

Recursos Hídricos

Volume 37, N.º 1 | Março 2016



**ASSOCIAÇÃO
PORTUGUESA DOS
RECURSOS HÍDRICOS**

Proprietário

Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos

Diretor

António Gonçalves Henriques

Diretores Associados

Ana Katila Ribeiro

Fernanda Santiago

Maria Manuela Portela

Conselho Editorial

António Betâmio de Almeida

António Guerreiro de Brito

António Pinheiro

António Trigo Teixeira

Catarina Roseta Palma

Fernando Veloso Gomes

Francisco Ferreira

Francisco Nunes Correia

Jaime Melo Baptista

João Pedroso de Lima

Jorge Matos

José Matos

José Luís Teixeira

Luís Ribeiro

Manuel Rijo

Maria da Conceição Cunha

Paulo Canelas de Castro

Rafaela Matos

Rodrigo Maia

Rodrigo Oliveira

Rui Santos

Teresa Ferreira

Secretariado

Ana Estêvão

André Cardoso

Conceição Martins

Redação e Administração

Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos

a/c LNEC

Av. do Brasil, 101

1700-066 Lisboa

PORTUGAL

Telefone 21 844 34 28 Fax 21 844 30 17

NIF nº 501063706

Periodicidade

Quadrimestral

Design

Ana Rosária Gonçalves

Os artigos publicados na Recursos Hídricos são identificados com DOI (Digital Object Identifier).

Registo na ERC nº 125584

Depósito legal nº 5838/84

ISSN 0870-1741

Apoiantes



Esposende Ambiente



ERSAR

ENTIDADE REGULADORA
DOS SERVIÇOS DE ÁGUAS E RESÍDUOS

INDÍCE

NOTA CD	5
EDITORIAL	7
ENTREVISTA	11
EM DESTAQUE	15
<i>Alterações climáticas - a esperança de Paris</i>	
Francisco Ferreira	17
<i>A (ir)racionalidade da taxa de recursos hídricos</i>	
António Gonçalves Henriques.....	23
<i>Organização Institucional e Operacionalização da Gestão dos Recursos Hídricos em Portugal- Reflexão e Propostas</i>	
António Eira Leitão, et al.	39
CT&I (CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO)	45
<i>Esquema Bayesiano para estimar a distribuição de precipitações máximas anuais com duração subdiária em Portugal Continental</i>	
Artur Tiago Silva, Maria Manuela Portela	47
<i>Supervisão e controlo de um sistema de canais de rega. Parte I – Definição e apresentação geral</i>	
Manuel Rijo, Bruno Inácio, João Campos	59
<i>Plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio São Francisco</i>	
Pedro Bettencourt, et al.	73
DIVULGAÇÃO	81
<i>O grande dilúvio e a Fundação da China</i>	
António Gonçalves Henriques	83
<i>Estêvão Cabral 1734-1811</i>	
António de Carvalho Quintela	92
DENTRO DA APRH	97
NOTÍCIAS	101
AGENDA	107
ACQUAJURIS	113

Nota sobre o novo perfil da “Recursos Hídricos”

Com este número da Revista Recursos Hídricos inauguramos um novo período da vida desta publicação. Em cada momento é essencial captarmos os sinais dos tempos e repensarmos a melhor forma de continuarmos a oferecer, aos nossos potenciais leitores, material de qualidade que possa ser informativo, desafie à reflexão, os coloque em contacto com as inovações técnico científicas, e também os convoque para a discussão dos vários temas inovadores e estruturantes que atravessam o panorama nacional e internacional no domínio dos recursos hídricos. Esta revista, quando foi criada há 36 anos, veio preencher uma importante lacuna no universo científico e técnico na área dos recursos hídricos em língua Portuguesa, tendo constituído durante alguns anos um importante meio para a publicação de artigos desta área. Num passado recente, viveram-se intensas discussões sobre problemáticas que fazem parte da matriz dos nossos interesses e que importa abrir a toda a nossa comunidade hídrica. A Recursos Hídricos irá, por isso, constituir um veículo privilegiado para apresentar opiniões, lançar o debate e congregar sugestões de propostas sobre várias questões críticas a nível nacional, fazendo também eco dos grandes temas da agenda internacional. Com este novo perfil, vão continuar a difundir-se os desenvolvimentos conseguidos nos centros de produção de conhecimento, mas também o trabalho de elevada qualidade realizado pelas nossas empresas e gabinetes de consultoria que possa ser considerado de referência na resolução de problemas complexos na nossa área. Queremos, ainda, poder ser reconhecidos como um meio prioritário para que a administração exponha a sua visão sobre possíveis alterações legislativas e institucionais. A disseminação das reflexões internas da APRH e das sínteses comentadas das conclusões dos eventos que organizamos irão, sem dúvida, aproximar mais os nossos membros e convencer outros especialistas da área a aderir a esta que é a mais antiga associação do sector e, por isso, fundadora e criadora de uma dinâmica de intervenção que foi essencial para atingirmos um nível de resposta aos problemas da água reconhecido internacionalmente como exemplar.

Maria da Conceição Cunha

Presidente da Comissão Diretiva da APRH

Correspondendo ao desafio da Comissão Diretiva, a nova direção da Revista Recursos Hídricos concebeu um novo formato, mais proactivo, para suscitar o interesse dos associados, provocar a reflexão informada sobre a realidade atual da gestão dos recursos hídricos em Portugal, suscitar a partilha de novas ideias e de promover a maior participação na vida da APRH.

A Recursos Hídricos, impulsionada pelos seus diretores, a quem queremos prestar aqui a nossa homenagem, desempenhou uma importante função nos seus 36 anos de vida: constituiu um veículo para a publicação de artigos técnicos e científicos no domínio dos recursos hídricos em Português. Grande parte dos trabalhos de investigação neste domínio realizados em Portugal e nos países de língua portuguesa foram divulgados na Revista. Estamos certos de que a leitura e a reflexão sobre esses artigos enriqueceram os interessados, suscitaram novas ideias e estimularam outros trabalhos de investigação que muito beneficiaram a nossa comunidade. Essa função da Revista tem de ser reforçada e permanente renovada.

Numa época em que a maior parte da produção científica tem de ser feita em inglês, e que o ensino mais avançado é ministrado também em inglês nas nossas universidades, é crucial não deixar que a nossa língua se esvaneça e perca o lugar que lhe compete na divulgação dos temas atuais no domínio dos recursos hídricos. Também por isso a função da Revista é muito relevante e tem de ser enfatizada.

Mas temos a ambição de levar mais longe a função da revista, com novas rubricas que ensaiamos neste número e que submetemos à apreciação dos associados.

Iniciamos com uma entrevista ao novo Ministro do Ambiente, a quem apresentámos algumas questões selecionadas que julgamos corresponderem a temas que suscitam o interesse e a preocupação da generalidade

da comunidade. As respostas vão provocar, naturalmente, a reflexão e a crítica, que se espera impulsionem a ação da APRH.

Procurámos, na secção “Em Destaque”, aprofundar a reflexão sobre alguns temas atuais mais relevantes, partindo naturalmente da visão dos autores: o rumo das políticas internacionais sobre as alterações climáticas na sequência da Cimeira de Paris, de dezembro passado; a apreciação crítica sobre a implementação da taxa de recursos hídricos, que constitui um instrumento primordial da política pública da água que nos confronta a todos diretamente, e a reflexão sobre a organização institucional e operacionalização da gestão dos recursos hídricos para fundamentar a formulação de propostas pertinentes. Esperamos que os temas tratados provoquem as reações que se aguardam para publicação no próximo número.

A secção “CT & I” constitui o espaço privilegiado para publicação de artigos científicos, técnicos e de inovação, que se espera dê continuidade e reforce a vocação original da revista. Convidam-se, desde já, todos os associados a partilhar os seus trabalhos em estudos inovadores e projetos de investigação em curso, para desta forma suscitarem novas ideias e contribuir para o aprofundamento e o progresso dos conhecimentos.

Na secção “Divulgação” procuramos difundir histórias, factos e biografias, relacionadas com o tema dos recursos hídricos, que geram naturalmente a curiosidade dos leitores. Neste número abordamos o tema do “dilúvio”, que faz parte da cultura de diferentes civilizações e que, segundo a tradição, esteve na origem da fundação da China, com a primeira dinastia, Xia, há mais de 4000 anos. Republicamos a biografia do Estêvão Cabral, ilustre hidráulico do século XVIII, pertencente à Companhia de Jesus, que teve grande influência na conceção e realização de importantes obras em Portugal, de que se destaca a obra do Baixo Mondego.

Precedendo os “estrangeirados” do século XIX, soube aplicar e desenvolver a experiência adquirida em Itália, onde foi forçado a viver devido à política do Marquês de Pombal, e contribuir para o progresso e a inovação em Portugal.

A secção “Dentro da APRH” destina-se a divulgar notícias sobre a vida da APRH. Neste número apresentamos a lista que se candidatou às próximas eleições da associação, que esperamos motive a participação nos atos eleitorais.

Selecionamos as notícias mais relevantes sobre o tema dos recursos hídricos, que são apresentadas na secção “Notícias” e na “Agenda” identificámos os eventos dos próximos meses que devem ser acompanhados pelos associados.

Finalmente na secção “Acquajuris” divulgamos a legislação nacional, da União Europeia e internacional relevante, e pretendemos aprofundar a análise de alguns dos instrumentos legislativos mais importantes. Neste número apresentamos a Diretiva (UE) 2015/1787, que introduz um sistema de controlo mais eficaz da água potável para uma melhor proteção da saúde pública, que constituirá um desafio importante para as entidades gestoras dos sistemas públicos de abastecimento de água.

Esperamos que este número vá ao encontro das expectativas dos associados, e aguardamos interessadamente as críticas e sugestões para continuarmos a inovar.

António Gonçalves Henriques



entrevista



O Governo entende que a resposta aos problemas complexos da gestão dos recursos hídricos passa, em grande medida, por promover o envolvimento de toda a comunidade

Entrevista ao Ministro do Ambiente, João Pedro Matos Fernandes

1. ORGANIZAÇÃO DESCONCENTRADA DA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

A Lei da Água, Lei nº 58/2005, constituiu um progresso muito relevante na gestão dos recursos hídricos, nomeadamente na organização institucional desconcentrada consubstanciada pelas Administrações de Região Hidrográfica e pelos Conselhos de Região Hidrográfica.

O Decreto-Lei nº 130/2012 revogou partes substanciais da Lei nº 58/2005, nomeadamente no que respeita às Administrações de Região Hidrográfica e aos Conselhos de Região Hidrográfica. As Administrações de Região Hidrográfica foram integradas na Agência Portuguesa do Ambiente, enquanto Autoridade Nacional da Água, e os Conselhos de Região Hidrográfica passaram a ser órgãos consultivos da mesma Agência Portuguesa do Ambiente.

1. Foi feita a avaliação da eficácia e da economia global das alterações introduzidas na Lei nº 58/2005?

***Resposta:** O Governo entende que a resposta aos problemas complexos da gestão dos recursos hídricos passa, em grande medida, por promover o envolvimento de toda a comunidade.*

Convicto da sua importância, o Governo tem intenção de visitar o modelo de governança da gestão dos recursos hídricos com vista a assegurar a participação de todos os atores no âmbito da Região Hidrográfica.

Para o efeito entendemos promover uma reflexão que, chamando todos os interessados, proceda a uma avaliação, incluindo da eficácia das alterações introduzidas na Lei da Água, com vista a chegar a um modelo de governança da Gestão dos Recursos Hídricos que melhor responda aos desafios que enfrentamos, em especial aos desafios da variabilidade climática.

Entendemos promover uma reflexão que, chamando todos os interessados, proceda a uma avaliação, incluindo da eficácia das alterações introduzidas na Lei da Água, com vista a chegar a um modelo de governança da Gestão dos Recursos Hídricos que melhor responda aos desafios que enfrentamos,

2. SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

A gestão dos recursos hídricos tem de ser baseada em dados credíveis e actualizados sobre as massas de água e sobre os usos dos recursos hídricos, como é estabelecido na Lei da Água. A disponibilização da informação, através do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH) visa, nomeadamente, assegurar “o maior conhecimento do estado e tendências dos meios hídricos de forma a apoiar a investigação científica, o ensino, as capacidades de estudo e projeto e o controlo pelo cidadão da própria gestão e planeamento”. Verifica-se, no entanto, que a informação disponível através do SNIRH é muito escassa e deficiente, limitando-se praticamente a dados de algumas variáveis hidrometeorológicas, designadamente de precipitações, e alguns dados esparsos sobre escoamentos e qualidade da água.

1. É intenção do Governo promover a recolha sistemática e a validação da informação sobre os recursos hídricos, nomeadamente no que respeita às variáveis não convencionais, como as variáveis da qualidade da água (incluindo as substâncias perigosas) e as variáveis ecológicas, bem como as variáveis sobre as utilizações dos recursos hídricos?

Resposta: *É imperativo para o Governo manter a gestão integrada dos recursos hídricos, como forma de modo a proteger e valorizar os ecossistemas, sejam eles aquáticos ou terrestres. Neste sentido, o fortalecimento dos sistemas de informação de recursos hídricos e*

a monitorização das massas de água, quer em termos de quantidade (rede hidrometeorológica), quer em termos de qualidade (Plano Estratégico de Monitorização de Recursos Hídricos) afiguram-se um instrumento fundamental para garantir a gestão eficiente destes recursos.

2. Está prevista a elaboração de um programa de monitorização, designadamente no âmbito do PO SEUR? Está previsto o reforço do SNIRH neste âmbito?

Resposta: *O Governo irá prosseguir os desígnios da melhoria da gestão de recursos hídricos, baseados na melhoria do conhecimento técnico e científico para apoiar a gestão e a tomada de decisão, mediante o reforço das capacidades dos sistemas de informação e de monitorização, promovendo o investimento em inovação e novas tecnologias.*

A APA, enquanto autoridade nacional da água, promoveu uma candidatura ao Sistema de Apoio à Modernização e Capacitação da Administração Pública (SAMA)), em 2015, no âmbito da qual se pretende atualizar o SNIRH com novas funcionalidades, em alinhamento com as exigências da Diretiva Quadro da Água, designadamente na definição de um modelo de dados que integre as estruturas de informação necessárias ao planeamento e recolha de dados de Monitorização de Qualidade e Quantidade.

Torna-se também necessário atualizar a plataforma tecnológica e dotá-la de capacidade de integração com as restantes aplicações, designadamente o Licenciamento de Recursos Hídricos, Fiscalização e plataforma BI (Business Intelligence). Esta candidatura está em fase de apreciação por parte da autoridade de gestão.

Por outro lado, a APA apresentou ainda ao POSEUR uma candidatura relativa aos estudos necessários para melhorar e complementar os critérios de classificação das massas de água a nível nacional.

Recorde-se que o PO SEUR prevê, em matéria de Gestão Eficiente dos Recursos Hídricos, as operações abrangidas que se revelem indispensáveis para a prossecução do objetivo específico e se enquadrem na Prioridade de Investimento “Investimentos no setor da água, para satisfazer os requisitos do acervo

ambiental da União e atender às necessidades de investimento, identificadas pelos Estados Membros".

Recordo que no calendário de Avisos ao Portugal 2020¹ não consta a tipologia de intervenção relativa a Gestão Eficiente dos Recursos Hídricos, pelo que não existe ainda informação disponível, em termos de programação de execução.

O Governo irá prosseguir os desígnios da melhoria da gestão de recursos hídricos, baseados na melhoria do conhecimento técnico e científico para apoiar a gestão e a tomada de decisão, mediante o reforço das capacidades dos sistemas de informação e de monitorização, promovendo o investimento em inovação e novas tecnologias.

3. TAXA DE RECURSOS HÍDRICOS E FUNDO DE PROTEÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

A informação sobre a aplicação da taxa de recursos hídricos é também muito escassa, em particular por não existir o relatório com a descrição das receitas obtidas e a respetiva aplicação, bem como a identificação e descrição das atividades promovidas e financiadas pelo Fundo de Proteção de Recursos Hídricos e respetivos critérios de selecção, de acordo com o artigo 19º da Lei n.º 82-D/2014, de 31 de dezembro. A avaliação genérica realizada com dados parciais divulgados nos documentos dos Planos de Região Hidrográfica permitem concluir que mais de 60% das receitas provem das cobranças aos consumidores domésticos, responsáveis por menos de 12% dos consumos, enquanto sectores consumidores importantes, como a hidroelectricidade, que estão isentos do pagamento da taxa, ou a agricultura, com mais de 70% dos consumos, que têm taxas muito reduzidas.

1 - https://www.portugal2020.pt/Portal2020/Media/Default/Docs/avisos/Planos/Lista%20Avisos%20CIC_%2011nov_AprovCIC_rev_20_11.pdf

1. Está prevista a publicação de relatórios sobre a aplicação da taxa de recursos hídricos?

Resposta: *O aumento da transparência e visibilidade da aplicação da taxa de recursos hídricos constitui uma preocupação central, nomeadamente através da divulgação da alocação de meios a projetos.*

No âmbito da Fiscalidade Verde já está prevista a divulgação pública de relatórios relativos à aplicação da taxa de recursos hídricos. Vamos aprofundar ainda mais este aspeto quando for criado o "Superfundo Ambiental" que está previsto no Programa do XXI Governo Constitucional.

2. Está prevista a revisão da fórmula de cálculo da taxa de recursos hídricos de forma a adequar os valores das taxas à efectiva utilização dos recursos hídricos, de forma equitativa?

Resposta: *É nossa intenção, para além de acautelar uma maior transparência no âmbito de uma iniciativa mais abrangente inserida na revisão da Fiscalidade Verde, promover a reavaliação dos pressupostos de aplicação da Taxa de Recursos Hídricos, decorrido um período suficientemente importante desde a sua entrada em vigor.*



3. Está prevista a fusão do Fundo de Proteção de Recursos Hídricos com o Fundo de Intervenção Ambiental?

Resposta: *O Programa do Governo prevê a criação do «Superfundo Ambiental», concentrando os diferentes fundos ambientais atualmente existentes (designadamente o Fundo Português*

de Carbono, o Fundo de Intervenção Ambiental, o Fundo de Proteção dos Recursos Hídricos, o Fundo para a Conservação da Natureza e da Biodiversidade, de modo a obter um instrumento com maior capacidade financeira para atuar na preservação dos recursos naturais, na prevenção de riscos e na reparação de danos ecológicos.

O Programa do Governo prevê a criação do «Superfundo Ambiental», concentrando os diferentes fundos ambientais atualmente existentes, de modo a obter um instrumento com maior capacidade financeira.

4. CONVENÇÃO DE ALBUFEIRA DE 1998

A Convenção de Albufeira de 1998 (Convenção sobre a Cooperação para a Protecção e o Aproveitamento Sustentável das Águas das Bacias Hidrográficas Luso-Espanholas) tem realizado escassos progressos desde a entrada em vigor e parece ter entrado numa fase de estagnação.

Só foram realizadas três Conferências das Partes, a última em Julho de 2015, após um interregno de sete anos. Um dos principais problemas que a Convenção visa resolver é a garantia de caudais nas bacias hidrográficas partilhadas.

Nos termos do artigo 16º da Convenção, “as Partes, no seio da Comissão, definem, para cada bacia hidrográfica, de acordo com métodos adequados à sua especificidade, o regime de caudais necessário para garantir o bom estado das águas, os usos actuais e previsíveis e o respeito do regime vigente dos Convénios de 1964 e 1968”. Quando a Convenção foi assinada, foi adotado o “Protocolo Adicional”, que estabelece de forma provisória o regime de caudais, “até que se defina o regime de caudais” a que se refere o artigo 16º. Embora o “Protocolo Adicional” tenha sido revisto em 2008, persiste um regime provisório de caudais que não é conforme com a metodologia estabelecida no artigo 16º, e se tem revelado manifestamente insuficiente.

Por outro lado verifica-se que o *site* da *internet* da Convenção se mantém desactualizado. O último relatório de atividades da Comissão para a Aplicação e o Desenvolvimento da Convenção (CADC) publicado é de 2009, a última ata da CADC é de 2013, e o último Relatório Hidrometeorológico do Regime de Caudais refere-se ao ano hidrológico de 2013-14, quando seria interessante dispor da informação sobre os caudais em tempo real.

1. Está previsto que seja retomado o funcionamento regular dos órgãos da Convenção?

Resposta: É nosso desejo aumentar e desenvolver a cooperação luso-espanhola no setor da água, nomeadamente através da revisão das ações e medidas previstas na Convenção de Albufeira. A concretização de planos de gestão conjuntos para as bacias hidrográficas partilhadas, assegurando o objetivo de garantir as exigências ambientais e o interesse nacional são um bom exemplo do que pretendemos aprofundar.

É nosso desejo aumentar e desenvolver a cooperação luso-espanhola no setor da água, nomeadamente através da revisão das ações e medidas previstas na Convenção de Albufeira

2. Estão a ser desenvolvidos os estudos previstos no artigo 16º para definição do regime de caudais?

Resposta: Respondida anteriormente

3. Está prevista a manutenção regular do *site* da *internet* da Convenção, de forma a disponibilizar informação actualizada, designadamente a informação em tempo sobre os caudais?

Resposta: No âmbito de desenvolvimento do SNIRH anteriormente referido, bem como da implementação da rede hidrometeorológica, está prevista a recolha e tratamento da informação sobre os recursos hídricos, incluindo os partilhados com Espanha.



em destaque

Alterações climáticas – a esperança de Paris

Francisco Ferreira

Professor na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Presidente da ZERO – Associação Sistema Terrestre Sustentável

As alterações climáticas são um dos problemas mais críticos para a humanidade e para um desenvolvimento sustentável, neste século XXI. A interligação entre a ciência e a decisão política à escala global é consagrada pelo trabalho do Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas (IPCC, na sigla em inglês) e respetivos relatórios e pela Convenção das Nações Unidas para as Alterações Climáticas (UNFCCC) desde 1992, que reúne na Conferência anual das Partes (COP) todos os países com assento nas Nações Unidas (Figura 1).

O Protocolo de Quioto (PQ), assinado em 1997, foi o primeiro acordo internacional que resultou destas reuniões anuais, para limitar as emissões a nível mundial impondo restrições aos países desenvolvidos. Este protocolo só viria a entrar em vigor em 2005, depois de haver pelo menos 55 países o ratificarem, incluindo pelo menos 55% das emissões dos países desenvolvidos (Anexo I) contabilizadas em 1990. A meta do PQ era bem clara: reduzir ao nível mundial pelo menos 5.2% das emissões globais do planeta, entre 2008 e 2012. Este foi o primeiro passo à escala mundial para combater as alterações climáticas.

