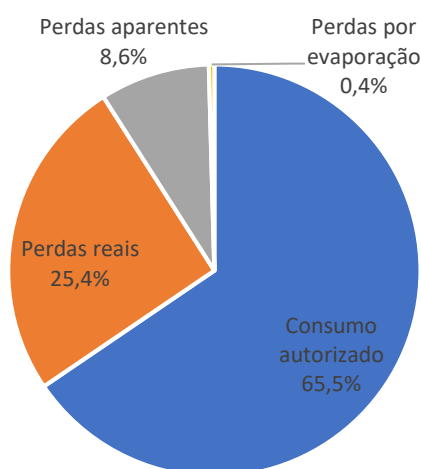


*Figura 1. Representação esquemática de um AH misto*

A entrada de água no sistema é devido sobretudo a captações em albufeira e ao longo da linha-de-água para a rede de canais. Existe ainda um reservatório intermédio destinado ao armazenamento de caudais excedentes do canal, reduzindo o volume de descargas a jusante. A distribuição de água ao regante é realizada por acordo prévio devendo ser realizada a solicitação junto do gestor do sistema com pelo menos 24h de antecedência. Dos volumes de água faturados mais de 95% é medido através de contadores ou de módulos Neyrpic, equipados com conta-horas, sendo os restantes volumes faturados obtidos por estimativa. O AH possui ainda um sistema de monitorização de descargas nos pontos críticos da rede, mas no período de cálculo do balanço hídrico apenas foi possível recolher dados dos volumes descarregados em três pontos.

### 3.2. Principais componentes do balanço hídrico

Na Figura 2 apresenta-se o peso relativo das principais componentes do balanço hídrico decorrentes do cálculo do mesmo durante a campanha de rega de 2017.



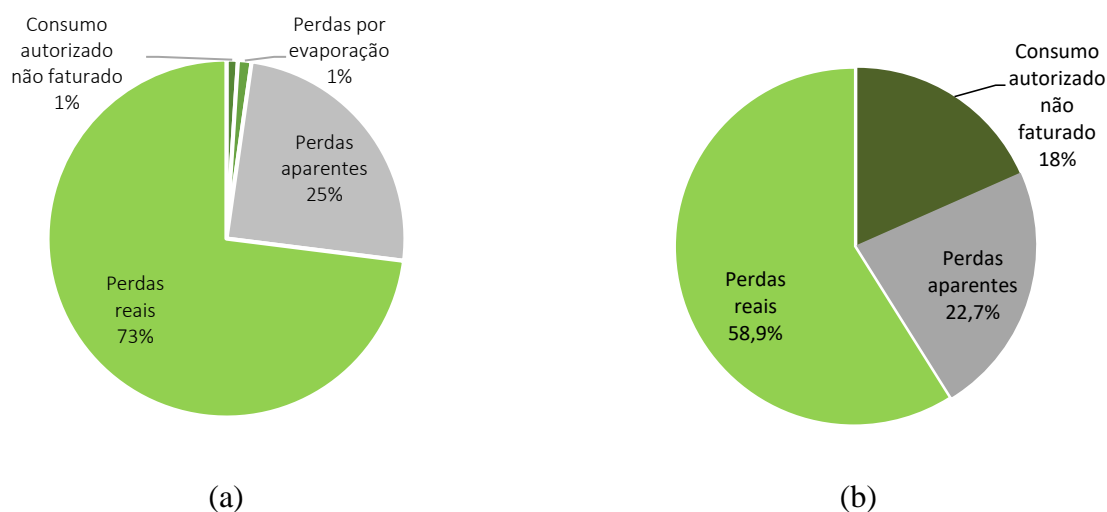
*Figura 2. Proporção entre as principais componentes do balanço hídrico para um AH misto na campanha de rega de 2017*



A componente com maior peso no balanço hídrico é o consumo autorizado, representando cerca de 65,5% da água entrada, encontrando-se os restantes 34,5% repartidos entre as componentes de perdas de água. Entre as componentes de perdas de água, as perdas reais são a componente com maior peso, representando cerca de 25,4% da água entrada, seguidas das perdas aparentes que se estimam ser cerca de 8,6%. As perdas por evaporação são a componente de perdas de água com menor peso, estimando-se que esta componente apenas 0,4% da água entrada.