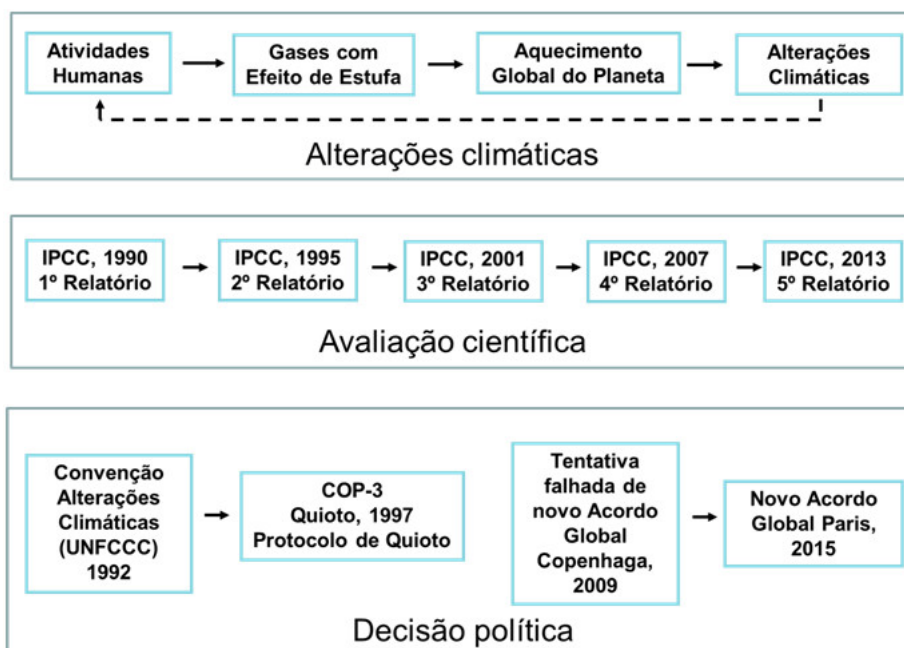


Figura 1. Contextualização do problema e dos diferentes níveis de abordagem

A Cimeira de Copenhaga, em 2009, não conseguiu criar uma alternativa e dar continuidade ao PQ, definindo uma meta de redução e envolvendo todos os países na redução das emissões à escala global. Após este desaire, em 2011, na Conferência das Nações Unidas em Durban, na África do Sul, começou a desenhar-se um novo Acordo que viria a ser adotado em Paris, no final de 2015.

AS EMISSÕES À ESCALA GLOBAL

À escala global, os principais gases de efeito estufa (GEE) emitidos pelas atividades humanas são o dióxido de carbono (CO_2) associado ao uso de combustíveis fósseis (65% da contribuição para o aquecimento global). A forma como se usa o solo é também uma importante fonte de CO_2 , especialmente quando envolve a desflorestação (11%). O metano (CH_4) proveniente das atividades agrícolas, gestão de resíduos, uso de energia e queima de biomassa pesa 16% nas emissões globais. O óxido nitroso (N_2O) de atividades agrícolas, tais como o uso de fertilizantes e queima de biomassa, pesa 6% e, por último, 2% de contribuição provém dos gases fluorados que não existiam na natureza e que estão associados a processos industriais e refrigeração. Acrescente-se ainda o carbono negro, uma partícula sólida ou de aerossol, e que também contribui para o aquecimento da atmosfera, ainda que em percentagem muito baixas (IPCC, 2014).

No que respeita à repartição por setores, 25% das emissões de GEE é proveniente da produção de eletricidade e calor, 14% são emissões associadas aos transportes, 6% de edifícios residenciais e comerciais, 21% da indústria; 24% proveniente da agricultura, florestas e outros usos do solo e 10% de outros usos de energia.

Em 2014, o topo dos países emissores de carbono foram a China, os Estados Unidos, a União Europeia, a Índia, a Rússia, Japão e Canadá. Estes dados incluem as emissões de CO_2 provenientes da queima de combustíveis fósseis, bem como fabricação de cimento e queima de gás. De notar que quatro países ou grupos de países (China com 28%, EUA com 14%, UE28 com 10% e Índia com 7%), representam 58% das emissões globais de CO_2 associadas aos combustíveis fósseis. As emissões totais da

China já ultrapassaram as dos EUA e, *per capita* já ultrapassaram as da União Europeia.

AS PECULIARIDADES DO ACORDO DE PARIS

Depois de um primeiro texto saído de negociações em Genebra, em fevereiro de 2015, e depois de duas sessões negociais em Bona, muito haveria ainda por construir ao longo das duas semanas da COP de Paris, entre 30 de novembro e 12 de dezembro, do mesmo ano. Tratou-se de uma das mais importantes conferências de sempre das Nações Unidas, com 40 mil participantes, a presença de chefes de Estado e de governo, e, ainda, dois meses depois da adoção dos objetivos para o desenvolvimento sustentável, em Nova Iorque, onde as questões do clima já haviam merecido destaque.

As negociações em Paris foram difíceis, dado que era necessário ultrapassar um conjunto de paradigmas que até aqui tinham sido invioláveis, principalmente a separação em termos de responsabilidades e compromissos entre países desenvolvidos e países em desenvolvimento.

Esta é, cada vez mais, uma fronteira ténue, tendo em conta as capacidades e poder de várias das economias emergentes ou de alguns países produtores de petróleo no Médio Oriente, mas classificados como em desenvolvimento. Conseguir um acordo passava também por ultrapassar as divergências entre EUA e China, felizmente atenuadas num entendimento bilateral, ainda em novembro de 2014, onde ambos os países se comprometeram com metas de redução nacionais e um pico de emissões até 2030. Este acordo tinha ainda de ser capaz de enquadrar o nível de ambição climática dos países menos desenvolvidos e da União Europeia, um bloco que, infelizmente, tornou-se menos relevante politicamente, por comparação com o final dos anos noventa do século passado.

Um dos aspetos mais importantes para se entender o Acordo de Paris, é compreender

que, ao contrário do Protocolo de Quioto que foi construído olhando para uma meta global de emissões depois repartida pelos países desenvolvidos, o Acordo de Paris tem uma visão de baixo para cima, onde cada país afirmou as metas, ou compromissos nacionais (INDC – *Intended National Determined Contributions*), que deverá cumprir em 2025 ou em 2030, sendo que o valor das emissões no futuro apenas poderá vir a ser reduzido e nunca aumentar. No final, somam-se estas contribuições, encontra-se o total global e avalia-se o cumprimento do objetivo final: limitar o aumento máximo de temperatura para a atmosfera. O Acordo de Paris não traça metas a cumprir, mas é o início de um processo que tem a capacidade de tornar mais eficaz e exigente o combate às alterações climáticas face à evolução das emissões, aos dados científicos que forem surgindo e por envolver todos os países.

Efetivamente, antes da reunião em Paris, os países foram chamados a apresentar as referidas contribuições nacionais à UNFCCC, para que fosse conhecido o percurso de redução de emissões de GEE até 2030. No caso dos países em desenvolvimento também a expressão das suas necessidades de adaptação a um clima em mudança viriam a ser concretizadas no mesmo documento.

Hoje, somadas as metas nacionais de redução, serão emitidas por ano 55 gigatoneladas de emissões de GEE, em 2030, o que corresponde a um aumento de temperatura de 2.7°C em relação à era pré-industrial. Para assegurar um aumento máximo de 2°C o limite é de 40 gigatoneladas de emissões por ano.

A capacidade dos compromissos serem cada vez mais exigentes de acordo com a trajetória futura de emissões tornou-se assim um aspeto absolutamente fundamental do Acordo de Paris, dado que o nível de exigência ainda foi mais longe que o inicialmente expectável. Este acordo pretende assegurar um aumento de temperatura bem abaixo de 2°C em relação à era pré-industrial e procurar mesmo limitá-lo a

1.5°C, para além de se atingir um balanço neutral entre as fontes (as emissões antropogénicas) e os sumidouros de carbono (florestas e outros), na segunda metade deste século. Este objetivo de neutralidade das emissões tem implicações enormes na matriz energética mundial, pois só um investimento, sem escala até hoje, em energias renováveis e em eficiência energética, deixando os combustíveis fósseis nas suas jazidas, é compatível com este nível de ambição. Claramente estamos a falar de uma mudança de paradigma que terá repercussões enormes no modo como as sociedades se sustentam e se perspetivavam em relação aos tempos atuais. Relativamente ao novo objetivo de aumento de temperatura máximo de 1.5°C, deverá ser apresentada, em 2018, uma avaliação pelo Painel Intergovernamental para este objetivo e, nesse mesmo ano, os países farão uma discussão sobre os compromissos nacionais e as metas em causa, apesar de infelizmente só em 2020 (com metas para 2030) haver uma formalização de novos compromissos em relação aos registados até ao final do ano passado. A partir de 2020 a revisão dos planos será de 5 em 5 anos: em 2025, com metas para 2035 e assim sucessivamente.

O Acordo de Paris possui também outras vertentes positivas: tem compromissos ambiciosos para a comunicação, atualização e implementação de metas de mitigação. O financiamento climático para mitigação e adaptação, está consagrado neste Acordo começando em 100 mil milhões de dólares em 2020, com promessas de crescimento do valor a partir de 2025. Existirá um mecanismo para lidar com questões de implementação e promoção do cumprimento no âmbito das disposições do acordo, criando um mercado global de carbono num quadro de desenvolvimento sustentável; reforça a necessidade e capacidade de adaptação dos países às alterações climáticas e ainda reconhece as necessidades especiais e situações específicas dos países menos desenvolvidos. No que respeita ao funcionamento e operacionalização do Acordo e dos respetivos compromissos, foi estabelecida uma iniciativa para a capacitação da transparência. Num outro assunto sensível, as perdas e danos, – traduzido como a responsabilização dos países com um passivo histórico maior de emissões

pelas consequências atuais e futuras das alterações climáticas – foi decidido um reforço dos mecanismos definidos na COP de Varsóvia, em 2013, e que passa, nomeadamente, pela criação de seguros que cubram os prejuízos.

Se o Acordo de Paris tem um conjunto de virtudes, a mais importante das quais é ter sido aprovado pelos 196 países presentes na Cimeira do Clima, por consenso e aclamação. Mas nem tudo são virtudes. A principal crítica reside no facto do Acordo não ser vinculativo (apenas os compromissos nacionais o são), de forma a permitir a sua ratificação por países onde a dificuldade de viabilizar tratados desta natureza é muito grande, como é o caso dos Estados Unidos da América, com uma forte oposição do Congresso e do Senado. A inexistência de sanções previstas no quadro das Nações Unidas também limita a pressão para o cumprimento. Passar de um Acordo conceptualmente virtuoso para uma prática consequente não será fácil, com muitos aspetos ainda por detalhar e operacionalizar. Por isso, são legítimas as dúvidas sobre a concretização da ambição escrita. Outro dos grandes obstáculos para este acordo era a desproporção, em termos de obrigações e de tratamento, entre países desenvolvidos e em desenvolvimento. Esta diferença ficou mais esbatida nalguns pontos do Acordo, mas não foi esquecida. Por último, refira-se ainda o caso da aviação e transporte marítimo globais, não terem metas específicas de redução de emissões. Nos últimos anos, as emissões nestes setores aumentaram 80%, entre 1990 e 2010 - e ainda há projeções de aumento de 270% até 2050.

Se o médio prazo é relevante, não se pode esperar até lá. É fundamental atuar já e o Acordo de Paris também reflete essa urgência, com a consagração de um esforço de cooperação e financiamento até ao ano 2020, para além da implementação de compromissos do PQ que continua em vigor.

O Acordo de Paris, entrará em vigor trinta dias depois de pelo menos 55 países, que representem 55% das emissões globais, o terem ratificado.

1,5°C OU 2,0°C?

Uma reflexão importante é percebermos os diferentes impactos climáticos para os

limites relevantes para a política de mitigação e adaptação às alterações climáticas – um aumento de 1.5°C ou de 2.0°C, em relação à era pré-industrial. Um estudo recente (Schleussner et al. 2015) fornece uma análise de diversos impactos biofísicos relevantes, destacando as principais diferenças, tanto a nível global como em regiões críticas.

Entre os principais resultados, envolvendo Portugal, refiram-se os seguintes impactes:

- Prevêem-se riscos de reduções substanciais de rendimento das culturas regionais no cenário de aumento de 2°C e, em menor medida, se o aumento não exceder os 1.5°C:
- A redução da produção e o aumento da escassez de água crescerão substancialmente entre os 1.5°C e os 2°C de aquecimento nas regiões secas subtropicais, sobretudo no Mediterrâneo.

• A região do Mediterrâneo, surge como uma zona crítica para reduções severas na disponibilidade de água e para o aumento do período de seca, à medida que o aquecimento passe de 1.5°C para 2°C.

- As regiões que já têm escassez de água enfrentarão reduções na disponibilidade de água até 15% para o cenário de 1.5°C. Este risco duplica para quase 30% de redução potencial no caso de 2.0°C de aquecimento.

E PORTUGAL?

No final de julho de 2015, Portugal aprovou o Quadro Estratégico para a Política Climática (QEPiC) que apresenta os objetivos políticos para 2030 e inclui o Programa Nacional para as Alterações Climáticas 2020/2030. O Protocolo de Quioto estabeleceu que a União Europeia como um todo, estava obrigada, no período 2008 -2012, a uma redução das emissões de GEE de 8%, em relação às verificadas em 1990. Este objetivo foi plenamente alcançado, registando-se a nível europeu uma redução de 15% das emissões face a 1990 (UE15).

No acordo de partilha de responsabilidades, a nível comunitário do PQ ficou estabelecido

que Portugal poderia aumentar as suas emissões em 27% em relação a 1990, não podendo exceder no período 2008 -2012 os 382 milhões de toneladas de equivalentes de CO₂ (Mt CO₂e). É de registar que as emissões nacionais representaram em 2013 apenas cerca de 1.5% das emissões europeias (UE28). Portugal assegurou o cumprimento deste objetivo essencialmente através da limitação de emissões de GEE em todos os setores da economia e do contributo do sequestro de carbono nas atividades de uso do solo, alterações do uso do solo e florestas (LULUCF). Comoefeito, após o rápido crescimento verificado durante a década de 90, as emissões nacionais registaram um abrandamento na viragem do século, verificando-se nos anos mais recentes, em especial após 2005, um decréscimo das emissões nacionais em grande parte devidas ao aumento das fontes de energia renováveis e à eficiência energética. As emissões nacionais referentes ao ano de 2013, sem contabilizar o setor LULUCF, estavam 7% acima do valor de 1990. Este valor representa ainda um decréscimo de cerca de 25% em relação ao ano de 2005 (Figura 2).

No contexto do pacote energia-clima para 2020, Portugal deverá limitar, entre 2013 e 2020, o aumento das emissões de GEE dos setores não-CELE (isto é, não abrangidos pelo Comércio Europeu de Licenças de Emissão,

onde se incluem as grandes indústrias, entre elas a centrais termoelétricas) a 1% em relação a 2005, estando também estabelecidos limites anuais para as emissões não-CELE nesse período. Portugal assumiu ainda uma meta de 31% de energia de fontes renováveis no consumo final bruto de energia, dos quais 10% nos transportes e um objetivo geral de redução no consumo de energia primária de 25% (mais ambicioso que o objetivo de 20% estabelecido a nível da UE) e um objetivo específico para a Administração Pública de redução de 30%. As linhas gerais para os instrumentos da política climática pós-2012 na sua dimensão de mitigação foram lançadas pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 93/2010, de 26 de novembro, que determinou a elaboração do Roteiro Nacional de Baixo Carbono (RNBC) e o Programa Nacional para as Alterações Climáticas 2020/2030 aprovado no âmbito do presente Quadro Estratégico. O RNBC constitui um instrumento prospetivo da maior relevância, apontando orientações estratégicas para a transição para uma economia competitiva e de baixo carbono, e que constitui um dos referenciais no qual se alicerçou o presente Quadro Estratégico e em particular a política de mitigação. A título de enquadramento, importa ainda destacar o Compromisso para o Crescimento Verde (CCV) que visa fomentar em Portugal um crescimento económico verde com

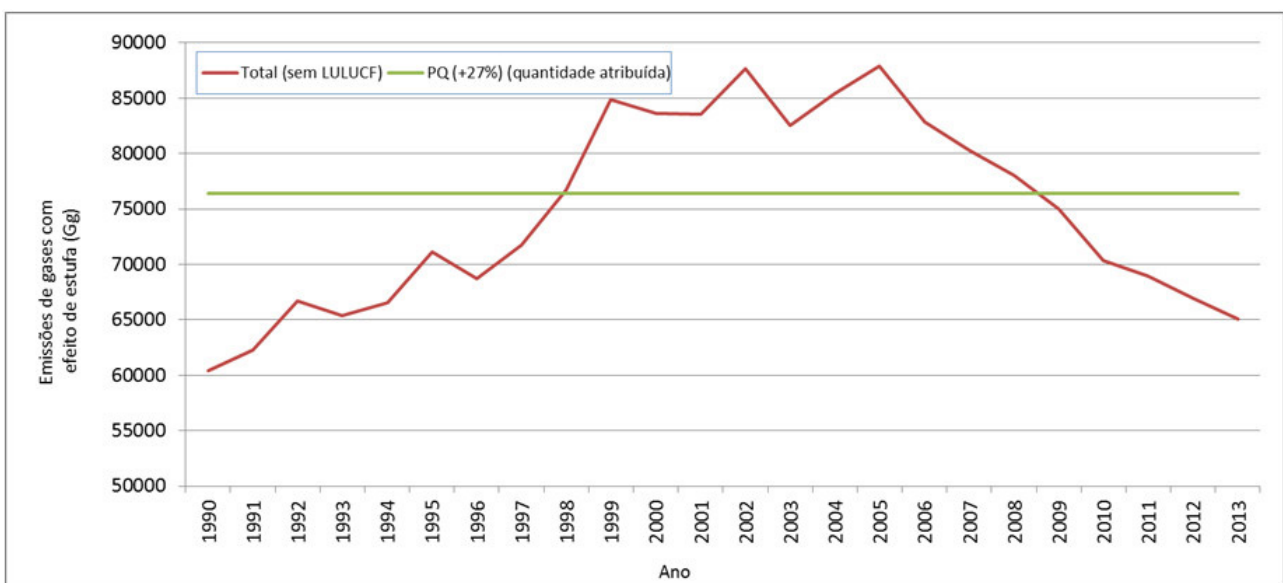


Figura 2. Evolução das emissões de gases com efeito de estufa em Portugal (1990 - 2013)
(Fonte: Agência Portuguesa do ambiente).

impacte nacional e visibilidade internacional, estimulando as atividades económicas verdes, promovendo a eficiência no uso dos recursos e contribuindo para a sustentabilidade. O CCV pretende concretizar esta dinâmica através do estabelecimento de um conjunto de metas quantificadas a atingir em 2020 e 2030.

No contexto da política climática destacam-se, no horizonte 2030, os seguintes objetivos:

- a) Uma redução de emissões de GEE entre 30% a 40% em relação a 2005, contingente a interligações da rede elétrica nacional ao resto da Europa;
- b) Um reforço do peso das energias renováveis no consumo final de energia para 40%;
- c) Aumento da eficiência energética através de uma redução de 30% sobre a *baseline* energética em 2030 traduzida numa intensidade energética de 101 tep/M€ PIB.

Em matéria de adaptação, a Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas (ENAA) constituiu a primeira abordagem nacional à temática da adaptação às alterações climáticas, tendo sido estruturada sob os seguintes objetivos: informação e conhecimento; reduzir a vulnerabilidade e aumentar a capacidade de resposta; participar, sensibilizar e divulgar; cooperar a nível internacional.

No que respeita aos efeitos das alterações climáticas no presente e futuro, há muito trabalho em desenvolvimento, como é exemplo o projeto ClimAdaPT.Local. Na totalidade dos 26 municípios abrangidos por este projeto, as vulnerabilidades atuais reconhecidas como mais frequentes foram: cheias e inundações, vento forte, temperatura elevada e ondas de calor, gelo/geada e deslizamento de vertentes. No que respeita a eventos climáticos com tendência a serem mais graves no futuro, foram identificados os seguintes:

- precipitação excessiva (cheias e inundações rápidas; deslizamento de vertentes e danos em infraestruturas): estes fenómenos tenderão a ser menos frequentes, mas mais intensos nos próximos anos, de acordo com as projeções;
- temperaturas elevadas/ondas de calor: as projeções apontam para um aumento substancial da temperatura na primavera e no verão ao longo deste século, bem como ondas de calor mais frequentes e

uma maior probabilidade de ocorrência de incêndios florestais, derivada da conjugação de situações de seca com temperaturas elevadas;

- secas: serão progressivamente mais frequentes e intensas até 2100;
- ondulação forte/galgamento costeiro: os cenários projetados para o ano de 2050 apontam para uma subida do nível médio do mar entre 0.17m e 0.38m, valores que evoluirão para um intervalo entre 0.26m e 0.82m até ao final do séc. XXI.

CONCLUSÃO

O Acordo de Paris, com assinatura simbólica pelas Partes prevista para o Dia da Terra, 22 de abril, nas Nações Unidas, em Nova Iorque, num evento de alto nível promovido pelo secretário-geral Ban Ki-moon, não satisfaz nem cada um dos países, nem a emergência para a qual a sociedade civil e os cientistas têm alertado, mas traça um caminho de futuro com esperança.

O Acordo não garante que o planeta se salva, mas foi um momento político multilateral fundamental, necessário e suficientemente ambicioso para ultrapassar este enorme problema, mais do que ambiental, da própria humanidade.

REFERÊNCIAS

IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

Schleussner, C.-F., Lissner, T. K., Fischer, E. M., Wohland, J., Perrette, M., Golly, A., Rogelj, J., Childers, K., Schewe, J., Frieler, K., Mengel, M., Hare, W., and Schaeffer, M.: Differential climate impacts for policy-relevant limits to global warming: the case of 1.5 °C and 2 °C, 2015 Earth Syst. Dynam. Discuss., 6, 2447-2505, doi:10.5194/esdd-6-2447-2015.

A (ir)racionalidade da taxa de recursos hídricos

António Gonçalves Henriques

Professor Convidado do Instituto Superior Técnico, Lisboa

1. ENQUADRAMENTO

Mensalmente somos confrontados com a cobrança das taxas de recursos hídricos e de saneamento nas nossas faturas da água. Para os residentes em Lisboa, a EPAL esclarece, na sua página da *internet*, que *está a cobrar, desde o dia 1 de agosto de 2008, a Taxa de Recursos Hídricos no cumprimento do Decreto-Lei n.º 97/2008, de 11 de junho, em resultado do alinhamento da legislação nacional (Lei da Água) com as diretivas comunitárias (Diretiva n.º 2000/60/CE)*. Mais esclarece a EPAL que esta taxa surge para compensar os custos associados às atividades de planeamento, proteção e gestão dos recursos hídricos e potenciar um uso eficiente dos mesmos, sendo a contribuição de cada utilizador proporcional ao uso que faz desses recursos, remetendo-nos, para mais esclarecimentos, para o Decreto-Lei n.º 97/2008, de 11 de junho e para o Despacho n.º 484/2009 do Ministro do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, de 8 de janeiro de 2009.

A ERSAR e a Agência Portuguesa do Ambiente apresentam esclarecimentos de idêntico teor sobre as taxas de recursos hídricos nas respetivas páginas da *internet*.

Três questões são suscitadas sobre os valores cobrados:

1. Fará sentido cobrar taxas de recursos hídricos aos consumidores/clientes dos serviços públicos de água?
2. Os valores das taxas cobradas são

razoáveis, nomeadamente em comparação com as taxas cobradas aos outros utilizadores da água?

3. Sendo a taxa bilateral, no sentido de sinalagmática, isto é, supõe uma *contrapartida específica consistente em prestação administrativa – isto é, a cargo da Administração Pública – contrapartida essa que não tem de equivaler rigorosamente ao montante da taxa* (Sousa, 2011), qual é a contrapartida específica a cargo da Administração Pública que corresponde ao valor das taxas cobradas?

Porque é que nos são cobradas taxas de recursos hídricos?

Os valores das taxas cobradas são razoáveis?

Qual é a contrapartida que corresponde ao valor das taxas cobradas?

2. FUNDAMENTO DA TAXA DE RECURSOS HÍDRICOS

Procurando aprofundar o esclarecimento prestado pela EPAL, o que é que a este respeito é estabelecido pelo direito da União Europeia? A Diretiva n.º 2000/60/CE estabelece, no considerando n.º 38 que o *princípio da*

recuperação¹ dos custos dos serviços hídricos, mesmo em termos ambientais e de recursos, associados aos prejuízos ou impactos negativos para o ambiente aquático deve ser tomado em conta, segundo o princípio do poluidor-pagador. Para esse efeito, será necessária uma análise económica dos serviços hídricos baseada em previsões a longo prazo relativas à oferta e à procura de água na região hidrográfica.

No artigo 9º, n.º 1, segundo parágrafo, a referida Diretiva estabelece que Os Estados-Membros assegurarão que até 2010:

as políticas de preços da água² deem incentivos adequados para que os consumidores utilizem eficazmente a água, e assim contribuam para os objetivos ambientais da presente diretiva,

seja estabelecido um contributo adequado dos diversos setores económicos, separados pelo menos em setor industrial, setor doméstico e setor agrícola, para a recuperação dos custos dos serviços hídricos³, baseado numa análise económica realizada de acordo com o anexo III e que tenha em conta o princípio do poluidor-pagador.

Neste contexto, os Estados-Membros podem

1 - A versão da Diretiva em Português refere, incorretamente, "amortização", em vez de "recuperação dos custos dos serviços hídricos", como as versões em Inglês, "recovery", em Francês, "récupération", ou em Espanhol, "recuperación". A recuperação dos custos inclui, não só, a amortização do capital, mas também os custos de operação e de manutenção, e os custos financeiros.

2 - A versão da Diretiva em Português refere "estabelecimento de preços da água", em vez de "de preços da água" simplesmente, como as versões em Inglês, Francês ou Espanhol.

3 - De novo, a versão da Diretiva em Português refere, incorretamente, "serviços de abastecimento de água", em vez de "serviços hídricos", como as versões em Inglês, "water services", em Francês, "services de l'eau", ou em Espanhol, "servicios relacionados con el agua". De acordo com o n.º 38 do artigo 2º, "serviços hídricos" refere-se a todos os serviços que forneçam a casas de habitação, a entidades públicas ou a qualquer atividade económica: a) A captação, represamento, armazenamento, tratamento e distribuição de águas de superfície ou subterrâneas; b) A recolha e tratamento de águas residuais por instalações que subsequentemente descarregam os seus efluentes em águas de superfície.

atender às consequências sociais, ambientais e económicas da recuperação dos custos⁴, bem como às condições geográficas e climatéricas da região ou regiões afetadas.

A leitura deste artigo, tendo em atenção o considerando n.º 38, evidencia que os preços da água devem visar dois objetivos:

- a) Incentivar a utilização eficaz da água, contribuindo para os objetivos ambientais das águas.
- b) Contribuir de forma adequada para a recuperação dos custos dos serviços hídricos.

Penso não suscitar dúvidas que nas faturas dos serviços de abastecimento de água:

1. as parcelas relativas a "contas de água" respeitam ao contributo para a recuperação dos custos dos serviços de abastecimento de água, consistindo numa tarifa pela prestação do serviço de captação, transporte, tratamento e distribuição individualizada de água a cada consumidor;
2. as parcelas relativas a saneamento respeitam ao contributo para a recuperação dos custos do serviço de coleta, drenagem e tratamento das águas residuais, consistindo na tarifa pela prestação deste serviço;
3. as parcelas relativas à taxa de recursos hídricos correspondem à captação de água (TRH água) e à rejeição de águas residuais (TRH saneamento), que em ambos os casos consiste na utilização privativa da água como bem público.

As tarifas correspondentes às parcelas 1 e 2 remuneram as entidades que prestam os serviços públicos de abastecimento de água e de saneamento, enquanto as taxas constituem receita da Administração Pública e portanto, no sentido sinalagmático, pressupõem uma contrapartida por parte da mesma Administração Pública. Quer as tarifas quer as taxas de recursos

4 - A versão da Diretiva em Português refere aqui, também incorretamente, "amortização", em vez de "recuperação" dos custos dos serviços hídricos, como assinalado na nota 1.

hídricos visam incentivar o uso eficiente da água, sobretudo as tarifas dos serviços de abastecimento de água na medida em que são progressivas com os valores dos consumos, por blocos.

A Lei da Água, Lei n.º 58/2005 de 29 de dezembro, alterada pelo Decreto-Lei n.º 130/2012, de 22 de junho, clarifica a aplicação dos conceitos de taxa e de tarifa nos artigos 77º, 78º e 82º, e explicita as contrapartidas prestadas pela cobrança das taxas de recursos hídricos no artigo 79º. Já o artigo 83º, que tem uma redação idêntica ao artigo 9º da Diretiva, referindo-se genericamente a preços da água deveria ser melhor articulado com os artigos anteriores.

O Decreto-Lei n.º 97/2008, de 11 de junho, que estabelece o regime económico e financeiro dos recursos hídricos, refere no preâmbulo o seguinte:

O aproveitamento de águas do domínio público hídrico, a descarga de efluentes, a extração de inertes, a ocupação do domínio público hídrico ou a utilização de águas cujo planeamento e monitorização são assegurados pelo Estado são atividades às quais estão associados custos públicos e benefícios particulares muito significativos, e que mais significativos se vão tornando à medida que se agrava a escassez dos recursos hídricos e se intensifica a atividade de planeamento, gestão e proteção destes recursos a que as autoridades públicas estão obrigadas.

A compensação desses custos e benefícios constitui, portanto, uma exigência essencial da gestão sustentável da água, pois só quando o utilizador interiorize⁵ os custos e benefícios que projeta sobre a comunidade se pode esperar dele um aproveitamento racional dos recursos hídricos escassos de que a comunidade dispõe. Mais do que isso, a compensação dos custos e benefícios associados à utilização dos recursos hídricos constitui uma exigência elementar de igualdade tributária, pois quando não se exige o custo ou o benefício do utilizador, permite-se, afinal, que ele provoque custos que o todo da comunidade acaba por suportar ou que se aproprie gratuitamente de recursos hídricos que

são úteis ao todo da comunidade.

O artigo 3º do mesmo Decreto-Lei explicita as finalidades da taxa de recursos hídricos e das tarifas dos serviços públicos de águas.

Ficam assim, solidamente fundamentados os conceitos de tarifa dos serviços hídricos e de taxa de recursos hídricos.

3. OPERACIONALIZAÇÃO DA TAXA DE RECURSOS HÍDRICOS

O Decreto-Lei estabelece que a base tributável da taxa de recursos hídricos é constituída por cinco componentes: $TRH = A + E + I + O + U$, em que:

A: corresponde à utilização privativa de águas do domínio público hídrico do Estado, DPHE, calculada pela aplicação de um valor de base (em €/m³) ao volume de água captado, desviado ou utilizado, multiplicado pelo coeficiente de escassez se não se tratar de águas marinhas.

E: corresponde à descarga, direta ou indireta, de efluentes sobre os recursos hídricos, suscetíveis de causar impacte significativo, calculada pela aplicação de um valor de base (em €/kg) à quantidade de poluentes contidos na descarga. Os poluentes considerados são a matéria oxidável, expressa pela combinação da carência química de oxigénio e da carência bioquímica de oxigénio durante cinco dias, o azoto total e o fósforo total.

I: corresponde à extração de inertes do DPHE, calculada pela aplicação do valor de um valor de base (em €/m³) ao volume de inertes extraídos.

O: corresponde à ocupação de terrenos do DPHE e à ocupação e criação de planos de água, calculada pela aplicação de um valor de base (em €/m²) à área ocupada. Algumas infraestruturas estão sujeitas ao pagamento da TRH por metro linear.

U: corresponde à utilização privativa de águas, qualquer que seja a sua natureza legal, sujeitas a planeamento e gestão públicos, suscetíveis de causar impacte significativo, calculada pela aplicação de um valor de base (em €/m³) ao volume de água captado, desviado ou utilizado.

5 - Deveria referir-se "internalize", para manter a consistência com os artigos 77º e 78º da Lei da Água.

A TRH compensa o benefício que resulta da utilização privativa do domínio público hídrico, o custo ambiental inerente às atividades suscetíveis de causar um impacto significativo nos recursos hídricos, bem como os custos administrativos inerentes ao planeamento, gestão, fiscalização e garantia da quantidade e qualidade das águas?

Não foi divulgado nenhum estudo que fundamente os valores de base das componentes da TRH, nem as bases de incidência de cada uma das componentes, o que suscita a seguinte questão: A TRH, como definida no Decreto-Lei, compensa o benefício que resulta da utilização privativa do domínio público hídrico, o custo ambiental inerente às atividades suscetíveis de causar um impacto significativo nos recursos hídricos, bem como os custos administrativos inerentes ao planeamento, gestão, fiscalização e garantia da quantidade e qualidade das águas, como estabelece o n.º 2 do artigo 3º do Decreto-Lei n.º 97/2008? Penso que não, pelos seguintes motivos:

1. Sendo a água um bem essencial e insubstituível, e sendo o acesso à água e ao saneamento reconhecido como um direito humano pela Resolução 64/292 das Nações Unidas, não me parece ser razoável considerar na determinação da TRH o benefício que resulta da captação de água para consumo humano e da rejeição de águas residuais, ao contrário das captações de água e das rejeições para as atividades económicas. Pelo menos até um determinado valor do consumo humano *per capita* essencial, que se estima ser da ordem de 3 m³ por habitante e por mês⁶, o valor da taxa não deveria ser cobrado aos consumidores domésticos.

6 - Este valor corresponde a cerca de 100 L/hab/dia, valor considerado ótimo para assegurar boas condições de saúde e higiene, segundo a Organização Mundial de Saúde (Howard & Bartram 2003).

2. Quanto ao custo ambiental inerente às atividades suscetíveis de causar impacto significativo nos recursos hídricos, parece irrazoável considerar constante o valor unitário (em €/m³) das componentes A e U da taxa de recursos hídricos para toda a bacia hidrográfica, e com pequenas variações, entre 1 e 1,2, para as diferentes bacias hidrográficas, correspondentes aos coeficientes de escassez como são definidos no n.º 3 do artigo 7º do Decreto-Lei n.º 97/2008, de 11 de junho, alterado pelo artigo 17º da Lei n.º 82-D/2014, de 31 de dezembro.

De facto, a captação de um determinado caudal tem impactos distintos em massas de água de superfície com caudais reduzidos ou com caudais elevados, ou em massas de água subterrâneas com diferentes capacidades de armazenamento e de recarga, o que é desconsiderado quando se adotam para as componentes A e U da TRH valores unitários (em €/m³) fixos. Para as massas de água de superfície seria mais correto calcular essas componentes da TRH em função de valores unitários dependentes do caudal médio dessa massa de água ou, melhor, em função de um indicador do caudal de estiagem, como o mínimo caudal mensal médio ou o caudal característico de estiagem, isto é, o caudal que não é excedido, em média, em 10 dias por ano, por exemplo. Para as massas de águas subterrâneas, os valores unitários das componentes A e U da TRH deveriam ser calculados em função da diferença entre a recarga e os caudais captados na mesma massa de água.

Por exemplo, no caso da EPAL, a água distribuída é captada em cinco locais distintos: captações de superfície na albufeira de Castelo do Bode e no rio Tejo em Valada, e captações subterrâneas nas nascentes dos Olhos de Água do rio Alviela, nos furos da Lezíria e nos poços da Ota e Alenquer. Os impactos nos recursos hídricos são necessariamente distintos nas diferentes captações, mas o valor unitário da componente A da TRH é o mesmo, e é idêntico para qualquer outra captação na bacia hidrográfica do Tejo.

3. No caso dos aproveitamentos hidroelétricos os impactos nos recursos hídricos não dependem, primordialmente, dos caudais captados, pelo que a componente A da TRH, como é calculada, falha o alvo. Para além do efeito de barreira nos cursos de água, que resulta da implantação das barragens causando a descontinuidade dos ecossistemas aquáticos, que deveria ser considerado na componente O da TRH⁷, os impactos dos aproveitamentos hidroelétricos resultam, fundamentalmente, da alteração do regime de caudais. Para os aproveitamentos a fio de água essas alterações são mínimas, enquanto para os aproveitamentos com albufeira essas alterações podem ser muito significativas. O valor unitário da componente A da TRH deveria ser calculado com base em indicadores das alterações de caudais provocadas pela exploração dos aproveitamentos hidroelétricos, que exprimem melhor os impactos sobre os recursos hídricos (*vd.*, por exemplo, Batalla *et al.* 2004, Botter *et al.* 2010, Magilligan & Nislow 2005, Richter *et al.* 1997). É claro que os benefícios sociais e económicos da regularização de caudais podem ser importantes, nomeadamente a garantia de caudais mínimos a jusante e o controlo dos caudais de cheia, e esses benefícios devem ser devidamente considerados na aplicação da TRH.
4. O que foi referido para as componentes A e U da TRH aplica-se também à componente E: não é indiferente, em termos do impacto sobre os recursos hídricos, o local da rede hidrográfica onde é feita a descarga de uma determinada carga poluente: a descarga em massas de água com caudal reduzido tem, em regra, um impacto muito maior do que a descarga em massas de água com caudais mais elevados. De forma análoga ao que foi referido para as componentes A e U, o valor unitário da componente E

deveria ser calculado em função do caudal médio ou, preferivelmente, em função de um indicador do caudal de estiagem, da massa de água. Neste caso estão excluídas as massas de água subterrâneas já que não são, em regra, admissíveis as descargas diretas nessas massas de água.

5. A componente E é calculada apenas em função das cargas da matéria oxidável, de azoto e de fósforo, que são predominantes nas descargas de esgotos domésticos. Em muitos casos, nomeadamente nas descargas de efluentes industriais, os impactos sobre os recursos hídricos devidos à descarga de outras substâncias são mais relevantes, nomeadamente as descargas de certas substâncias perigosas e de sólidos em suspensão, pelo que a componente E deveria refletir essa situação. Também a descarga de águas usadas na refrigeração, com elevadas cargas térmicas, têm um impacto significativo sobre os ecossistemas aquáticos, pelo que não é razoável desconsiderar este tipo de descargas no cálculo da componente E.

A operacionalização da taxa de recursos hídricos não permite compensar, adequadamente, o custo ambiental inerente às atividades suscetíveis de causar um impacto significativo nos recursos hídricos.

4. FARÁ SENTIDO COBRAR UMA TAXA DE RECURSOS HÍDRICOS AOS CONSUMIDORES/CLIENTES DOS SERVIÇOS PÚBLICOS DE ÁGUA?

Relativamente à primeira questão formulada no início deste texto, *fará sentido cobrar uma taxa de recursos hídricos aos consumidores/clientes dos serviços públicos de água?* Parece-me que não, pelos seguintes motivos:

1. As captações de água são controladas pelas entidades gestoras dos sistemas de serviço público de abastecimento de água, pelo que os consumidores finais não têm qualquer capacidade para alterar

7 - O valor unitário da componente O da TRH, actualmente de 0,05 €/m², é muito baixo, não constituindo efetivamente um contributo para compensar os custos ambientais que resultam do efeito das barragens na continuidade dos ecossistemas fluviais.

a operação dessas captações. Se uma captação numa massa de água tiver um impacto muito significativo, a TRH poderia, se fosse suportada pela entidade gestora e se fosse adequadamente aplicada, constituir um incentivo para reduzir os caudais captados ou mesmo eliminar essa captação. Sendo a TRH repercutida diretamente sobre os consumidores finais, como estabelecido no n.º 2 do artigo 5º do Decreto-Lei n.º 97/2008, deixa de constituir incentivo para a redução ou eliminação dos impactos das captações nos recursos hídricos.

2. A TRH é calculada em função do volume de água que é faturado aos consumidores finais. No entanto, o volume de água que é captado é superior ao volume de água faturado, porque existem perdas e fugas nos sistemas de adução e armazenamento e nos sistemas de distribuição. Se a TRH fosse cobrada à entidade gestora, constituiria um incentivo para controlar as perdas e fugas. Diferentemente, se a TRH for repercutida sobre os consumidores finais, as entidades gestoras deixam de ser incentivadas a reduzir as perdas e fugas.

Esta questão é aparentemente resolvida, de forma “criativa”, pelo artigo 18º da Lei n.º 82-D/2014, de 31 de dezembro, no quadro de “uma reforma fiscal ambiental”. De facto, o referido artigo estabelece que o valor das componentes da TRH relativas à captação de água é repercutido sobre o consumidor final, e deve ser calculado considerando o volume de água não faturado, incluindo as perdas físicas e comerciais verificadas nas entidades gestoras dos serviços de abastecimento de água até determinados montantes. São fixados, administrativamente, em 20% e 5%, respetivamente, os valores das perdas nos sistemas “em alta” e “em baixa”, em 2016! Como é evidente, as perdas são uma realidade física, que depende da manutenção e da operação dos sistemas e, como tal, não podem ser fixados administrativamente. Para os sistemas de abastecimento de água em que os valores das perdas são inferiores, os consumidores finais são prejudicados. Por outro lado, se

os valores das perdas forem superiores, as entidades gestoras não têm qualquer incentivo para reduzir as perdas se a parcela da TRH correspondente à diferença entre as perdas efetivamente verificadas e as que são fixadas administrativamente, não for suportada por essas entidades. De qualquer forma, para os consumidores finais não é visado nenhum objetivo ambiental, mas tão só o agravamento das taxas.

3. A componente E da TRH, designada por TRH saneamento, ao ser repercutida sobre os consumidores finais das entidades gestoras dos serviços de coleta, tratamento e rejeição de esgotos, também não constitui um incentivo para essas entidades gestoras otimizar o tratamento dos esgotos, reduzindo as cargas poluentes, ao contrário do que deveria ser visado pela TRH.
4. A TRH constitui um incentivo para os consumidores finais pouparem água? Conclui-se facilmente que não, e que pelo contrário a TRH é um desincentivo à poupança de água. De facto, a TRH, como é atualmente calculada, proporcionalmente aos volumes consumidos, é uma taxa fixa, ao contrário da generalidade dos tarifários que têm preços crescentes por blocos de consumo, que incentivam efetivamente a poupança de água. A TRH introduz um adicional que atenua o efeito dos tarifários progressivos no incentivo à redução dos consumos, sendo a atenuação marginalmente tanto maior quanto maiores forem os consumos (vd. Figura 1).

A TRH não constitui um incentivo para as entidades gestoras dos serviços de abastecimento de água gerirem adequadamente as captações de água e controlarem as perdas, porque é repercutida directamente nos consumidores finais.

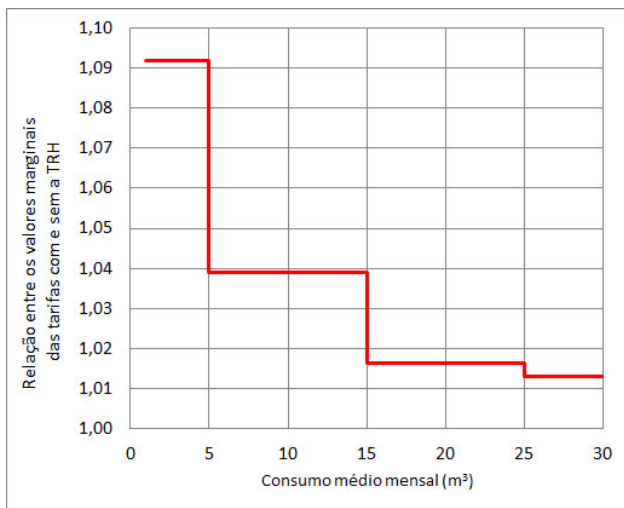


Figura 1. Efeito da TRH nas tarifas da água para os consumidores domésticos da EPAL em Lisboa.

5. OS VALORES DAS TAXAS COBRADAS SÃO RAZOÁVEIS, NOMEADAMENTE EM COMPARAÇÃO COM AS TAXAS COBRADAS AOS OUTROS UTILIZADORES DA ÁGUA?

Quanto à segunda questão, formulada no início deste texto: *Os valores das taxas cobradas aos consumidores domésticos são razoáveis, nomeadamente em comparação com as taxas cobradas aos outros utilizadores da água?* A resposta é, de novo, negativa.

Com base nos relatórios dos Planos de Gestão de Região Hidrográfica foi elaborado o Quadro 1, em que se apresentam os montantes da TRH arrecadados em 2012, desagregados por setores de consumo e por região hidrográfica.

O Quadro 1 evidencia o seguinte:

- 1 Os consumidores domésticos são os principais contribuintes para o valor global da TRH, com uma percentagem de 61,9% para o Continente, e com valores muito superiores, de 73,6% e de 71,3%, respetivamente, para as Regiões Hidrográficas do Douro e do Tejo e Ribeiros do Oeste, com maior concentração da população (Figura 2).
- 2 A contribuição da hidroeletricidade para

o valor global da TRH é insignificante⁸.

- 3 A agricultura (rega) tem também uma contribuição muito reduzida para o valor global da TRH, de apenas 4,0%.
- 4 A RH5, Tejo e Ribeiros do Oeste, é a Região Hidrográfica com maior contribuição para o valor global da TRH, 39%, em larga medida devido à contribuição dos consumidores domésticos e dos serviços concentrados na Área Metropolitana de Lisboa. A contribuição do setor do abastecimento urbano da RH5 é de 28% do valor global da TRH do Continente.

8 - Nos termos do Despacho n.º 28321/2008, no âmbito da regularização da atribuição dos títulos de utilização do domínio público hídrico, as receitas resultantes da aplicação da taxa de recursos hídricos às empresas titulares dos centros electroprodutores hídricos relativos aos direitos de utilização do domínio público hídrico afetos aos respetivos aproveitamentos hidroelétricos foram determinadas por estimativa fundamentada. Esta estimativa foi calculada atendendo, entre outros elementos, ao período de validade dos referidos títulos e ao aproveitamento estimado dos recursos hídricos pelos centros electroprodutores. O valor que foi determinado, que consta do referido Despacho, é de 55 035 231 €, relativamente ao período de validade dos contratos de concessão dos seguintes aproveitamentos hidroelétricos: Caldeirão (45 anos); Alto Lindoso, Touvedo, Vilarinho das Furnas, Carrapatelo, Crestuma, Pocinho, Régua, Torrão, Valeira, Agueira, Caldeirão, Raiva, Fratel e Pracana (44 anos); Alto Rabagão, Bemposta, Miranda, Picote e Vilar – Tabuaço (34 anos); Caniçada, Salamonde, Vila Nova e Paradela, Bouçã e Castelo do Bode (24 anos) e Cabril (14 anos). Considerando um período de 41 anos, resultante da média ponderada dos períodos de validade dos contratos de concessão, o valor anual equivalente da TRH, não considerando a atualização, é de 1 340 055 €, que corresponde a 4,45% do valor anual global da TRH, e a 7,19% do valor anual da TRH do setor de abastecimento público. Estes valores são irrisórios em face dos impactes ambientais do conjunto dos aproveitamentos hidroelétricos considerados.