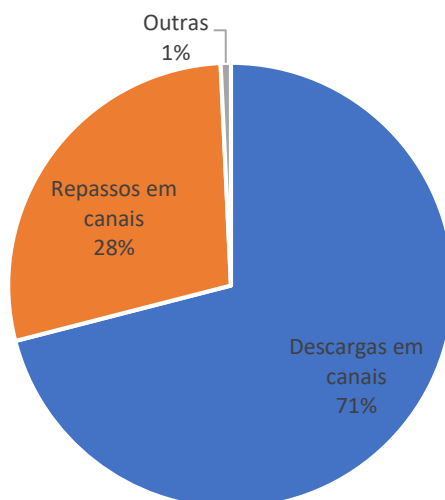
### 3.3. Água não faturada

Analisando os resultados em termos de água não faturada, no AH o valor foi de cerca de aproximadamente 35% da água entrada. Este valor é superior ao valor de água não faturada para sistemas urbanos em “baixa” (29,8%) (ERSAR, 2017). Na Figura 3 apresenta-se uma comparação entre as componentes de água não faturada no AH e os resultados obtidos num estudo realizado em sistemas urbanos de distribuição de água (Loureiro *et al.*, 2018). Neste estudo, em 12 entidades gestoras participantes, o valor de água não faturada foi de 23%. Nestas entidades gestoras, as perdas reais (*i.e.*, sobretudo fugas em condutas e ramais) representam cerca de 60% de água não faturada e as perdas aparentes e o consumo autorizado não faturado o valor restante (40%).



**Figura 3.** Comparação entre componentes de água não faturada no AH (a) e em sistemas urbanos de distribuição de água (b)

Verifica-se que em ambos os casos as perdas reais e as perdas aparentes são as componentes de água não faturada com maior representatividade. Contudo, o peso das perdas reais nos AH é superior (cerca de 73%) ao seu peso nos sistemas urbanos. A nível nacional, as perdas reais em sistemas de distribuição representam cerca de 65% (ERSAR, 2017) e no projeto iPerdas representaram aproximadamente 60% (Loureiro *et al.*, 2018). Na Figura 4 ilustram-se as principais componentes de perdas de água reais obtidas para o AH analisado.



*Figura 4. Proporção entre as principais componentes de perdas reais para um AH misto*

Estima-se que as descargas em canais representem cerca de 71% do volume de perdas de água reais e que 28% se deva a perdas de água por repassos em canais. As perdas de água identificadas como “outras” incluem a estimativa das perdas de água por fugas em condutas e das descargas no reservatório intermédio. Este resultado é distinto dos sistemas urbanos de água, em que a maior componente de perdas reais é devida a fugas e roturas em condutas e ramais.

#### **4. CONCLUSÕES**

Os resultados preliminares do cálculo do balanço hídrico indicam que a componente de perdas reais é a mais relevante na água não faturada, independentemente do tipo de AH (pressão, canal ou misto). Estes resultados sugerem a importância de investir na reabilitação das infraestruturas existentes, para além de evidenciarem a necessidade de um melhor controlo operacional das perdas físicas. Evidenciam também a necessidade de melhorar os procedimentos de recolha de dados (*e.g.*, descargas ao longo do AH, intervenções de manutenção e de reparação) e a contribuição dos balanços para uma melhoria na qualidade dos dados existentes e organização da informação.

#### **5. AGRADECIMENTOS**

O presente trabalho foi desenvolvido no âmbito do projeto AGIR - Avaliação da Eficiência do Uso da Água e da Energia em Aproveitamentos Hidroagrícolas, coordenado pela Federação Nacional de Regantes de Portugal (FENAREG) e financiado pelo PDR2020 na Operação 1.0.1 – Grupos Operacionais. Os autores agradecem o empenho na participação como casos de estudo da Associação Beneficiários Obra da Vigia, da Associação de Regantes e Beneficiários do Vale do Sorraia e da Associação de Beneficiários da Obra de Rega de Odivelas.