Quadro 1. Valores da TRH arrecadados em 2012 por setor consumidor para as regiões hidrográficas e para o Continente (valores em Euro) *

	Abastecimento público	Indústria	Agricultura	Termo eletricidade	Hidro eletricidade**	Outros	Total
RH1	206 826	112 504	13	0	8 838	39 407	367 588
RH2	1 797 845	69 458	1 302	0	74 439	289 286	2 232 330
RH3	2 868 568	12 402	767	815 945	40 499	161 640	3 899 821
RH4	2 242 250	1 424 586	35 522	26 520	40 919	509 481	4 279 278
RH5	8 354 400	955 207	320 483	84 389	76 846	1 927 247	11 718 572
RH6	1 018 550	553 913	249 533	386 516	10 452	791 686	3 010 650
RH7	446 978	463 003	549 255	0	0	51 417	1 510 653
RH8	1 690 921	22 888	52 660	0	0	1 298 319	3 064 788
Total	18 626 338	3 613 961	1 209 535	1 313 370	251 993	5 068 483	30 083 680

Fonte: Elaborado com base nos valores apresentados nos Planos de Gestão de Região Hidrográfica 2016/2021 – Parte 3.

* O valor global da TRH arrecadada em 2012 não é consistente em diferentes quadros dos PGRH. *Vd.*, por exemplo, Quadro 3.6 e Quadro 3.8 do PGRH da RH3; os quadros equivalentes dos outros PGRH apresentam as mesmas inconsistências.

** Não são considerados os valores da TRH que foram antecipados nos termos do Despacho n.º 28321/2008, referidos na Nota 8.

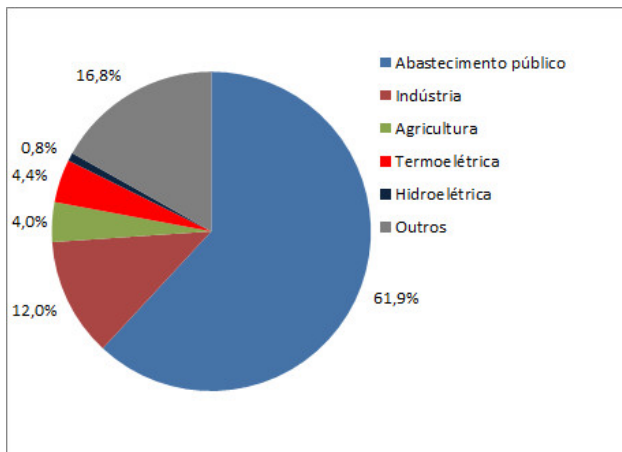


Figura 2. Contribuição dos diferentes setores utilizadores para a TRH

(valores em percentagem, para o Continente, 2012)

Fonte: Elaborado com base nos valores apresentados nos Planos de Gestão de Região Hidrográfica 2016/2021 – Parte 3

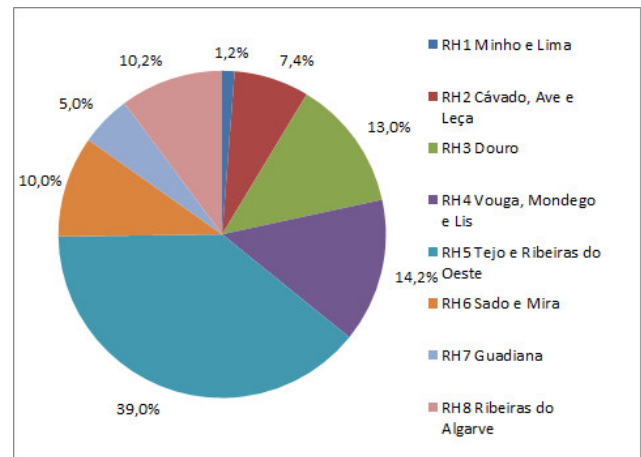


Figura 3. Contribuição das Regiões Hidrográficas para a TRH (valores em percentagem, para o Continente, 2012)

Fonte: Elaborado com base nos valores apresentados nos Planos de Gestão de Região Hidrográfica 2016/2021 – Parte 3

A contribuição do sector do abastecimento urbano da Região Hidrográfica do Tejo e Ribeiras do Oeste é de 28% do valor global da TRH do Continente.

Para verificar em que medida as contribuições dos diferentes setores para a receita global da TRH são desproporcionadas, foram elaborados o Quadro 2 e as Figuras 4 e 5. Os volumes captados constituem a base de cálculo das componentes A e U da TRH, e estão diretamente

relacionados com a componente E. Estas três componentes correspondem a 90,5% do valor global da TRH e representam bem a intensidade dos usos da água de cada setor.

Entre os setores utilizadores da água, a hidroeletricidade é largamente dominante em termos de captação, com cerca de 95% do volume global. No entanto, para este setor, os caudais captados são restituídos, quase integralmente, às massas de água de superfície, sem alteração significativa da qualidade da água, pelo que o volume de captação não é um indicador adequado

dos impactes da hidroeletricidade sobre as massas de água. Por este motivo, na análise das relações entre os valores das contribuições dos setores utilizadores da água para a TRH e os volumes captados foi excluído o setor da hidroeletricidade, que deve ser considerado de forma diferente. No setor da termoeletricidade o maior volume de captação é registado na RH6, Sado e Mira, que corresponde a 72,4% do volume captado por este setor. A central termoeleétrica de Sines é responsável por este

valor. Trata-se de uma captação de águas do mar para refrigeração, com um impacto específico, que não deve ser considerado de forma agregada com as outras captações em massas de água interiores. Portanto, esta captação também foi excluída da análise.

Os impactes sobre as massas de água dos outros setores estão diretamente relacionados com os volumes de captação que se apresentam no Quadro 2.

Quadro 2. Valores da captação de água em 2012 por setor para as regiões hidrográficas e para o Continente (valores em hm³).

	Abastecimento público	Indústria	Agricultura	Termo eletricidade	Hidro eletricidade	Outros	Total
RH1	26	8	105	0	2 741	1	2 880
RH2	61	45	266	0	7 129	2	7 502
RH3	161	7	684	252	73 114	3	74 221
RH4	103	66	571	8	5 683	11	6 442
RH5	394	67	1 170	183	13 368	62	15 243
RH6	25	32	248	1 159	26	17	1 505
RH7	72	1	243	0	3 475	33	3 824
RH8	47	1	101	0	0	20	169
Total	889	226	3 387	1 601	105 536	148	111 787

Fonte: Elaborado com base nos valores apresentados nos Planos de Gestão de Região Hidrográfica 2016/2021 – Parte 2.

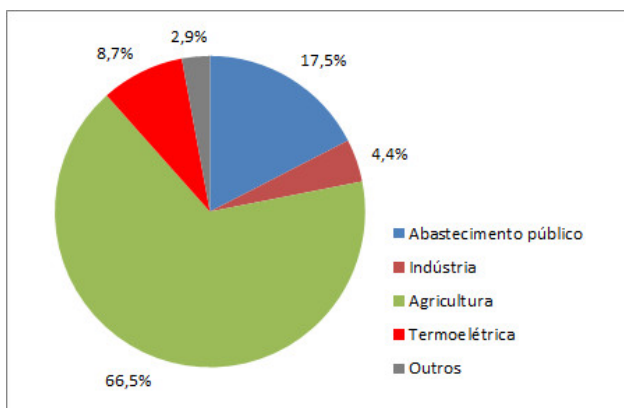


Figura 4. Captação de água dos diferentes setores utilizadores, não considerando a hidroeletricidade nem a Central Termoeleétrica de Sines

(valores em percentagem, para o Continente, 2012)

Fonte: Elaborado com base nos valores apresentados nos Planos de Gestão de Região Hidrográfica 2016/2021 – Parte 2

Pela análise do Quadro 2 e das Figuras 4 e 5 conclui-se o seguinte:

- 1 A agricultura (rega) é o principal setor utilizador da água, com cerca de dois terços do volume global de captações de água. Excluindo a hidroeletricidade, o setor com maior impacto sobre os recursos hídricos é, de facto, a agricultura, tendo em atenção não só o elevado volume de captação de água, mas também o facto de a maior parte desse volume, cerca de 60% a 90%, não ser restituído às massas de água porque se perde por evaporação e por evapotranspiração.
- 2 Grande parte do volume de água usada pelo setor da agricultura que é restituído às massas de água tem elevada carga de sais, nomeadamente de nitratos, e de compostos orgânicos perigosos, com impacto significativo sobre os recursos

hídricos. Este impacto não é considerado na aplicação da TRH porque a restituição dos excedentes de rega é difusa.

- 3 A maior parte do volume de de água captada para a agricultura regista-se na RH5, Tejo e Ribeyras do Oeste, cerca de 35% do total deste setor, seguido da RH3, Douro, e da RH4, Vouga, Mondego e Lis. O volume de água captada por este setor representa cerca de 62% do volume total de água captada na RH3 e na RH5, e cerca de 75% na RH4. No entanto, a contribuição do setor da agricultura para o valor global da TRH corresponde apenas a 2,7% na RH5, 0,02% na RH3 e 0,83% na RH4.
- 4 O abastecimento público é o segundo maior setor responsável pelo volume de captação de água, com 17,5% do volume total. Ao contrário da agricultura, a maior parte do volume de água captado pelo abastecimento público é restituído às massas de água, cerca de 70% a 80%; em grande parte das situações este volume pode voltar a ser utilizado ou, se adequadamente tratado, pode contribuir para o bom estado das massas de água.
- 5 A termoeletricidade é o terceiro maior setor consumidor de água (excluindo a Central Termoeleétrica de Sines, como

foi referido), com 8,7% do volume total de captação. Neste setor a maior parte dos volumes captados são restituídos às massas de água de superfície, sem alteração significativa da qualidade da água para além da carga térmica. A TRH, no caso da termoeletricidade, falha o alvo, porque o principal impacto sobre as massas de água resulta da carga térmica que é descarregada, fator que é desconsiderado.

Para comparação das contribuições relativas dos diferentes setores utilizadores da água para o valor global da TRH foi elaborado o gráfico da Figura 6, em que se representam os valores médios da TRH por unidade de captação de água. O valor médio global é de 0,0049 €/m³. O valor mais elevado corresponde ao abastecimento público⁹, 0,021 €/m³, seguido da indústria, 0,016 €/m³. Em contrapartida, o valor da TRH por unidade de captação de água da agricultura é insignificante, 0,00036 €/m³, e o valor correspondente à termoeletricidade é também muito baixo, de 0,0021 €/m³.

Conclui-se que o valor da TRH por unidade de captação de água para o setor do abastecimento público é desproporcionadamente elevado, cerca de 60 vezes o valor unitário da TRH da agricultura e 10 vezes o da TRH da termoeletricidade e cerca de 30% superior ao da indústria.

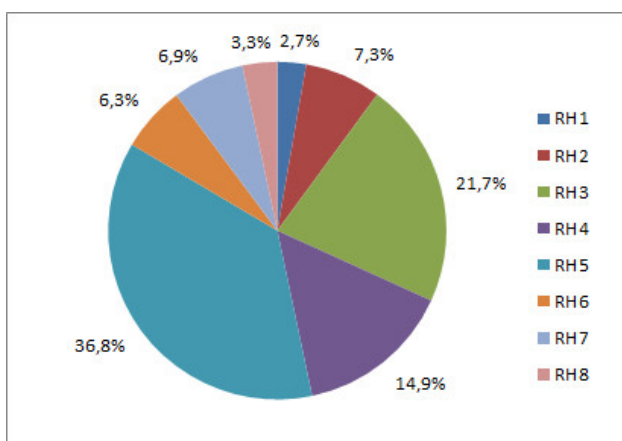


Figura 5. Captação de água das diferentes Regiões Hidrográficas, não considerando a hidroeletricidade nem a Central Termoeleétrica de Sines

(valores em percentagem, para o Continente, 2012)

Fonte: Elaborado com base nos valores apresentados nos Planos de Gestão de Região Hidrográfica 2016/2021 – Parte 2

9 - No caso dos consumidores finais de Lisboa, clientes da EPAL, os valores da TRH a partir de 1 de março de 2015 são de 0,0215 €/m³ para o abastecimento de água e 0,0115 €/m³ para o saneamento, de acordo com as faturas de água. Sendo de 0,013 €/m³ o valor da componente A fixado pela APA, a diferença para o valor cobrado da TRH relativa ao abastecimento de água, de 0,0085 €/m³ (65%) deverá ficar a dever-se à repercussão sobre os consumidores finais da componente O relativamente às infraestruturas de captação de água situadas no domínio público do Estado e às perdas.

O valor unitário da TRH que é cobrado não é justificado, embora o n.º 2 do artigo 23º do Decreto-Lei n.º 97/2008 estabeleça que a "fatura apresentada ao utilizador dos serviços públicos de águas deve desagregar todas as taxas e encargos aplicáveis, explicitando o respetivo processo de cálculo". Tendo questionado a EPAL, por escrito, sobre a fundamentação do cálculo da TRH, na resposta fui remetido para a página da internet da EPAL, que nada esclarece.

O abastecimento público é o sector que mais contribui para a TRH, com 62% do total, embora seja responsável por apenas 17,5% da captação de água. Em contrapartida, a agricultura só contribui para a TRH com 4%, embora seja responsável por 66,5% da captação de água.

6. QUAL É A CONTRAPARTIDA ESPECÍFICA A CARGO DA ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA QUE CORRESPONDE AO VALOR DAS TAXAS COBRADAS?

Quanto à terceira questão, a Lei da Água, com a redação atual, estipula no artigo 79º, que as "receitas obtidas com o produto da taxa de recursos hídricos são aplicadas:

- No financiamento das atividades que tenham por objetivo melhorar a eficiência do uso da água e a qualidade dos recursos hídricos;
- No financiamento das ações de melhoria do estado das águas e dos ecossistemas associados;
- Na cobertura da amortização dos investimentos e dos custos de exploração

das infraestruturas necessárias ao melhor uso da água;

- Na cobertura dos serviços de administração e gestão dos recursos hídricos, objeto de utilização e proteção."

O Decreto-Lei n.º 97/2008, alterado pela Lei n.º 82-D/2014, reproduz o disposto na Lei da Água no n.º 2 do artigo 18º, e define, no n.º 1 que as receitas resultantes da cobrança da TRH são afetadas em 50 % ao Fundo de Proteção dos Recursos Hídricos e na parte restante à APA, enquanto autoridade nacional da água.

O Fundo de Proteção dos Recursos Hídricos (FPRH), previsto no artigo 19.º do Decreto-Lei n.º 97/2008, criado pelo Decreto-Lei 172/2009 de 3 de agosto, é um fundo autónomo com autonomia administrativa e financeira, visando promover a utilização racional e a proteção dos recursos hídricos, através da afetação de recursos a projetos e investimentos necessários ao melhor uso destes recursos. O n.º 3 do Decreto-Lei n.º 97/2008, alterado pela Lei n.º 82-D/2014, estabelece que o diretor do FPRH publicita até ao dia 31 de março de cada ano, um relatório com a descrição das receitas obtidas e respetiva aplicação, bem como a identificação e descrição das atividades promovidas e financiadas pelo Fundo no ano anterior e respetivos critérios de seleção. Nada foi publicitado relativamente a receitas e atividades do FPRH, presumindo-se que o

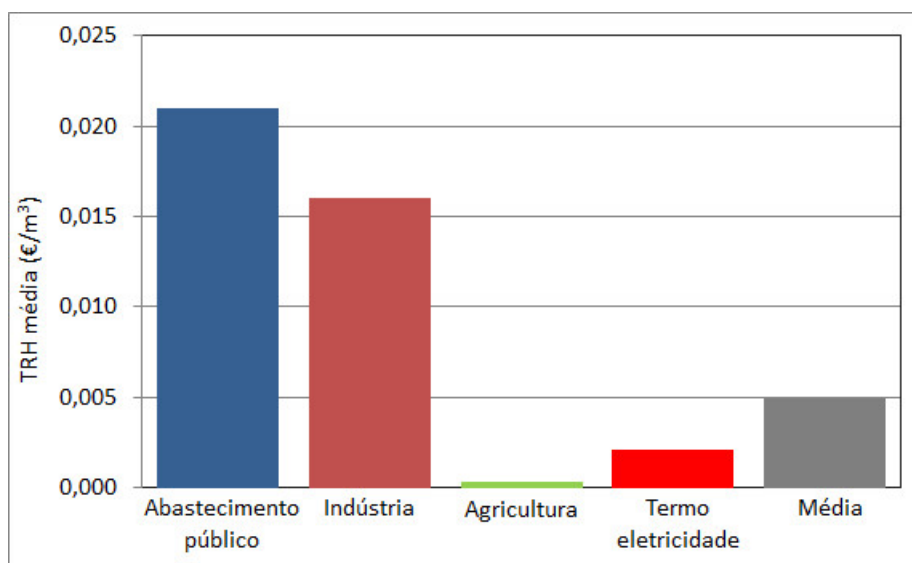


Figura 6. TRH média.

fundo se tenha mantido inativo, acumulando as receitas provenientes da TRH.

Salvaguardando o esforço realizado pela APA na preparação dos Planos de Gestão das Regiões Hidrográficas para o período 2016 a 2021 em consulta pública, que é louvável sobretudo atendendo à carência de meios humanos e financeiros de que dispõe, é confrangedor o desinvestimento no domínio dos recursos hídricos nos últimos anos.

Destaca-se em particular a degradação das redes de monitorização e a insuficiência dos programas de monitorização, nomeadamente dos parâmetros da qualidade da água e dos parâmetros biológicos. De acordo com o Plano Nacional da Água 2015, nomeadamente o Anexo II, *o cumprimento das exigências de monitorização estabelecidos pela Lei da Água e pelos respetivos diplomas regulamentares [Decreto-Lei n.º 77/2006] traduz-se num esforço técnico e financeiro que se revelou (e continuará a revelar) desproporcionado face às capacidades de investimento das autoridades competentes.* Não resulta evidente se a falta de capacidade de investimento das autoridades competentes resulta efetivamente da insuficiência das receitas provenientes da TRH ou da falta de aplicação dessas receitas. Acresce que não existem propostas no Plano Nacional da Água para resolver esta questão fundamental.

A insuficiência dos programas de monitorização constitui a principal fragilidade dos planos de gestão de região hidrográfica, em discussão pública, e da avaliação dos programas de medidas implementados, de que resultam, necessariamente, deseconomias e disfunções na gestão dos recursos hídricos.

A ausência de relatórios anuais sobre as receitas provenientes da aplicação da TRH e da forma como as receitas são aplicadas, de acordo com o que é estabelecido pela Lei da Água e pelo Decreto-Lei n.º 97/2008, não permite que seja avaliada a contrapartida específica a cargo da Administração Pública que corresponde ao valor das taxas cobradas.

Por isso, a resposta à terceira questão é: desconhece-se qual é a contrapartida específica a cargo da Administração Pública que corresponde ao valor das taxas cobradas, presumindo-se que seja efetivamente muito reduzida.

As contrapartidas pelas receitas provenientes da cobrança da TRH são desproporcionadas. Presume-se que o Fundo de Proteção dos Recursos Hídricos se tenha mantido inativo, acumulando as receitas provenientes da TRH. O desinvestimento no domínio dos recursos hídricos provocou a degradação das redes de monitorização e a insuficiência dos programas de monitorização, determinando a fragilidade dos Planos de Gestão de Região Hidrográfica e deseconomias e disfunções na gestão dos recursos hídricos.

7. CONCLUSÕES

A taxa de recursos hídricos é um instrumento fundamental da gestão da água que resulta da aplicação do princípio do poluidor-pagador, um dos princípios estruturantes das políticas de ambiente, quer nas Nações Unidas, em que é consagrado no Princípio 16 da Declaração do Rio sobre Ambiente e Desenvolvimento, quer na União Europeia, em que é expresso no Tratado sobre o Funcionamento da União Europeia (Tratado de Lisboa), quer a nível nacional, na Lei de Bases do Ambiente (Lei n.º 19/2014, de 14 de abril). Este princípio é adequadamente interpretado na Diretiva-Quadro da Água e na Lei da Água.

Os serviços públicos de água, nomeadamente os serviços de captação, transporte, tratamento e distribuição de água e os serviços de recolha, tratamento e rejeição de esgotos são remunerados pelas tarifas pagas pelos consumidores finais: existe uma relação direta entre os custos dos serviços prestados, que podem ser determinados rigorosamente, e os valores das tarifas que resultam da aplicação do princípio do utilizador-pagador.

Os custos da matéria-prima, a água que é captada nas massas de água, e dos serviços ambientais das massas de água recetoras dos esgotos, são custos ambientais que são

compensados pela taxa de recursos hídricos, por aplicação do princípio do poluidor-pagador. A relação sinalagmática inerente à taxa de recursos hídricos pressupõe contrapartidas a cargo da Administração Pública, nomeadamente a realização de atividades para melhorar o estado das águas e dos ecossistemas associados e a eficiência do uso da água, bem como a prestação de serviços de gestão dos recursos hídricos, incluindo a monitorização, o planeamento, o licenciamento dos diferentes usos das massas de água e a fiscalização.

A irracionalidade da taxa de recursos hídricos resulta da forma como é operacionalizada, no Decreto-Lei n.º 97/2008, fazendo equivaler os custos ambientais à quantidade de água que é usada, confundindo o princípio do poluidor-pagador com o princípio do utilizador-pagador. De facto, neste Decreto-Lei definem-se cinco componentes da taxa de recursos hídricos – a captação de água no domínio público hídrico do Estado, a descarga de esgotos nas massas de água, a extração de inertes, a ocupação de terrenos do domínio público hídrico do Estado e de planos de água e a captação em massas de água sujeitas a planeamento e gestão públicos – e pretende-se forçar uma realidade tão complexa como os custos ambientais resultantes das diferentes utilizações dos recursos hídricos, a encaixar-se numa ou em várias dessas componentes. Acresce que algumas das componentes estão mal formuladas e os custos unitários da TRH não traduzem os custos ambientais, conduzindo a entorses graves na aplicação da taxa.

Em primeiro lugar, não é razoável considerar que o custo ambiental associado a qualquer captação de água numa bacia hidrográfica seja apenas proporcional ao volume de água captado, como é suposto na fórmula de cálculo da TRH; não é indiferente se a captação se localiza num curso de água de montante com caudais mais reduzidos, numa massa de água de jusante, com maior disponibilidade de água, em massas de água subterrâneas com diferentes taxas de recarga e capacidades de armazenamento de água ou em águas costeiras. Os valores unitários definidos para as componentes A e U deveriam ser dependentes, no caso das massas de água de superfície, do caudal médio ou, melhor, de um indicador do

caudal de estiagem, como o mínimo caudal mensal médio ou o caudal que não é excedido em média durante dez dias por ano. No caso das massas de água subterrâneas, aqueles valores unitários deveriam ser dependentes da diferença entre a recarga e as captações de água. De forma análoga, os valores unitários definidos para a componente E deveriam ser dependentes da capacidade de assimilação das massas de água de superfície, pelo que não é razoável fixar valores unitários constantes para todas as massas de água de uma bacia hidrográfica.

Os custos ambientais de uma captação de água não são independentes da massa de água onde se localiza, pelo que não é razoável adoptar valores unitários constantes para as componentes A e U da TRH para todas as massas de água de uma bacia hidrográfica. De forma análoga, também não é razoável adoptar valores unitários constantes para a componente E.

Em segundo lugar, os custos ambientais dos diferentes usos da água não dependem necessariamente dos volumes de água captados. Por exemplo, para a hidroeletricidade, o setor utilizador com maior volume de captação de água em Portugal, o impacto ambiental sobre os recursos hídricos resulta da alteração do regime natural de caudais, para fazer corresponder os caudais turbinados às necessidades de produção de energia, e não do volume de água captado, que é integralmente restituído às massas de água sem alteração da qualidade. Os impactes sobre os recursos hídricos de aproveitamentos hidroelétricos com albufeira ou a fio-de-água são muito diferentes, embora os volumes captados possam ser idênticos. Para além dos impactes resultantes do efeito de barreira sobre os ecossistemas aquáticos, que resultam da implantação das barragens, a taxa de recursos hídricos deveria ser calculada em função de indicadores de alteração do regime hidrológico, como os que são apresentados na bibliografia.

No setor da hidroeletricidade os impactes ambientais resultam das modificações de caudais, para além das descontinuidades dos sistemas fluviais devidas à implantação das barragens. As componentes da TRH não permitem considerar adequadamente os custos ambientais deste setor.

Os impactes sobre os recursos hídricos dos diferentes setores a que estão associados usos consumptivos da água são também muito distintos. Tomando como exemplos a agricultura (rega), o abastecimento público e a termoeletricidade. Na agricultura uma percentagem elevada de água que é captada, 60% a 90%, é transferida para a atmosfera por evaporação ou por evapotranspiração das plantas, e os excedentes de rega têm, normalmente, elevadas cargas poluentes de sais, sobretudo de nitratos, e de compostos orgânicos, que afetam as massas de água sob a forma de poluição difusa. No abastecimento público, a percentagem de água captada que retorna às massas de água é elevada, da ordem de 70% a 80% e, se os esgotos forem adequadamente tratados, a poluição é reduzida e os caudais de retorno constituem um benefício para as massas de água receptoras. Na termoeletricidade, os caudais captados retornam às massas de água quase integralmente, pelo que o impacte resulta apenas da dissipação da carga térmica que é descarregada. A TRH desconsidera o benefício dos caudais de retorno, a poluição difusa e o impacte das cargas térmicas, pelo que falha o alvo de compensar os custos ambientais inerentes à agricultura (rega) e à termoeletricidade. Em consequência o abastecimento público é penalizado na aplicação da TRH relativamente à agricultura e à termoeletricidade. Relativamente à TRH aplicada ao setor do abastecimento público, três questões são relevantes:

1. Fará sentido cobrar uma taxa de recursos hídricos aos consumidores/clientes dos serviços públicos de água?

A resposta é não, porque os consumidores finais não têm capacidade para controlar as captações de água nem os processos de tratamento dos esgotos. Ao repercutirem sobre os consumidores finais os valores das taxas de recursos hídricos, as entidades gestoras dos serviços de abastecimento de água e dos serviços de saneamento deixam de ter incentivos para reduzir os impactes das captações de água, controlar as perdas nos sistemas de adução, tratamento e distribuição de água e otimizar o tratamento de esgotos.

O valor marginal da TRH, por ser constante, independente dos consumos, reduz o efeito das tarifas com valores marginais crescentes em função dos consumos, que incentivam o uso eficiente da água. A aplicação da TRH aos consumidores finais tem, assim, um efeito perverso relativamente à eficiência do uso da água.

Finalmente, a TRH por se aplicar de forma igual a todos os consumidores finais, contraria o direito humano de acesso universal à água e ao saneamento reconhecido pelas Nações Unidas. Defendo que a taxa não deveria ser aplicada e a tarifa devia ser gratuita para consumos inferiores a um mínimo razoável, da ordem de 3 m³ por habitante e por mês.

A TRH não considera a poluição difusa nem o impacte das cargas térmicas, pelo que não permite compensar a maior parte dos custos ambientais dos setores da agricultura e da termoeletricidade, penalizando o setor do abastecimento público.

2. Os valores das taxas cobradas aos consumidores domésticos são razoáveis, nomeadamente em comparação com as taxas cobradas aos outros utilizadores da água?

A resposta é também negativa. De acordo com os números revelados pelos Planos de Gestão de Região Hidrográfica para o período de 2016 a 2021 para 2012, enquanto os consumidores domésticos suportam cerca de 62% do total da TRH cobrada no Continente, são responsáveis

por apenas 17,5% da utilização da água, excetuando o setor hidroelétrico, o principal utilizador da água. Em consequência, o valor médio da TRH por unidade de captação de água suportada pelos consumidores domésticos é de 0,021 €/m³, superior em 60 vezes ao do setor da agricultura e em 10 vezes ao do setor da termoelectricidade. O valor unitário médio da TRH cobrado ao setor hidroelétrico é, também, desproporcionadamente baixo.

O valor unitário da TRH média suportada pelos consumidores domésticos é superior em 60 vezes ao do setor da agricultura e em 10 vezes ao do setor da termoelectricidade. O valor unitário médio da TRH cobrado ao setor hidroelétrico é, também, desproporcionadamente baixo.

3. Qual é a contrapartida específica a cargo da Administração Pública que corresponde ao valor da TRH?

A resposta a esta questão é também negativa. Uma parcela importante da TRH, 50%, é atribuída ao Fundo de Proteção dos Recursos Hídricos. Não existem relatórios sobre a aplicação das receitas do Fundo, como estabelecido na Lei n.º 82-D/2014, pelo que se presume que tenha estado inativo, a acumular as receitas atribuídas pela TRH, sem qualquer contrapartida para a proteção dos recursos hídricos.

A parcela restante, de 50%, é atribuída à autoridade nacional da água, exercida atualmente pela APA. Contudo, tem-se assistido nos últimos anos, a um grave desinvestimento no domínio da gestão dos recursos hídricos, destacando-se a degradação das redes de monitorização e a insuficiência, mesmo a precariedade, da execução dos programas de monitorização e controlo dos recursos hídricos, o que fragiliza a fundamentação dos Planos de Gestão de Região Hidrográfica e o controlo da eficácia das medidas empreendidas para melhorar a eficiência do uso da água e o estado das massas de água e dos ecossistemas associados. É com perplexidade que se constata

que o Plano Nacional da Água se limita a registar que esforço técnico e financeiro para o cumprimento das exigências de monitorização estabelecidas pela Lei da Água se revela (e continuará a revelar) desproporcionado face às capacidades de investimento das autoridades competentes. Sem apresentar medidas concretas para resolver o problema, o Plano Nacional da Água convida-nos ao imobilismo e à resignação perante tão grave problema que afeta a gestão dos recursos hídricos...

Será que a TRH, como está a ser aplicada actualmente, é apenas mais um imposto aplicado unilateralmente sobre os consumidores finais da água?

A última observação é suscitada pela falta de transparência do cálculo da TRH. Embora a lei estabeleça que a fatura apresentada aos consumidores finais dos serviços públicos de águas deve desagregar todas as taxas e encargos aplicáveis, explicitando o respetivo processo de cálculo, os consumidores domésticos de Lisboa, clientes da EPAL, apenas são informados do valor unitário das TRH relativas aos serviços de abastecimento de água e de saneamento, não sendo discriminadas as diferentes componentes da TRH que intervêm no cálculo nem o valor das perdas. Esta situação, que se presume que seja comum aos restantes serviços de abastecimento de água e de saneamento, deveria ser rapidamente resolvida.

BIBLIOGRAFIA

Agência Portuguesa do Ambiente 2015. *Planos de Gestão de Região Hidrográfica*. Versões de Projeto em Consulta Pública até 29 de fevereiro de 2016.

Agência Portuguesa do Ambiente 2015. *Plano Nacional da Água*.

Batalla, R.J.; C.M. Gomez; G.M. Kondolf 2004. "Reservoir-induced hydrological changes in the Ebro River basin (NE Spain)". *Journal of Hydrology*, 290 (1-2), pp. 117-136.

Botter, G.; S. Basso; A. Porporato; I. Rodriguez-Iturbe; A. Rinaldo 2010. "Natural streamflow regime alterations: Damming of the Piave river basin (Italy)", *Water Resources Research*, 46, W06522.

Howard, G.; J. Bartram 2003. *Domestic Water Quantity, Service Level and Health*. WHO/SDE/WSH/03.02, World Health Organisation, Geneva, Switzerland.

Magilligan, F.J.; K.H. Nislow 2005. "Changes in hydrologic regime by dams". *Geomorphology*, 71 (1-2), Dams in Geomorphology, pp. 61-78.

Meile, T.; J.-L. Boillat; A. Schleiss 2011. "Hydropeaking indicators for characterization of the Upper-Rhone River in Switzerland". *Aquatic Sciences - Research Across Boundaries*, 73 (1), pp. 171-182.

Richter, B.D.; J.V. Baumgartner; J. Powell; D.P. Braun 1996. "A method for assessing hydrologic alteration within ecosystems". *Conservation Biology*, 10 (4), pp. 1163-1174.

Sousa, Marcelo Rebelo de 2011. Parecer de 25 de março de 2011 para a AECM – Associação Empresarial do Concelho de Matosinhos (http://www.aecm.pt/uploads_newsletters/Parecer%20sobre%20taxas.pdf)

Stallworth, H. 2003. *Water and Wastewater Pricing: An Informational Overview*. Document No. EPA-832-F03-027. National Service Center for Environmental Publications, Cincinnati, OH, USA.

United Nations 2010. Resolution adopted by the General Assembly on 28 July 2010 64/292. The human right to water and sanitation (A/64/L.63/Rev.1 and Add.1). New York, NY, USA.

LEGISLAÇÃO

Diretiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro de 2000, que estabelece um quadro de ação comunitária no domínio da política da água.

Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro – Lei da Água, alterada e republicada pelo Decreto-Lei n.º 130/2012, de 22 de junho.

Lei n.º 19/2014, de 14 de abril – Define as Bases da Política do Ambiente.

Lei n.º 82-D/2014, de 31 de dezembro – Procede à alteração das normas fiscais ambientais nos setores da energia e emissões, transportes, água, resíduos, ordenamento do território, florestas e biodiversidade, introduzindo ainda um regime de tributação dos sacos de plástico e um regime de incentivo ao abate de veículos em fim de vida, no quadro de uma reforma da fiscalidade ambiental.

Decreto-Lei n.º 77/2006, de 30 de março – Complementa a transposição da Diretiva n.º 2000/60/CE, de 23 de outubro, que estabelece um quadro de ação comunitária no domínio da poluição da água.

Decreto-Lei n.º 97/2008, de 11 de junho – Estabelece o Regime Económico e Financeiro dos Recursos Hídricos.

Decreto-Lei n.º 172/2009 de 3 de agosto, alterado pelo Decreto-Lei n.º 72-A/2010, de 18 de junho – Cria o Fundo de Proteção dos Recursos Hídricos.

Portaria n.º 486/2010 de 13 de julho – Aprova o Regulamento de Gestão do Fundo de Proteção dos Recursos Hídricos.

Despacho n.º 28321/2008 dos Ministérios das Finanças e da Administração Pública, do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional e da Economia e da Inovação, de 20 de agosto, publicado no Diário da República, 2.ª série, N.º 215 de 5 de novembro de 2008

Despacho n.º 484/2009 do Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, de 16 de dezembro, publicado no Diário da República, 2.ª série, N.º 5 de 8 de janeiro de 2009 – Aplicação do Decreto-Lei n.º 97/2008, de 11 de junho, que estabelece o regime económico e financeiro dos recursos hídricos (REF).

Organização Institucional e Operacionalização da Gestão dos Recursos Hídricos em Portugal

Reflexão e Propostas

António Eira Leitão (coordenador)¹; Alexandra Brito²; António Pinheiro³; Fernanda Santiago⁴; Francisco Ferreira⁵; Francisco Taveira Pinto⁶

¹ *Hidroerg*

² *Confederação dos Agricultores de Portugal*

³ *Instituto Superior Técnico*

⁴ *Águas de Portugal*

⁵ *Professor da Universidade Nova de Lisboa*

⁶ *Universidade do Porto*

Por iniciativa da Comissão Diretiva da Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos foi constituído em finais de novembro de 2014 um Grupo de Trabalho, no seio da Associação, com o objetivo de proceder a uma análise da política de organização das instituições de administração e gestão pública dos recursos hídricos portugueses, bem como das repercussões de cada um dos modelos organizacionais adotados. O Grupo de Trabalho foi constituído pelos autores deste artigo.

A análise, abrangendo um período de aproximadamente 40 anos (entre 1977 e 2014), passou por uma avaliação das consequências da evolução verificada nas principais áreas de gestão dos recursos hídricos e visou formular algumas propostas de índole estrutural que se justifique equacionar no próximo futuro ao nível da conformação das instituições, da delimitação e exercício das suas competências e da adequação dos meios de intervenção de que dispõem.

O documento resultante da ponderação efetuada começa por descrever o avanço histórico da estrutura institucional, bem como da legislação mais significativa associada a cada ciclo de transformação da orgânica institucional de gestão dos recursos hídricos portugueses. De seguida reflete sobre as tendências e influências identificadas na evolução da mesma estrutura institucional, quer ao nível político nacional e europeu, quer ao nível da sociedade civil.

Ao longo do documento são desenvolvidos os temas e tópicos que melhor caracterizam a progressão verificada e a situação atual da gestão da água em Portugal, como que procedendo a uma radiografia ao modo como têm sido administradas as principais áreas de operacionalização das políticas públicas de gestão dos recursos hídricos nacionais. Nesse sentido, para além da evolução havida ao nível das estruturas administrativas e do quadro legal, considerou-se avisado refletir

separadamente sobre os mais significativos domínios da gestão dos recursos hídricos, no intuito de avaliar como as entidades responsáveis os têm orientado e administrado, salientando o que foi ou está a ser feito em cada um deles, as dificuldades encontradas e as principais consequências dos procedimentos. As áreas de intervenção que se considerou fundamental abordar foram aglutinadas em sete grandes domínios, a saber: monitorização; planeamento; licenciamento, regime económico-financeiro e fiscalização dos usos; ordenamento, proteção e valorização; convenção luso-espanhola, sua aplicação e desenvolvimento; orla e zona costeira; controlo da segurança de barragens.

A avaliação conclui identificando várias questões fulcrais que suscitam a necessidade de intervir, com o objetivo de tornar a gestão dos recursos hídricos do País mais eficaz, das quais resultam as conclusões e propostas que seguidamente se enunciam.

ÂMBITO GLOBAL

Há que recolocar a intervenção do Estado na gestão dos recursos hídricos na agenda política, dando à água a posição, que realmente tem, de recurso estratégico do País.

Nesse sentido, a gestão:

- deve envolver na sua prática não apenas a proteção, planeamento, licenciamento e monitorização dos recursos hídricos, mas também a valorização económica dos usos da água e a proteção de pessoas e bens contra os seus efeitos em situações extremas de cheias e de secas;
- implica uma articulação mais eficaz dentro da administração pública e entre esta e os setores utilizadores, desde a fase de planeamento até ao controlo e fiscalização das atividades desenvolvidas;
- deve preocupar-se com o estabelecimento de estratégias e prioridades, a clareza na

definição e prossecução dos objetivos e a suficiência e adequação dos meios disponibilizados, mais do que com o modelo institucional, também ele significativo mas que não deve ser mudado em cada legislatura, para dar estabilidade aos processos de decisão.

Com a integração do Instituto da Água e das Administrações de Região Hidrográfica na Agência Portuguesa do Ambiente (APA), a administração pública da água sofreu a partir de 2012 uma diluição da importância reconhecida aos recursos hídricos e à sua gestão, retirando-lhes a posição estratégica que assumem para o País, tanto em termos de desenvolvimento socioeconómico como de proteção e valorização ambiental. De facto:

- no atual sistema institucional da gestão dos recursos hídricos, a APA, enquanto Autoridade Nacional da Água, dispõe de serviços desconcentrados a nível regional que facilitam a articulação, harmonização e integração das intervenções;
- reconhecendo-se as sinergias que podem advir do modelo adotado, são as Administrações de Região Hidrográfica que têm o contato efetivo com os problemas regionais e locais, sendo que, apesar de existir uma matriz comum, cada região hidrográfica tem a sua especificidade;
- o modelo adotado há três anos para a administração das águas, integrando a Autoridade Nacional da Água e as Administrações de Região Hidrográfica na APA, faz rezear que a sua adoção deixe os aspetos quantitativos e a promoção do desenvolvimento económico ligado às utilizações dos recursos hídricos preteridos face aos aspetos da natureza ambiental;
- afigura-se fundamental proceder a alterações legislativas e de organização administrativa que permitam assegurar uma melhor articulação entre a APA e os serviços que regulam e licenciam as diferentes atividades produtivas dos setores primário e secundário.

Mais especificamente, tornam-se ainda necessárias intervenções nos seguintes domínios:

- adequação, quer na definição legal, quer na atuação quotidiana, das competências da Agência Portuguesa do Ambiente (APA) consignadas no Decreto-Lei nº 56/2012, de 12 de março, às que são estabelecidas na Lei da Água para a Autoridade Nacional da Água, no seu artigo 8º, nomeadamente e por comparação entre aqueles diplomas no que respeita à promoção de projetos de infraestruturas hidráulicas, mormente de fins múltiplos, à proposição do modelo a adotar para o seu financiamento e gestão, aos procedimentos a adotar para a regularização de caudais e à segurança de barragens;
- planeamento a médio/longo prazo do rejuvenescimento dos quadros técnicos da APA, de modo a promover a inovação e a transmissão de conhecimentos e de experiência, evitando a perda da formação especializada adquirida em cada uma das suas áreas de intervenção no domínio hídrico;
- reforço das competências e da capacitação das Administrações de Região Hidrográfica para maior dinâmica de intervenção ao nível das bacias hidrográficas, sobretudo no que se refere ao planeamento, ordenamento, aproveitamento e monitorização das águas e dos seus usos, de forma articulada com os interesses das populações e com os setores de atividade económica. Esse acréscimo das condições operacionais das ARH permitir-lhes-ia aumentar a sua apreciação técnica e supervisão da segurança das pequenas barragens, juntando-a ao seu papel licenciador.

A proteção e valorização dos recursos hídricos, da rede hidrográfica e da orla costeira não têm merecido atenção continuada. Efetivamente, as atuações surgem pouco planeadas e concertadas, quase nunca com o desejável carácter preventivo e, por via de regra, só quando ocorrem situações extremas, como no

caso das cheias, das secas, dos acidentes graves de poluição e dos temporais na orla marítima.

MONITORIZAÇÃO

No que se refere à monitorização dos recursos hídricos, detetam-se diversos problemas, de uma ou de outra forma relacionados com a exiguidade dos recursos financeiros atribuídos a essas atividades e com a falta de previsão da disponibilidade desses recursos.

Associados a este aspeto, têm-se verificado problemas relacionados com:

- a impossibilidade de, em anos recentes, assegurar a manutenção das redes meteorológica e hidrométrica, tendo-se atingido em 2014 um estado de degradação inaceitável;
- a simultânea impossibilidade de efetuar um controlo regular das curvas de vazão das estações hidrométricas;
- a dificuldade em assegurar a manutenção das infraestruturas de suporte e de proteção aos equipamentos de medição;
- a incapacidade para efetuar determinações analíticas de todos os parâmetros e elementos requeridos pela Diretiva nº 2000/60/CE (Directiva Quadro);
- a impossibilidade de, até 2013, uniformizar procedimentos na realização das análises físico-químicas e de verificar as incoerências decorrentes dos métodos analíticos utilizados pelos diferentes laboratórios que prestam serviço à APA.

Efetivamente, não têm sido asseguradas fontes de financiamento estáveis, que permitam manter as redes de monitorização em funcionamento regular, capacitar um laboratório de referência no domínio da qualidade da água (laboratório da APA) e assegurar alguma regularidade na contratação

de serviços de monitorização biológica e dos poluentes emergentes.

Identifica-se um número excessivo de massas de água superficiais classificadas, o que determina um injustificado esforço de monitorização, custos elevados e uma gestão menos eficaz dos recursos disponíveis. Uma vez revisto aquele quantitativo, dever-se-ão adaptar as redes de monitorização em consonância.

Subsistem dificuldades relacionadas com o intercâmbio de informação entre a APA e as entidades que, a nível nacional ou regional, superintendem as atividades económicas, nomeadamente nos domínios agrícola e energético. Por exemplo, sendo necessário que as explorações pecuárias submetam a licenciamento, acima de determinada dimensão, os Planos de Gestão de Efluentes da Pecuária, a APA ainda não está a utilizar o mapeamento dessas atividades, bem como das cargas orgânicas utilizadas por essas explorações nas designadas “áreas de valorização agrícola”, não tendo, por isso, sido possível adaptar em tempo útil as redes de monitorização de qualidade água à evolução dessas explorações.

PLANEAMENTO

Reconhece-se a necessidade de uma definição clara das grandes orientações da política nacional da água e dos princípios, opções estratégicas e prioridades de intervenção no domínio hídrico, através da elaboração do Plano Nacional da Água e da aplicação das suas orientações, tanto nos Planos de Gestão de Região Hidrográfica, como na resolução administrativa (de forma coordenada) das situações que se coloquem.

Reconhece-se igualmente a necessidade de estruturas a que fique afeto o acompanhamento da aplicação dos Planos de Gestão de Região Hidrográfica, estruturas essas que permitam, não só controlar e dar continuidade e eficácia ao processo de planeamento, como também fundamentar e orientar os ciclos seguintes de planeamento dos recursos hídricos.

LICENCIAMENTO E REGIME ECONÓMICO-FINANCEIRO

Torna-se necessário que o licenciamento do uso dos recursos hídricos, assim como o regime económico e financeiro, constituam um estímulo, e não um obstáculo, às utilizações da água e à regularização de caudais.

Devem ser tidas em conta as finalidades e as características das massas de água, bem como o conhecimento dos usos atuais e das necessidades hídricas futuras.

A aplicação efetiva do regime económico-financeiro legalmente definido (Decreto-Lei nº 97/2008, de 11 de junho) para a utilização dos recursos hídricos nacionais, tem de contribuir para gerar verbas adequadas para a satisfação das necessárias intervenções (estabelecida que seja a perequação financeira entre regiões) e disciplinar a sua aplicação, exclusivamente, na execução das medidas conducentes ao uso sustentável das águas e dos meios hídricos e à monitorização do seu estado.

A Taxa de Recursos Hídricos, tal como estabelecido na Lei da Água, deveria constituir uma fonte de financiamento significativa para a gestão dos recursos hídricos, nomeadamente ao nível da sua monitorização e do controlo de segurança de barragens.

ORDENAMENTO E VALORIZAÇÃO

No âmbito do ordenamento, proteção e valorização dos recursos hídricos, a carência que mais se faz sentir corresponde à intervenção nos estuários, na orla costeira e nas zonas inundáveis, áreas onde se verifica a grande maioria dos problemas e para as quais, apesar da existência dos planos de ordenamento da orla costeira e de planos de gestão de riscos de inundações (que não dos planos de ordenamento de estuários), as ações desenvolvidas têm sido insuficientes e realizadas sem a devida coordenação e coerência estratégica.