## BIBLIOGRAFIA

- Alegre, H., Baptista, J. M., Cabrera Jr., E.; Cubillo, F., Duarte, P., Hirner, W., Merkel, W. e Parena, R. (2017) – Performance indicators for water supply services, 3.<sup>a</sup> edição, IWA Publishing, ISBN 9781780406336.
- Alegre, H., Coelho, S.T., Almeida, M.C. e Vieira, P. (2005) – Controlo de perdas de água em sistemas públicos de adução e distribuição. Guia Técnico n.º 3, IRAR, INAG, LNEC, Lisboa, Portugal. ISBN: 972-99354-4-0.
- Alegre; H. e Covas; D. (2010) – Gestão patrimonial de infraestruturas de abastecimento de água: uma abordagem centrada na reabilitação. Guia Técnico n.º 16, ERSAR, LNEC, IST, Lisboa, Portugal. 472 p., ISBN: 978-989-8360-04-5.
- Arregui, F., Loureiro, D., Mamade, A., Alegre, H. (2018) - Estimativa dos erros de medição de contadores de água – resultados de uma metodologia sistemática para gestão de perdas aparentes, 18.º ENASB/18.º SILUBESA, Porto, 10-12 outubro 2018.
- Cunha, H. (2018) – Balanços Hídrico e Energético em Aproveitamentos Hidroagrícolas. Tese de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa.
- DGADR (2014) – Estratégia para o regadio público 2014-2020. Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural, Lisboa.
- ERSAR (2017) – Relatório anual dos serviços de água e resíduos em Portugal: Volume 1. ERSAR, Lisboa
- ERSAR e LNEC. (2012) – Guia de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores - 2.<sup>a</sup> geração do sistema de avaliação, Guia Técnico n.º 19, 2.<sup>a</sup> edição, ERSAR, Lisboa, 978-989-8360-11-3.
- Fernando R.M., Cameira M.R., Alves I., e Teixeira J.L. (2005) - Manual “Uso eficiente da água no sector agrícola”. Apoio à Implementação do Programa Nacional Para o Uso Eficiente da Água. Relatório LNEC 258705-NES, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.308 p.
- GPP (2013) – Programa de Desenvolvimento Rural 2014-2020: Indicadores específicos de contexto. Gabinete de Planeamento, Políticas e Administração Geral, Lisboa.
- INAG (2001) – Plano Nacional da Água. Instituto da Água, Lisboa.
- Lambert. A., e Hirner, W. (2000) – Losses from water supply systems: standard terminology and recommended performance measures. IWA. Londres.
- Loureiro, D., Poças, A., Mamade, A., Silva, M.A. e Cabral, M. (2018) – Iniciativa Nacional para a gestão eficiente de perdas: Relatório final sobre a participação das entidades no projeto e resultados obtidos. Relatório LNEC (confidencial).
- Mamade, A., Loureiro, D., Alegre, H., e Covas, D. (2017) – A comprehensive and well tested energy balance for water supply systems. Urban Water Journal, 1-9.
- Montañés, J.L. (2006) – Hydraulic canals: design, construction, regulation and maintenance. Taylor & Francis, Abingdon, UK
- Rijo, M. (2010) - Canais de adução, Projeto, Operação, Controlo e modernização. Edições Sílabo, ISBN 978-972-618-615-1, Lisboa.
- Rodrigues, C.M. (2009) – Cálculo da evaporação de albufeiras de grande regularização do sul de Portugal. Tese de doutoramento em Engenharia dos Recursos Hídricos, Universidade de Évora.
- Thornthwaite, C.W. e Mather, J.R. (1957) – Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. Laboratory of Climatology. New Jersey, USA.