CONVENÇÃO LUSO-ESPAÑHOLA

No âmbito da aplicação e desenvolvimento da Convenção de Albufeira de 2008 será de primordial importância aprofundar o debate sobre os progressos alcançados nas relações com Espanha no domínio das águas e sobre as dificuldades encontradas, de modo a estimular uma posição ativa por parte de Portugal.

Não tem sido efetuada uma suficiente partilha de informação entre as entidades responsáveis pela gestão dos recursos hídricos em Espanha e em Portugal (e.g. dados hidrométricos, impactos de novos planos e projetos relevantes, transvazes, programas de medidas), bem como a sua disponibilização ao público, através, por exemplo, da divulgação de relatórios sobre a evolução da situação e o estado de aplicação das medidas preconizadas e eventuais obstáculos.

São de destacar outras questões fundamentais que estão por resolver em relação à gestão das bacias hidrográficas partilhadas, nomeadamente:

- validação das estimativas dos caudais nos troços internacionais luso-espanhóis;
- maior coordenação e articulação dos planos de gestão das bacias partilhadas, nomeadamente no que respeita às necessidades de água para rega, à exploração das infraestruturas de regularização ou de transvaze e às situações de cheias, de secas e de acidentes de poluição;
- aproveitamento sustentável dos recursos hídricos dos troços fronteiros ainda não contemplados nos Convénios vigentes e/ou dos troços problemáticos;
- aprofundamento das metodologias de avaliação dos caudais ecológicos, de forma a haver uma contribuição mais efetiva para o bom estado das massas de água;
- harmonização de metodologias de monitorização e de avaliação das necessidades de água, sobretudo para a agricultura, e dos caudais ecológicos.

Em relação às bacias luso-espanholas existem ainda alguns problemas de natureza operacional, tais como: os que ocorrem no Guadiana e na albufeira do Alqueva, em relação

aos quais Espanha entende que parte da água também lhe pertence e onde há problemas em relação à navegação de recreio; a persistência espanhola na utilização indevida da captação do Boca Chança, que era, na sua génese, uma solução provisória; alguns aspetos de natureza ambiental (ocorrência de jacinto de água, camarão-zebra, etc.) e problemas na definição de limites nas fozes dos rios Minho e Guadiana, em vias de resolução, com auxílio da Marinha portuguesa. Ainda no Guadiana, apesar de já ter sido reposta a monitorização no Pulo do Lobo, o controlo dos caudais para o troço internacional do Guadiana ainda não está completado (o que é importante no quadro da Comissão para a Aplicação e Desenvolvimento da Convenção, apesar de não ser da sua responsabilidade), uma vez que não se monitorizam os afluentes da margem direita.

ZONA COSTEIRA

A gestão e o ordenamento da zona costeira e dos recursos hídricos associados requerem informação de base extensa e complexa que permita auxiliar a tomada de decisão, pelo que a melhoria do acesso a conhecimento de base (dados e estudos, novos ou existentes), complementado com monitorização periódica ou contínua detalhada do comportamento da linha de costa é fulcral, nomeadamente através da implementação de observatórios do litoral.

As avaliações qualitativas dos Planos de Ordenamento da Orla Costeira (POOC) referem a ocorrência de alguns problemas na elaboração e implementação da primeira geração desses planos.

Convém salvaguardar estas questões na elaboração dos próximos planos, tais como:

- diferentes meios científicos/técnicos e diferentes metodologias utilizadas pelas equipas técnicas que desenvolveram os POOC e curto período de tempo disponível para a sua elaboração;

- constituição das comissões técnicas de acompanhamento que levou a resultados de qualidade e detalhes técnicos e científicos diferentes;
- falta de dados e informação rigorosos/apropriados/atualizados (particularmente importantes em territórios tão dinâmicos como as áreas costeiras) e a informação dispersa por várias instituições que não a disponibilizaram a tempo de ser útil às equipas dos POOC;
- exclusão das áreas portuárias, limitando a aproximação integrada aos problemas costeiros;
- falta de reflexão e pensamento estratégico levando, por exemplo, a um conjunto de inconsistências entre e dentro dos planos, a par da assimilação acrítica nos POOC de ações já incluídas em instrumentos de planeamento;
- problemas de governação: insuficiência institucional, ou da sua gestão, e mobilização inadequada de recursos humanos, técnicos e financeiros para implementar e acompanhar as propostas dos POOC e para resolver conflitos de interesses entre utilizadores;
- inexistência de um enquadramento legal que permitisse o correto desenvolvimento e aplicação dos POOC, levando a dar prioridade ao zonamento em vez da gestão;
- atraso na implementação das medidas preconizadas.

A governança da zona costeira e dos estuários teria a ganhar com o estabelecimento de regras mais claras e com a definição de limites de intervenção, integrando os aspetos económicos (turísticos, portuários e outros envolvidos) e ambientais (espécies e habitats) envolvidos no seu usufruto, proteção e valorização. Importa também fazer face à insuficiência institucional de gestão e à escassez de recursos humanos, técnicos e financeiros, atualmente fragmentados entre dois ministérios.

A gestão da zona costeira e da aplicação dos POOC recomenda a agilização do seu enquadramento legal, adotando medidas

mais dinâmicas e prospetivas e articulando o envolvimento das instituições com jurisdição na zona costeira, quer na gestão e planeamento quer na própria legislação, através, por exemplo, de uma lei de costas, mais abrangente do que os instrumentos atualmente existentes (Domínio Público Marítimo e Lei nº 54/2005, de 15 de novembro, que estabelece a titularidade dos recursos hídricos). Em termos práticos é importante definir claramente objetivos, como os atingir e monitorizar, com base em informação atual, credível e contínua no tempo, bem como através de indicadores realistas que permitam prever e gerir situações extremas resultantes da ocorrência de alterações climáticas.

SEGURANÇA DE BARRAGENS

Reconhece-se a urgência em proceder à revisão da legislação vigente respeitante à segurança das barragens.

Esta legislação encontra-se há demasiado tempo em apreciação pelos ministérios envolvidos, sendo também necessário que após a sua promulgação se elaborem os normativos que daí decorrem e que operacionalizam esse quadro legislativo. Além disso e nomeadamente em relação às barragens em que o Estado é dono de obra, é premente assegurar fontes de financiamento estáveis, que permitam realizar as obras de manutenção necessárias para assegurar a conformidade com a regulamentação do controlo de segurança em vigor.



ct&i
(Ciência, Tecnologia e Inovação)

Esquema Bayesiano para estimar a distribuição de precipitações máximas anuais com duração subdiária em Portugal Continental

A Bayesian approach for estimating the distribution of annual maximum rainfalls with sub-daily duration in Mainland Portugal

Artur Tiago Silva, Maria Manuela Portela

CEris, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa

RESUMO: O presente artigo propõe um esquema, enquadrado no paradigma Bayesiano de inferência estatística, para a estimação de valores de projecto de precipitações máximas anuais com durações subdiárias. Tal esquema pretende combinar a informação contida em amostras, expectavelmente curtas, de registos subdiários da precipitação com informação resultante de longas amostras de precipitações diárias máximas anuais e com o conhecimento prévio que advém de estudos antecedentes sobre precipitações intensas. Exemplifica-se a aplicação do procedimento proposto com base em dados da estação meteorológica de Abrantes. Os resultados obtidos validam a aplicação de técnicas Bayesianas de inferência estatística num contexto de escassez de informação hidrológica em futuros estudos sobre precipitações intensas de curta duração em Portugal Continental.

Palavras-chave: Precipitações intensas subdiárias; análise Bayesiana; Monte Carlo via cadeias de Markov (MCMC).

ABSTRACT: *The present article proposes a methodology for estimating design values of sub-daily extreme rainfalls based on the Bayesian paradigm of statistical inference. The proposed methodology combines information from expectedly short samples of sub-daily rainfall extremes with information from longer samples of extreme daily rainfalls and with prior knowledge obtained from previous studies on extreme rainfalls in Portugal. The application of the procedure is exemplified with rain gauge data at Abrantes. The obtained results validate the use of Bayesian techniques under scarcity of hydrologic information in future studies on extreme rainfalls with a short duration in Mainland Portugal.*

Keywords: *Sub-daily extreme rainfalls; Bayesian inference; Markov chain Monte Carlo (MCMC).*

1. INTRODUÇÃO

Em Portugal Continental as observações de valores extremos de variáveis hidrológicas são, por regra, escassas. É este também o caso das precipitações intensas cujo tratamento estatístico, necessário à subsequente caracterização de cheias, é frequentemente confrontado com amostras de dimensão reduzida ou mesmo insuficiente, designadamente, quando estão em causa precipitações subdiárias. Com efeito e não obstante ser possível dispor, de modo geral, de amostras de precipitações diárias máximas anuais com apreciável dimensão num número muito significativo de postos da rede de monitorização, são as precipitações subdiárias que, em consequência da morfologia do País e das reduzidas áreas das bacias hidrográficas urbanas e periurbanas a que conduz, mais interessam à análise de cheias. Apesar de as reduzidas dimensões das escassas amostras disponíveis destas precipitações permitirem o ajustamento de modelos probabilísticos, tal ajustamento não será, por regra, adequado.

Tais circunstâncias motivaram estudos sobre a caracterização de precipitações intensas em Portugal Continental (e.g. Portela, 2006; Brandão *et al.*, 2001; Correia, 2008), cujos resultados permitem, na ausência ou insuficiência de informação udométrica adequada, a estimação aproximada de precipitações intensas de curta duração.

A maioria das abordagens sobre a análise estatística de extremos hidrológicos adota métodos assentes no paradigma frequencista de inferência estatística, mediante ajustamento de modelos de distribuição de probabilidade a variáveis aleatórias. O paradigma Bayesiano de inferência constitui uma alternativa à abordagem frequencista clássica na medida em que fornece um quadro de análise de valores extremos coerente e prático cujas vantagens incluem a possibilidade de: (i) combinar a informação contida na amostra aleatória com outros tipos de informação, por via de funções de densidade *a priori* sobre os parâmetros dos modelos; (ii) formalizar, quantificar e acompanhar a propagação de incertezas na estimação; e (iii) obter estimativas preditivas da variável sob análise que incorporam as

incertezas decorrentes da aleatoriedade do fenómeno e da estimação dos parâmetros.

Do ponto de vista Bayesiano toda a informação útil susceptível de ser formulada matematicamente (qualquer que seja a sua proveniência, tal como juízos ou experiências individuais, evidências de natureza teórica, técnica ou experimental) pode ser utilizada no modelo de inferência, enquanto do ponto de vista clássico ou frequencista apenas a informação contida nos dados observados é suscetível de ser utilizada.

No presente artigo, propõe-se um esquema de estimação da distribuição de precipitações máximas anuais com duração subdiária em Portugal Continental apoiado em métodos de análise Bayesiana, que pretende combinar as amostras observadas dessa precipitação com informação exógena apresentada em literatura da especialidade.

Importa relevar que a aplicação da abordagem Bayesiana em estudos de engenharia de recursos hídricos requer um domínio sólido dos seus fundamentos teóricos cuja exposição em profundidade está para além da inclusão num artigo, mesmo que de natureza científica. Para tal, recomenda-se a leitura das referências Paulino *et al.* (2013), Robert (2007) e Gelman *et al.* (2013). Ainda assim, incluíram-se, sucintamente, na Secção 2, os fundamentos teóricos da estatística Bayesiana que se afiguraram essenciais para a apreciação do esquema de análise proposto.

O artigo prossegue com a descrição da abordagem de inferência Bayesiana implementada (Secção 3) e com a sua aplicação a um caso de estudo, relativo à caracterização das precipitações intensas subdiárias na estação meteorológica de Abrantes (Código SNIRH - 17H/01C, <http://snirh.apambiente.pt/>) (Secção 4). Por fim, na Secção 5, são discutidos os resultados e sistematizadas as principais conclusões do estudo.

Julga-se que o estudo demonstra a utilidade das técnicas Bayesianas na abordagem de problemas relacionados com a engenharia de recursos hídricos, envolvendo o tratamento estatístico de variáveis hidrológicas.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. A distribuição generalizada de valores extremos, GEV

A abordagem mais comum para analisar a frequência de extremos de uma dada variável hidrológica consiste em ajustar uma distribuição de probabilidade à amostra aleatória de máximos anuais dessa variável. No artigo que se apresenta, a variável objeto de estudo é a precipitação máxima anual com duração t , tendo-se adotado como modelo probabilístico a distribuição generalizada de valores extremos (GEV, *generalized extreme value*), cuja função distribuição de probabilidade, FDP, é dada por (Naghetini e Pinto, 2006):

$$F(x | \theta) = \exp \left\{ - \left[1 - \kappa \left(\frac{x - \beta}{\alpha} \right) \right]^{\frac{1}{\kappa}} \right\};$$

$$\theta = [\beta, \alpha, \kappa]^T; \alpha > 0 \quad (1)$$

em que β , α , e κ , são os parâmetros de posição, escala e forma, respetivamente, armazenados no vetor θ .

A utilização da distribuição GEV é fundamentada pelo primeiro teorema da teoria de valores extremos, designadamente o teorema de Fisher-Tippet-Gnedenko (Fisher & Tippet, 1928; Gnedenko, 1990). A distribuição GEV incorpora as três formas assintóticas das caudas superiores das distribuições de máximos, determinadas pelo sinal do parâmetro de forma, κ . Na parametrização adotada neste trabalho, para $\kappa < 0$ e $\kappa > 0$, a GEV representa as distribuições Tipo II de extremos (cauda superior subexponencial ou pesada) e Tipo III de extremos (cauda superior hiperexponencial e limitada). Para $\kappa \rightarrow 0$, a GEV converge assintoticamente para a distribuição de Gumbel ou Tipo I de extremos.

2.2. A função de verosimilhança

A verosimilhança é uma ideia fundamental para a inferência estatística com recurso a modelos paramétricos. O conceito da verosimilhança é transversal aos quadros frequentista e Bayesiano de inferência.

A função de verosimilhança de um modelo estatístico corresponde à densidade conjunta de uma amostra aleatória, em função dos parâmetros do modelo. Considere-se o vector amostral \mathbf{x} , em que x_1, \dots, x_n são realizações independentes de uma variável aleatória com função densidade de probabilidade, $f(x_i | \theta)$. Nessas condições, a função de verosimilhança é dada por

$$L(\theta) = f(\mathbf{x} | \theta) = \prod_{i=1}^n f(x_i | \theta) \quad (2)$$

Numa abordagem frequentista, o estimador de máxima verosimilhança dos parâmetros, $\hat{\theta}$, corresponde ao conjunto de valores dos parâmetros contido em θ que maximiza a função de verosimilhança. O método de estimação de parâmetros por máxima verosimilhança também permite obter valores aproximados de erros-padrão e de intervalos de confiança para parâmetros, com base em resultados assintóticos sob algumas condições de regularidade. Adicionalmente, é possível aplicar o método Delta (Coles, 2001, p. 33; Davison, 2003, p. 33) para construir intervalos de confiança de qualquer função escalar dos parâmetros, $\psi(\theta)$ (ex., um determinado quantil). Acresce que as estimativas, tanto dos parâmetros $\hat{\theta}$, como das suas funções escalares $\psi(\theta)$, são assintoticamente Normais. De acordo com o método delta, a variância assintótica, V_ψ , da resposta de $\psi(\theta)$, é dada por

$$V_\psi = \nabla \psi^T \Sigma \nabla \psi \quad (3)$$

em que $\nabla \psi$ é o vector gradiente de $\psi(\theta)$ no ponto de máxima verosimilhança. No caso dos três parâmetros da GEV, β , α , e κ , resulta,

$$\nabla \psi = \left(\frac{\partial \psi}{\partial \beta} \quad \frac{\partial \psi}{\partial \alpha} \quad \frac{\partial \psi}{\partial \kappa} \right)^T \quad (4)$$

Σ é a matriz (simétrica) de covariâncias do estimador $\hat{\theta}$,

$$\Sigma = \begin{pmatrix} Var(\hat{\beta}) & Cov(\hat{\beta}, \hat{\alpha}) & Cov(\hat{\beta}, \hat{\kappa}) \\ & Var(\hat{\alpha}) & Cov(\hat{\alpha}, \hat{\kappa}) \\ & & Var(\hat{\kappa}) \end{pmatrix} \quad (5)$$

A matriz Σ é dada pela inversa da simétrica da matriz Hessiana, i.e., da matriz das segundas derivadas da função log de verosimilhança, $\ell(\theta) = \ln L(\theta)$, em relação aos parâmetros,

$$\Sigma = \begin{pmatrix} -\frac{\partial^2 \ell}{\partial \beta^2} & -\frac{\partial^2 \ell}{\partial \beta \partial \alpha} & -\frac{\partial^2 \ell}{\partial \beta \partial \kappa} \\ & -\frac{\partial^2 \ell}{\partial \alpha^2} & -\frac{\partial^2 \ell}{\partial \alpha \partial \kappa} \\ & & -\frac{\partial^2 \ell}{\partial \kappa^2} \end{pmatrix}^{-1} \quad (6)$$

calculada no ponto de máxima verosimilhança. Nos casos em que não é possível ou prático o cálculo analítico, tanto do vector $\nabla \psi$, como da matriz Σ , estes podem ser obtidos mediante aplicação de algoritmos comuns de diferenciação numérica.

O erro-padrão da estimativa $\hat{\psi}(\theta)$ pode, assim, ser aproximado por $\sqrt{V_{\psi}}$.

2.3. O paradigma Bayesiano

No paradigma Bayesiano de inferência estatística, a incerteza associada aos parâmetros, θ , de um modelo estatístico é formalmente descrita por distribuições de probabilidade. O teorema de Bayes constitui um quadro lógico de análise que permite rever ou actualizar algum conhecimento ou crença sobre os parâmetros estabelecidos previamente à análise, à luz de nova informação contida na amostra observada \mathbf{x} . O teorema de Bayes refere que

$$\pi(\theta | \mathbf{x}) = \frac{f(\mathbf{x} | \theta) \pi(\theta)}{\int_{\Theta} f(\mathbf{x} | \theta) \pi(\theta) d\theta} \quad (7)$$

em que $\pi(\theta | \mathbf{x})$ e $\pi(\theta)$ são, respectivamente as densidades *a posteriori* e *a priori* dos parâmetros, e $f(\mathbf{x} | \theta)$ é a função de verosimilhança ou densidade conjunta da amostra aleatória \mathbf{x} (Equação 2). A distribuição *a posteriori* dos parâmetros formaliza a incerteza associada à estimação dos parâmetros do modelo.

Na Equação (7), o integral no denominador representa a verosimilhança marginal da amostra, também denominada constante de normalização ou constante de proporcionalidade, cujo domínio de integração corresponde ao espaço paramétrico, Θ , sendo uma função constante dos parâmetros, θ . Então, é comum representar o teorema de Bayes numa forma simplificada que admite que a densidade *a posteriori* é proporcional ao produto da verosimilhança pela densidade *a priori*:

$$\pi(\theta | \mathbf{x}) \propto f(\mathbf{x} | \theta) \pi(\theta) \quad (8)$$

Na prática, na generalidade das aplicações, o cálculo analítico da constante de normalização é muito complexo, impossibilitando, assim, a definição de $\pi(\theta | \mathbf{x})$. No entanto, pode contornar-se essa dificuldade por meio do método numérico Monte Carlo via Cadeias de Markov, MCMC (*Markov chain Monte Carlo*). Tal método consiste em gerar uma cadeia de Markov de dimensão N_{sim} de parâmetros, $(\theta^{(i)})_{i=1:N_{sim}}$, estacionária, ergódica e convergente em distribuição para a distribuição *a posteriori* dos parâmetros, utilizando, para tal, um algoritmo MCMC apropriado aplicado à densidade *a posteriori* não-normalizada, definida pelo segundo termo da Equação (8).

Existem vários algoritmos MCMC descritos na literatura da especialidade (Robert & Casella, 2004; Gamerman & Lopes, 2006), sendo todos casos particulares do algoritmo Metropolis-Hastings (Metropolis & Ulam, 1949; Metropolis et al., 1953; Hastings, 1970). Neste trabalho utilizou-se o algoritmo *random-walk Metropolis* (Metropolis et al. 1953), implementado no pacote LaplacesDemon (Statisticat, 2013), no software estatístico R (R Core Team, 2013).

A exploração da densidade *a posteriori* $\pi(\theta | \mathbf{x})$ via MCMC permite obter directamente informação

sobre a densidade *a posteriori* de qualquer função escalar dos parâmetros, $\psi(\theta)$. Assim, as propriedades amostrais das cadeias MCMC podem ser utilizadas para quantificar a incerteza de parâmetros, quantis ou qualquer outra função escalar $\psi(\theta)$. É frequente, num contexto Bayesiano, a construção, por aproximação numérica, de intervalos de credibilidade ou de probabilidade, que contêm $100(1 - \alpha) \%$ da probabilidade *a posteriori*, correspondendo às regiões de maior densidade *a posteriori*, ou seja

$$\{ \psi: \pi(\psi | \mathbf{x}) > p^* \} \quad (9)$$

em que ψ é a resposta de $\psi(\theta)$ e p^* é tal que

$$\int_{\psi: \pi(\psi | \mathbf{x}) > p^*} \pi(\psi | \mathbf{x}) \, d\psi = 1 - \alpha \quad (10)$$

A inferência Bayesiana de quantis pode ter por base uma estimativa pontual de parâmetros, por exemplo, as médias ou as medianas amostrais dos parâmetros a que se referem as cadeias MCMC ou as modas *a posteriori* desses parâmetros. Segundo Merz & Thieken (2005), o que resulta dessa abordagem é uma distribuição descritiva que representa a variabilidade do processo sob análise. Contudo, essa distribuição não tem em conta a incerteza na estimação dos parâmetros resultante da variabilidade amostral.

O quadro de análise Bayesiano proporciona uma abordagem alternativa para a estimação de quantis de projecto: a distribuição preditiva de acontecimentos futuros W , dada a amostra finita observada \mathbf{x} . A densidade preditiva, $f(w | \mathbf{x})$, é dada por:

$$f(w | \mathbf{x}) = \int_{\Theta} f(w | \theta) \pi(\theta | \mathbf{x}) \, d\theta \quad (11)$$

Assim, a distribuição de $W | \mathbf{x}$ obtém-se por integração de todas as possíveis realizações de θ , o que resulta numa combinação de variabilidade natural e de incerteza amostral

em uma única estimativa de um quantil de projecto (Merz & Thieken, 2005)

Na prática, muito dificilmente se consegue calcular analiticamente o integral da Equação (11). No entanto, é possível obter uma aproximação numérica da probabilidade de não-excedência de W , com base nas cadeias MCMC geradas (Coles, 2001, p.173):

$$\hat{P}(W \leq w | \mathbf{x}) = \frac{1}{N_{\text{sim}}} \sum_{i=1}^{N_{\text{sim}}} P(W \leq w | \theta_i) \quad (12)$$

Segundo Coles & Tawn (1996), a inferência com base na distribuição preditiva constitui a abordagem preferível para a estimação de valores de projecto de extremos de variáveis hidrológicas. Tal se deve à sua interpretabilidade, em conjunto com a sua capacidade de sintetizar conjuntamente a variabilidade do fenómeno natural e a incerteza amostral, e, simultaneamente, explorar fontes adicionais de informação através da distribuição *a priori*.

3. ABORDAGEM DESENVOLVIDA

3.1. Informação *a priori* a partir de relações entre precipitações intensas

Na análise local de frequência de uma variável hidrológica é vulgar dispor-se de conhecimentos exógenos às amostras aleatórias utilizadas que, não obstante poderem fornecer informação relevante sobre aquela variável, raramente são considerados na estimação dos parâmetros do modelo postulado para descrever as probabilidades. Tal se deve, muitas vezes, ao desconhecimento de metodologias formais susceptíveis de serem aplicadas para o efeito ou a dificuldades operacionais inerentes à aplicação dessas metodologias. No paradigma Bayesiano de inferência, tais informações, ao formularem um conhecimento ou convicção/crença sobre a variável X previamente à apreciação da correspondente amostra aleatória, podem ser incorporadas na análise por via da distribuição *a priori* dos parâmetros.

A parametrização do modelo probabilístico constitui uma dificuldade imediata na formulação da distribuição *a priori*: dificilmente

o conhecimento antecedente da variável sob análise incide sobre os parâmetros do modelo, mas antes, sobre a variável hidrológica em si. Essa dificuldade é realçada por Coles & Tawn (1996) e por Viglione *et al.* (2013), que recorreram à opinião de especialistas sobre determinados quantis da variável no entendimento de que esses especialistas estariam mais familiarizados com a escala da resposta do modelo do que com a escala dos parâmetros do modelo.

No âmbito da variável hidrológica em estudo – a precipitação intensa em Portugal Continental – também existem vários trabalhos, conforme sistematizado, por exemplo, em Portela (2006), que podem fornecer informação *a priori* sobre aquelas precipitações. De entre esses trabalhos destacam-se Brandão *et al.* (2001) e Correia (2008).

Na investigação que se apresenta, optou-se por explorar a inclusão num modelo Bayesiano de precipitações máximas anuais com duração subdiária de informação relativa a quocientes entre precipitações intensas com diferentes durações. Para o efeito, utilizaram-se os mapas de isolinhas dos quocientes entre precipitações máximas anuais com durações de 1 e de 6 h – P1ma e P6ma – e a precipitação diária máxima anual – Pdma – obtidos por Brandão *et al.* (2001). A probabilidade de não-excedência considerada foi de 0.99 (Brandão *et al.*, pp. 27). Julga-se razoável admitir que tal informação, em conjunto com estimativas de quantis de precipitação diária máxima anual, Pdma, permite obter informação *a priori* sobre um determinado quantil da precipitação máxima anual com aquelas durações subdiárias, desde que as estimativas de Pdma sejam efectuadas com base em amostras de dimensão adequada (i.e., de algumas décadas),

Com efeito e como antes mencionado, em Portugal, as amostras de registos subdiários da precipitação, quando existentes, referem-se a uns escassos anos, embora por regra respeitem a postos com longas amostras de precipitações diárias máximas anuais que são compatíveis com o ajustamento criterioso de um modelo probabilístico. Através da metodologia proposta pretende-se combinar num modelo para o efeito capacitado informação decorrente das próprias amostras curtas de precipitações intensas subdiárias com informação resultante

das longas amostras de Pdma e com o conhecimento prévio que adveio de estudos detalhados sobre precipitações intensas e que foi sintetizado em mapas contendo a caracterização espacial de quocientes entre essas precipitações.

Convém, nesta fase, especificar a nomenclatura utilizada na designação das precipitações intensas para que resulte clara a compreensão das amostras subjacentes ao estudo. De acordo com tal nomenclatura, que respeita a utilizada por Brandão *et al.* (2001), por precipitação diária máxima anual, Pdma, entende-se o valor máximo de precipitação registado em cada ano hidrológico no período de 24 h, necessariamente com início às 9:00 h da manhã de cada dia. As precipitações máximas anuais com uma qualquer duração (no caso estudado, 1 e 6 h, P1ma e P6ma, respectivamente) referem-se também a valores máximos em ano hidrológico, um por cada ano, mas num qualquer período contínuo com aquela duração.

3.2. Hipóteses-base e descrição do procedimento

No estudo subjacente ao presente artigo propõe-se a construção de uma densidade *a priori* para o quantil com probabilidade de não-excedência de 0.99, ou seja, com período de retorno, T, de 100 anos, da precipitação máxima anual com duração de t horas, $P_{tma,0.99}$. Para o efeito houve que adotar hipóteses-base que, não obstante se revestirem de alguma subjectividade, se afiguraram razoáveis e fundamentadas face a resultados teóricos e a estudos antecedentes disponíveis para Portugal Continental.

Considerou-se, assim, que o mencionado quantil teria uma densidade *a priori* Normal, que se designou por $g(P_{tma})$, com média $\mu_{tma,0.99}$ e desvio-padrão $\sigma_{tma,0.99}$, ou seja:

$$P_{tma,0.99} \sim N(\mu_{tma,0.99}, \sigma_{tma,0.99}) \quad (13)$$

A hipótese de normalidade de quantis decorre da teoria assintótica da amostragem e, como tal, aplica-se também ao quantil da precipitação diária máxima anual:

$$P_{dma,0.99} \sim N(\mu_{dma,0.99}, \sigma_{dma,0.99}) \quad (14)$$

Atendendo ao conhecimento sustentado por investigações antecedentes, referente a coeficientes de repartição de precipitações diárias em precipitações subdiárias, concretamente, a quocientes entre precipitações máximas anuais com duração t e a precipitação diária máxima anual, para alguns períodos de retorno, em que se inclui o de 100 anos, K_{td} (Brandão *et al.*, pp. 27-28):

$$K_{td} = \frac{P_{tma,0.99}}{P_{dma,0.99}} \quad (15)$$

obtêm-se as seguintes relações em consequência do pressuposto de variáveis aleatórias normalmente distribuídas:

$$\begin{cases} P_{tma,0.99} = K_{td} P_{dma,0.99} \\ \mu_{tma,0.99} = K_{td} \mu_{dma,0.99} \\ \sigma_{tma,0.99} = K_{td} \sigma_{dma,0.99} \end{cases} \quad (16)$$

Torna-se, assim, necessário elicitare valores para a média e para o desvio-padrão do quantil $P_{dma,0.99}$. Para o efeito, propõe-se a estimação desses parâmetros pela análise de frequência clássica, ou frequencista, com base numa amostra longa de precipitações diárias máximas anuais. Concretamente, propõe-se para valores de $\mu_{dma,0.99}$ e de $\sigma_{dma,0.99}$, respectivamente, a estimativa do quantil fornecida pela GEV com parâmetros estimados pelo método da máxima verosimilhança, e o erro-padrão associado, calculado pelo método delta, descrito em 2.2.

Estando reunidos os elementos necessários para construir a densidade *a posteriori* não-normalizada dos parâmetros, $f(x|\theta)\pi(\theta)$, e especificando a densidade conjunta ou verosimilhança, $f(x|\theta)$, de acordo com a distribuição GEV e substituindo $\pi(\theta)$ pela função de densidade Gaussiana $g(P_{tma,0.99})$, procede-se à utilização do algoritmo MCMC para geração de amostras da distribuição *a posteriori* dos parâmetros.

Importa notar que a informação sobre os parâmetros contida em $g(P_{tma,0.99})$ é parcial, i.e., não é possível especificar a densidade $\pi(\theta)$ na sua totalidade, mas apenas sobre a distribuição de um dos três parâmetros da distribuição GEV, condicional nos restantes dois parâmetros. Com

efeito, Viglione *et al.* (2013), numa aplicação de métodos Bayesianos ao estudo de cheias no rio Kamp, na Áustria, demonstraram para a distribuição GEV que $g(P_{tma,0.99}) = \pi(\alpha|\beta, \kappa)$, mas também que $g(P_{tma,0.99}) = \pi(\beta|\alpha, \kappa)$ e que $g(P_{tma,0.99}) = \pi(\kappa|\alpha, \beta)$. Adicionalmente, esses autores concluíram que a escolha formal do parâmetro sobre o qual incide a distribuição *a priori* não influencia o resultado final da análise. Na prática, a densidade *a priori* utilizada no processo MCMC fornece informação sobre valores razoáveis do quantil $P_{tma,0.99}$ e, sendo esse quantil uma função dos três parâmetros, sobre os trios de parâmetros conducentes a tais valores, aumentando as suas probabilidades *a posteriori*.

4. EXEMPLO DE APLICAÇÃO COM BASE NUM CASO DE ESTUDO

A aplicação da abordagem desenvolvida é exemplificada com base em registos de precipitação na estação meteorológica de Abrantes (código SNIRH 17H/01C), localizada no Centro de Portugal.

No Quadro 1 apresentam-se as amostras de precipitação máxima anual na anterior estação com durações de 1 e 6 h, P_{1ma} e P_{6ma} , respectivamente. Na sua constituição não se consideraram os anos hidrológicos de 2006/07 e de 2009/10 por apresentarem falhas de registo que não permitem a determinação de máximos anuais. Resultaram, assim, amostras de dimensão $N = 12$, ou seja, insuficiente para sustentar criteriosamente a análise estatística convencional daquelas precipitações.

Os valores dos quocientes, necessários à construção da densidade *a priori*, $g(P_{tma})$, entre precipitações máximas anuais com durações subdiárias, $P_{tma,0.99}$, e a precipitação diária máxima anual, $P_{dma,0.99}$, ambas para o período de retorno de 100 anos, retirados de Brandão *et al.* (2001, p. 27), tendo em conta a localização geográfica da estação meteorológica de Abrantes (17H/01C), foram os seguintes:

$$\begin{cases} \frac{P_{1ma,0.99}}{P_{dma,0.99}} = K_{1d} = 0.39 \\ \frac{P_{6ma,0.99}}{P_{dma,0.99}} = K_{6d} = 0.72 \end{cases} \quad (17)$$

Quadro 1. Amostras de precipitações máximas anuais com duração de 1 h (P1ma) e de 6 h (P6ma) na estação meteorológica de Abrantes (17H/01C).

Ano hidrológico	P1ma (mm)	P6ma (mm)
2001/02	12.4	29.5
2002/03	15.3	24.6
2003/04	16.9	27.8
2004/05	12.4	19.9
2005/06	18.5	40.7
2007/08	13.4	26.3
2008/09	7.8	16.9
2010/11	0.6	2.4
2011/12	5.1	11.9
2012/13	0.9	3.1
2013/14	22.0	28.8
2014/15	11.8	17.1

A Figura 1 mostra o ajustamento da distribuição GEV à amostra de 67 precipitações diárias máximas anuais, Pdma, apresentada no Quadro 2. A figura contém ainda a representação dos intervalos de confiança para quantis a 95%, obtidos mediante a aplicação do método delta. Para estimar a probabilidade empírica de não-excedência, ou posição de *plotagem*,

utilizou-se a fórmula de Gringorten (1963). Na constituição da amostra de Pdma, teve-se o cuidado de excluir os valores relativos aos anos em que existem registos de precipitação com duração subdiária, conforme decorre dos Quadros 1 e 2, por formalmente tais valores não deverem contribuir para a informação *a priori*. É evidente a quase-linearidade da curva de quantis na Figura 1, o que sugere que a distribuição de Gumbel, forma particular da GEV com $\kappa = 0$, também constitui um modelo plausível para a Pdma, com a vantagem de ter apenas dois parâmetros e, conseqüentemente, uma menor incerteza associada às estimativas de quantis. No entanto, importa notar que tal não significa que modelos GEV com $\kappa \neq 0$ não sejam plausíveis. Na questão Gumbel versus GEV optou-se por seguir a recomendação de Coles (2001, p. 64), que argumenta que o incremento de incerteza resultante da consideração de um parâmetro de forma não-fixa permite uma quantificação mais genuína das incertezas inerentes à extrapolação do modelo para probabilidades de não-excedência associadas a eventos mais gravosos do que os contidos na amostra de base. Deste modo optou-se por prosseguir com a distribuição GEV.

Quadro 2. Amostra de precipitações diárias máximas anuais (Pdma) na estação meteorológica Abrantes (17H/01C).

Ano hidrológico	Pdma (mm)	Ano hidrológico	Pdma (mm)	Ano hidrológico	Pdma (mm)	Ano hidrológico	Pdma (mm)
1931 / 32	53.6	1948 / 49	29.0	1965 / 66	59.0	1982 / 83	36.5
1932 / 33	50.2	1949 / 50	29.2	1966 / 67	28.4	1983 / 84	58.0
1933 / 34	38.0	1950 / 51	35.9	1967 / 68	68.3	1984 / 85	34.5
1934 / 35	33.6	1951 / 52	92.0	1968 / 69	62.5	1985 / 86	45.5
1935 / 36	38.0	1952 / 53	22.2	1969 / 70	44.4	1986 / 87	29.8
1936 / 37	42.0	1953 / 54	44.0	1970 / 71	38.5	1987 / 88	38.0
1937 / 38	62.5	1954 / 55	43.6	1971 / 72	50.6	1988 / 89	53.0
1938 / 39	32.0	1955 / 56	55.2	1972 / 73	47.7	1989 / 90	65.4
1939 / 40	50.0	1956 / 57	50.4	1973 / 74	75.4	1990 / 91	45.2
1940 / 41	42.5	1957 / 58	24.8	1974 / 75	53.7	1991 / 92	24.8
1941 / 42	52.8	1958 / 59	27.4	1975 / 76	52.6	1992 / 93	29.2
1942 / 43	60.0	1959 / 60	31.6	1976 / 77	33.0	1993 / 94	30.0
1943 / 44	18.6	1960 / 61	25.4	1977 / 78	35.2	1994 / 95	32.7
1944 / 45	29.8	1961 / 62	47.2	1978 / 79	45.1	1995 / 96	74.5
1945 / 46	30.0	1962 / 63	43.2	1979 / 80	65.0	1996 / 97	38.8
1946 / 47	25.6	1963 / 64	34.2	1980 / 81	27.3	1999 / 00	40.5
1947 / 48	37.0	1964 / 65	45.2	1981 / 82	61.4		

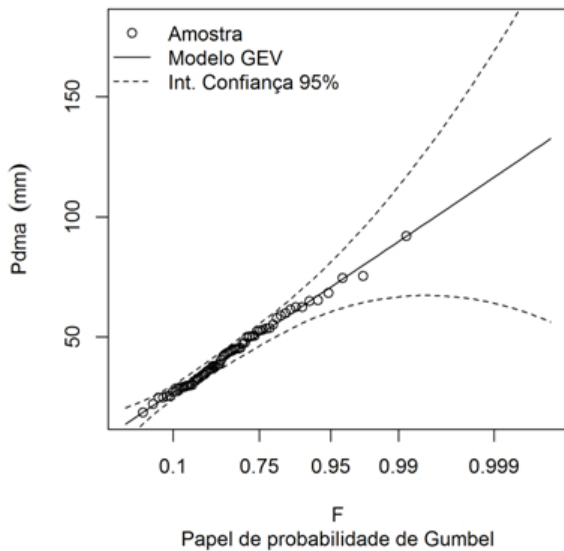


Figura 1. Estação meteorológica Abrantes (17H/01C). Distribuição GEV ajustada à amostra de Pdma e intervalos de confiança a 95% obtidos pelo método Delta.

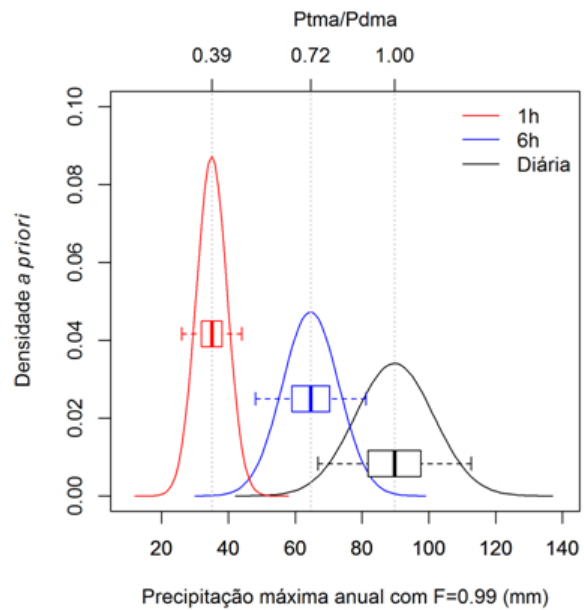


Figura 2. Estação meteorológica Abrantes (17H/01C). Densidades *a priori* do quantil para a probabilidade de não-excedência de 99% da precipitação máxima anual com durações de 1 e 6 h e diária, $P1ma_{0.99}$, $P6ma_{0.99}$ e $Pdma_{0.99}$, respectivamente. Os *boxplots* representam os percentis 2.5, 25, 50, 75 e 97.5%, da densidade *a priori*.

Mediante a implementação do procedimento descrito na Secção 3.2, obtiveram-se as densidades *a priori* para o quantil com $F = 0.99$ de $P1ma$ e de $P6ma$, que estão representadas na Figura 2, em conjunto com *boxplots* que assinalam os respectivos percentis 2.5%, 25%, 50%, 75% e 97.5%. Essas densidades *a priori* representam a informação exógena às amostras do Quadro 1, que se pretende incluir na análise Bayesiana dessas mesmas amostras.

A amostragem da distribuição *a posteriori* dos parâmetros por métodos MCMC, bem como a validação das cadeias geradas (aspectos não explicitados no artigo), recorreu a funções do pacote LaplacesDemon (Statisticat, 2013), no software estatístico gratuito R (R Core Team, 2013).

A título de exemplo, apresentam-se na Figura 3, gráficos de dispersão das amostras de parâmetros *a posteriori* geradas pelo algoritmo MCMC para a variável $P1ma$. Essa figura também apresenta os histogramas *a posteriori* marginais dos parâmetros.

Finalmente, nas Figuras 4a e 4b, apresentam-se os resultados da análise Bayesiana das precipitações máximas anuais com duração de 1 e 6 h, respectivamente, conjuntamente com a representação das amostras dessas

precipitações. Nas figuras, os *boxplots* atribuídos à abcissa $F = 0.99$ correspondem aos apresentados na Figura 2 para cada duração e representam a densidade *a priori* para esse quantil, ou seja, não tendo em conta a informação contida nas amostras de $P1ma$ e $P6ma$. A incerteza na estimação de quantis é quantificada pelos intervalos de credibilidade os quais representam os limites das regiões de maior densidade *a posteriori* de cada quantil que contêm 95% da probabilidade *a posteriori*. As Figuras 4a e 4b representam a distribuição Bayesiana preditiva de realizações futuras das variáveis $P1ma$ e $P6ma$ sob análise. Tal distribuição resume em uma única estimativa: (i) a variabilidade do fenómeno descrita pelas amostras aleatórias do Quadro 1; (ii) a incerteza amostral, mediante a integração da distribuição *a posteriori* no espaço paramétrico, através da Equação (11) e da sua resolução numérica, dada pela Equação (12); e (iii) a informação obtida a partir de conhecimento exógeno à amostra aleatória, através da densidade *a priori*, $\pi(\theta)$.

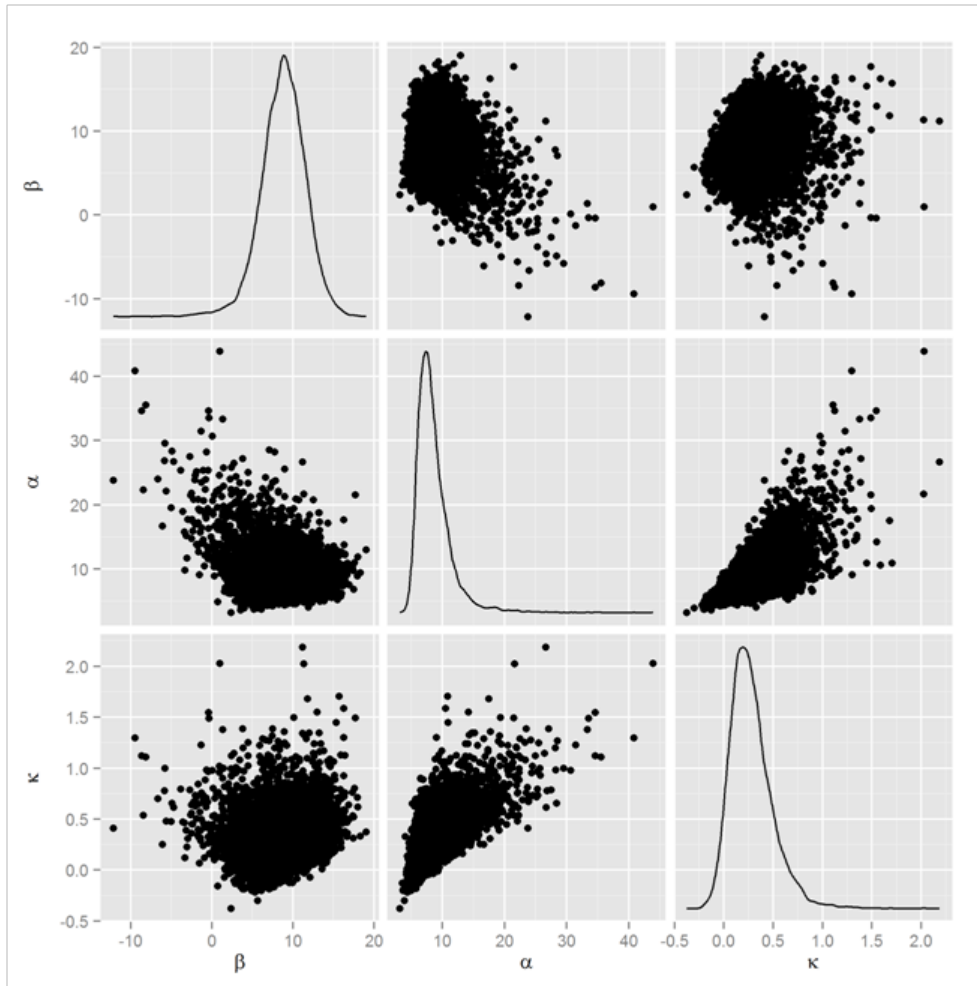


Figura 3. Modelo P1ma: diagramas de dispersão das amostras dos parâmetros α *posteriori* geradas por MCMC e, na diagonal, histogramas marginais dos parâmetros.

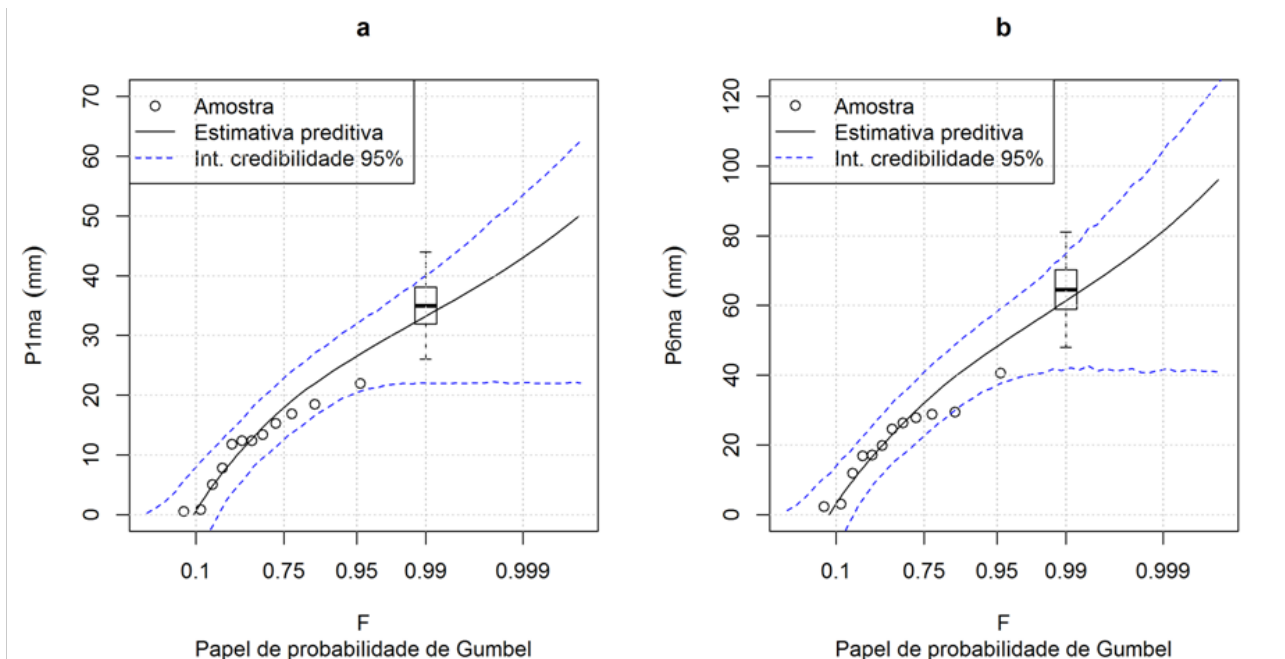


Figura 4. Estação meteorológica Abrantes (17H/01C). Precipitações máximas anuais com duração de 1 h (a) e de 6 h (b). Distribuição preditiva Bayesiana e intervalos de credibilidade a 95% que definem as regiões de maior densidade *a posteriori* dos quantis. Os *boxplots* representam os percentis 2.5, 25, 50, 75 e 97.5% da densidade *a priori* dos quantis com $F = 0.99$.

5. CONCLUSÕES

Apresenta-se um esquema de análise estatística de precipitações intensas com duração subdiária, assente num quadro Bayesiano de inferência. O trabalho foi motivado pela assinalável escassez de dados de precipitações de duração subdiária em Portugal Continental directamente acessíveis ao público.

Os resultados obtidos demonstram a possibilidade de obter uma distribuição de precipitações máximas anuais subdiárias fundamentada numa combinação da informação contida numa amostra, com poucos anos de registos, com informação antecedente sobre um quantil específico. Para o efeito foi necessário admitir algumas hipóteses-base que se afiguraram razoáveis e fundamentadas face a resultados teóricos e a estudos antecedentes disponíveis para Portugal Continental.

A adopção de um quadro de análise Bayesiano terá, porventura, como vantagem mais óbvia relativamente ao quadro de análise frequentista, a possibilidade de formalmente incluir na análise estatística informação exógena à amostra aleatória. Existem, no entanto, outras vantagens na abordagem Bayesiana, designadamente a formalização probabilística das incertezas da estimação de parâmetros através da distribuição *a posteriori*, e a possibilidade de integrar a variabilidade do fenómeno natural e a incerteza amostral em uma única estimativa de projecto dada pela distribuição preditiva.

A investigação apresentada neste artigo abre algumas oportunidades de desenvolvimentos futuros, designadamente: (i) o estudo das implicações da adopção de outro quantil para a incorporação da informação *a priori*; (ii) as implicações decorrentes da eventual não-normalidade dos quantis no que respeita à elicitação da densidade *a priori*; e (iii) a possível extensão da metodologia no sentido da avaliação de dados não-sistemáticos de precipitações intensas.

Os métodos desenvolvidos neste artigo poderão ser utilizados em próximos estudos de análise estatística de precipitações intensas de curta duração em Portugal Continental ou em outras regiões onde seja possível a recolha de informação sobre quocientes entre precipitações com essas durações e com duração diária, ou outra informação sobre algum quantil específico dessas precipitações.

BIBLIOGRAFIA

Brandão, C., Rodrigues, R., Costa, J. (2001). Análise de fenómenos extremos. Precipitações intensas em Portugal Continental. Lisboa, DSRH. http://snirh.pt/snirh/download/relatorios/relatorio_prec_intensa.pdf

Coles, S. G., Tawn, J. A. (1996). A Bayesian analysis of extreme rainfall data. *Applied statistics*, 463-478.

Coles, S. (2001). *An Introduction to Statistical Modeling of Extreme Values*, Springer, London.

Correia, M.G.P. (2008) Análise da precipitação máxima com média duração em Portugal Continental. Tese de Mestrado. Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal.

Davison, A. C. (2003). *Statistical Models*, Cambridge University Press.

Fisher, R., e Tippett, L. (1928). Limiting forms of the frequency distribution of the largest or smallest member of a sample. In: *Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society*, vol. 24. Cambridge Univ Press.

Gamerman, D., Lopes, H.F. (2006). *Markov chain Monte Carlo: stochastic simulations for Bayesian inference*. CRC Press

Gelman, A., Carlin, J. B., Stern, H. S., Dunson, D. B., Vehtari, A., Rubin, D. B. (2013). *Bayesian Data Analysis*. CRC Press.

Gnedenko, B. (1943). Sur la distribution limite du terme maximum d'une série aléatoire. *The Annals of Mathematics*: 44(3), 423-453.

Hastings, W.K. (1970). Monte Carlo sampling methods using Markov chains and their applications. *Biometrika*, 57(1), 97-109.

Metropolis, N., Rosenbluth, A.W., Rosenbluth, M.N., Teller, A.H., Teller, E. (1953). Equation of state calculations by fast computing machines. *The journal of chemical physics*, 21(6), 1087-1092.

Metropolis, N., Ulam, S. (1949). The monte carlo method. *Journal of the American statistical association*, 44(247), 335-341.

- Merz, B., Thielen, A. H. (2005). Separating natural and epistemic uncertainty in flood frequency analysis. *Journal of Hydrology*, 309(1), 114-132.
- Naghetini, M., Pinto, E. (2007). *Hidrologia Estatística*, CPRM, Belo Horizonte, Brasil. 2007. <http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=981&sid=36>
- Paulino, C.D.M, Turkman, M.A.A., Murteira, B. (2003) *Estatística Bayesiana*. Fundação Calouste Gulbenkian.
- Portela, M.M. (2006). Estimaco de Precipitaoes Intensas em Bacias Hidrogrficas de Portugal Continental, *Recursos Hdricos*, Vol. 27(1), pp. 15-32.
- RCoreTeam (2013). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. <http://www.R-project.org/>
- Robert, C. (2007). *The Bayesian choice: from decision-theoretic foundations to computational implementations*. Springer.
- Robert, C., Casella, G. (2004). *Monte Carlo statistical methods*. Springer.
- Statisticat, LLC (2013). *LaplacesDemon: Complete Environment for Bayesian Inference. R packages version 13(04)*
- Viglione, A., Merz, R., Salinas, J.L., Blschl, G. (2013). Flood frequency hydrology: 3. A Bayesian analysis. *Water Resources Research*, 49(2), 675-692.

Supervisão e controlo de um sistema de canais de rega. Parte I – Definição e apresentação geral

Supervision and control of an irrigation canal system. Part I – Definition and general presentation

Manuel Rijo¹, Bruno Inácio², João Campos³

¹ Prof. Assoc. c/ Agregação U. Évora, membro da APRH nº732, Escola de Ciência e Tecnologia, Universidade de Évora, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas, Apartado 94, 7002-554 Évora, Portugal; e-mail: rijo@uevora.pt

² Eng.º Eletrotécnico, ACTEMIUM, Cegelec – Instalações e Sistemas de Automação Lda.

³ Eng.º. Agrónomo, DGADR-Direção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural

RESUMO: O artigo faz a apresentação geral do sistema de supervisão e controlo (SCADA) desenvolvido para as redes primária e secundária de canais do Aproveitamento Hidroagrícola de Idanha-a-Nova, já instalado e calibrado.

O SCADA permite melhorar, de modo significativo, a eficiência da gestão operacional dos canais de rega controlados por montante, tipo de canais do Aproveitamento, ao fazer o controlo de caudais nas admissões principais, a supervisão dos caudais perdidos nas descargas principais e das alturas de água nas secções de maior interesse para o controlo e a segurança. Ao atuar em tempo real e à distância, ganha-se tempo, melhora-se a segurança do funcionamento dos canais, aumenta-se a qualidade das distribuições e reduzem-se as perdas operacionais de água.

Para além da apresentação geral do SCADA, incluindo o centro de controlo, as comunicações e estações de campo, são também apresentados alguns dos sinópticos desenvolvidos e os controladores digitais instalados: direto para comporta, de posição de comporta e controlador de caudal para comporta.

Palavras-chave: Canais de rega; controlo por montante; comportas AMIL; tecnologia SCADA; modernização de canais.

ABSTRACT: *The paper presents the developed supervisory control and data acquisition system (SCADA system) for the main and secondary canal network of the Idanha-a-Nova Irrigation District, already installed and tuned.*

SCADA improves, significantly, the operational management efficiency of the irrigation canals upstream controlled, the type of canals that is installed in the Irrigation District, insuring the inflow control at the head of the main canals, the outflow supervision for the drainage system and the supervision of the water depths at the most important canal sections for control purposes and canals security. Acting in remote mode and real time, it saves time, improves the safety of the canals operation, increases the water delivery quality and reduces the operational water losses.

Besides the general SCADA presentation, including the control centre, communications and field stations, that are also presented a few of the developed synoptics and the installed digital controllers: gate direct controller, gate position controller and gate flow controller.

Keywords: *Irrigation canals; upstream control; AMIL gates; SCADA technology; canal modernization.*

O texto deste artigo foi submetido para revisão e possível publicação em novembro de 2015, tendo sido aceite pela Comissão de Editores Científicos Associados em janeiro de 2016. Este artigo é parte integrante da *Revista Recursos Hídricos*, Vol. 37, Nº 1, 59-72, março de 2016.

© APRH, ISSN 0870-1741 | DOI 10.5894/rh37n1-cti2

1. INTRODUÇÃO

Os grandes sistemas de adução de água bruta são habitualmente em canal (Rijo, 2010). Razões técnicas e económicas determinam esta opção habitual. É o caso da grande maioria dos Aproveitamentos Hidroagrícolas do País, com cerca de 200000ha de área infraestruturada (SIR, s/d), sobretudo nas redes primárias e, com menor expressão, nas redes secundárias. O mesmo acontece com praticamente toda a rede primária do Empreendimento de Fins Múltiplos do Alqueva, com cerca de 400km de extensão e que serve cerca de 120000ha (EDIA, s/d).

Estes canais nacionais estão equipados com o controlo por montante, o controlo que equipa mais de 90 % dos canais de rega a nível mundial (Rijo, 2010). Tal acontece porque o dimensionamento dos canais pode ser otimizado (secção transversal constante ao longo do percurso e com uma altura que, para além da folga usual, praticamente corresponde à altura uniforme para o caudal de projeto, $Q=Q_{max}$, Figura 1b) e porque os equipamentos

de controlo podem ser simples e económicos (Rijo, 2010).

Nas aplicações nacionais do controlo local por montante nos Aproveitamento Hidroagrícolas, o controlador mais usado é a comporta AMIL/AMP (Figura 1a), uma comporta de segmento 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 3-4% da altura do respetivo tabuleiro, o chamado "décrément" (ALSTHOM).

A variável controlada no controlo local por montante é a altura de água a jusante de cada trecho de canal ou imediatamente a montante de cada controlador (Figura 1b). Quando há variação de caudal em circulação, a comporta ajusta a sua abertura para repor a variável controlada no seu valor de referência. O valor de referência é, por norma, a altura de água em regime uniforme para o caudal de dimensionamento do trecho ($Q=Q_{max}$, na

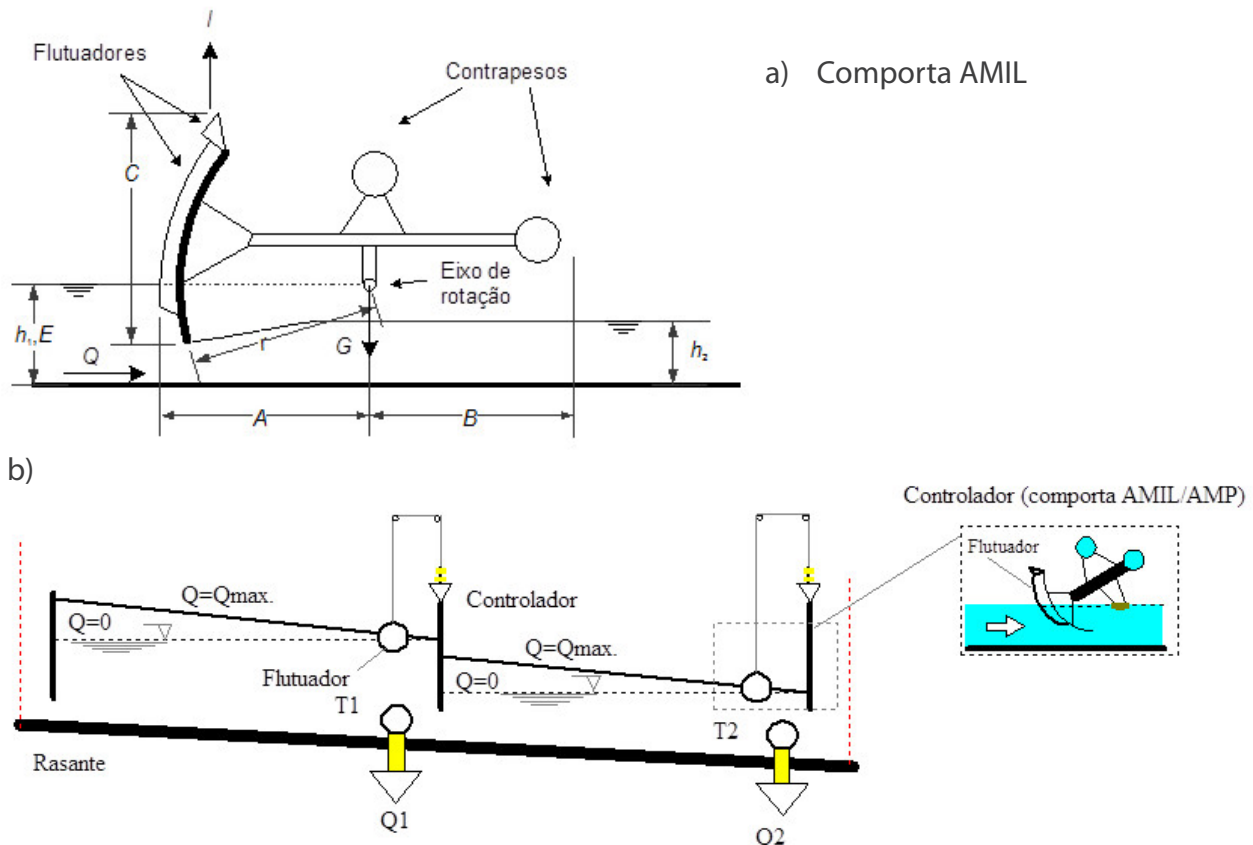


Figura 1. Controlo local por montante: a) comporta AMIL; b) Representação esquemática de dois trechos de canal com comportas AMIL (Rijo, 2008 a).

Figura 1b), com um acréscimo para fazer face à perda de carga exigida pela comporta (sempre muito pequena, poucos *cms*).

O controlo local por montante visa apenas o controlo de alturas de água no interior dos canais. Não permite o controlo de caudais. Por isso, exige sempre a ação complementar de um controlo, sempre manual, de caudais em todas as admissões aos canais.

Atendendo à dinâmica hidráulica de cada trecho de canal, este tipo de controlo adequa-se bem às variações de caudal a montante (admissão ao trecho) e responde de forma bastante ineficiente (com atraso e perdas de água consideráveis) às variações de caudal a jusante (seção de jusante do trecho ou nas tomadas de água).

Se a tomada de água T2 (Figura 1b) fechar, o seu caudal passa a ficar no trecho de canal, fazendo subir a cota da superfície livre, quando esta deveria descer (um menor caudal em circulação exige um menor volume de água armazenado no trecho, Figura 1b). A comporta de jusante vai ter de abrir para deixar passar o caudal que deixou de ser derivado na tomada T2 e, durante o regime transitório correspondente no trecho, também para deixar passar o acréscimo de caudal exigido pela diminuição do volume de água no trecho. A resposta do trecho de canal é lenta e dá origem a perdas de água importantes para jusante.

Por outro lado, se, instantaneamente, se abrisse a tomada de água T2, esta seria alimentada à custa da água armazenada no trecho de canal e este, se não for alimentado por montante com recurso a manobras na admissão em valor suficiente e realizadas com a antecipação necessária, vai esvaziar. Por isso, este tipo de controlo responde muito mal quando associado a métodos flexíveis de distribuição de água, em que as manobras nas diferentes tomadas de água são permitidas com maior ou menor liberdade.

Qualquer variação de caudal a montante do trecho de canal é muito mais facilmente acomodada. Se, por exemplo, houver instantaneamente um acréscimo de caudal na comporta de montante do trecho de canal, neste a cota da superfície livre começa a subir e, quando for igual à exigida pelo novo caudal

em regime permanente, o trecho estabiliza e todo o caudal passa para jusante. Por outro lado, quando houver um decréscimo de caudal a montante, o trecho de canal vai ter de esvaziar parcialmente até atingir a superfície livre correspondente ao novo caudal em regime permanente em circulação e, neste caso, o esvaziamento corresponde a uma perda de água do trecho.

Idealmente, se não houver variações de caudal nem a montante nem a jusante, não haverá perdas de água no trecho de canal. O trecho de canal só é eficiente no uso da água nessa situação.

As variações (manuais) de caudal nas admissões respondem de modo muito ineficiente às variações de caudal nas tomadas de água, mesmo quando estas são conhecidas com antecipação suficiente. É impossível definir um hidrograma de caudais à cabeça de um canal que permita a satisfação da distribuição de água em todas as tomadas de água de forma otimizada. Quando as variações de caudal nas tomadas são imprevisíveis e até de sinais contrários, a ineficiência do sistema aumenta extraordinariamente. É o que acontece quando se dá liberdade no uso das tomadas de água.

Os sistemas SCADA (acrónimo inglês que significa Supervisory Control And Data Acquisition) permitem a monitorização e telecomando de órgãos hidráulicos em tempo real. Por isso, têm vindo a ser usados, cada vez mais, mesmo a nível nacional, para melhorar a gestão dos canais com controlo por montante (Rijo, 1999; Rijo, 2008 b; Rijo e Arranja, 2010; Rijo e Inácio, 2014; Rijo *et al.*, 2005). O controlo de caudais nas admissões aos canais passa a ser realizado por telecomando em tempo real e a monitorização do estado hidráulico passa também a ser possível em tempo real, ganhando-se tempo, permitindo a gestão quantificada (na gestão tradicional, muitas vezes nem é possível estimar os caudais admitidos) e reduzindo as perdas de água associadas ao controlo tradicional de caudais.

A aplicação dos sistemas SCADA é a via mais económica e eficiente para a modernização de canais de rega, reduzindo as perdas de água associadas ao controlo tradicional de caudais e a mão de obra necessária à operação dos canais. O artigo faz uma descrição sumária das redes

primária e secundária do Aproveitamento Hidroagrícola de Idanha-a-Nova (AHIN), ambas em canal e controladas por comportas AMIL, sendo os demais equipamentos também do tipo Neyrpic, nomeadamente as tomadas de água, na sua maioria do tipo módulo normalizado Neyrpic (SOREFAME, 1953). Em seguida, faz a apresentação do SCADA desenvolvido e implementado para a gestão e operação das duas redes do AHIN, incluindo alguns sinópticos, comunicações e as respetivas estações de campo. O artigo faz também a apresentação dos controladores digitais desenvolvidos para as admissões aos canais principais –controladores direto e de posição das comportas (para a operação de comportas) e controladores de caudal para a instalação de caudais pré-definidos e os correspondentes ajustamentos automáticos das comportas de admissão. A supervisão de níveis de água nas secções mais importantes e dos caudais nas descargas principais para o sistema de drenagem são também apresentadas.

2. APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DE IDANHA-A-NOVA

O Aproveitamento Hidroagrícola de Idanha-a-Nova (AHIN) situa-se na campina da Idanha, no concelho Idanha-a-Nova, distrito de Castelo Branco, e beneficia uma área aproximada de 8200ha. É constituído pela Barragem Marechal Carmona e pelas infraestruturas da rede de rega e restantes estruturas que servem de apoio à exploração e conservação da obra de rega.

A exploração do AHIN está entregue à Associação de Regantes e Beneficiários de Idanha-a-Nova (ARBI).

O perímetro é composto por 2 grandes blocos de rega - *bloco da Campina*, com uma área aproximada de 5700ha, servido pelo Canal Conductor Geral (CCG), pelos distribuidores n.º 1 a 21 e pela estação elevatória (EE) do Ladoeiro; *bloco do Aravil*, com uma área aproximada de 2500ha, servido pelo Canal Conductor Geral do Aravil (CCGa), Canal Direito e Canal Esquerdo, este com os distribuidores n.º 1 a 5 e pela EE do Aravil, na admissão ao CCGa (Figura 2).

A rede primária de rega constitui o sistema adutor aos dois blocos de rega. É constituída por (Figura 2):

- CCG – Canal Conductor Geral - com início na Barragem Marechal Carmona e fim na EE do Ladoeiro; é dimensionado para um caudal de $7.38m^3/s$ no seu trecho inicial e tem um desenvolvimento total de 23701m.
- CCGcont – Canal Conductor Geral de continuação - é a continuação direta do CCG; desenvolve-se entre a EE do Ladoeiro e o distribuidor 19 (D19), junto à sede da ARBI; está dimensionado para um caudal de $1.58m^3/s$ e tem um comprimento de 2614m.
- CCGa – Canal Conductor Geral do Aravil – com início na EE do Aravil, termina no nó de derivação dos Canal Esquerdo (CE) e Canal Direito (CD); está dimensionado para o caudal de $2.275m^3/s$ e possui um comprimento de 807.5m.

A rede secundária de rega, com início na rede primária, para além da adução, tem já uma importante função de distribuição de água, sendo constituída por (Figura 2):

- No CCG – Distribuidores 1 a 17 (D1 a D17).
- No CCGcont – Distribuidores 18 a 21 (D18 a D21).
- No CCGa – CE, com os distribuidores 1, 2, 3, 4 e 5 do Aravil e o CD.

3. SCADA DOS CANAIS PRIMÁRIOS E SECUNDÁRIOS DO AHIN

3.1. Apresentação geral

O SCADA foi instalado e calibrado durante o ano de 2014. A fase última de calibração decorreu no final da campanha de rega desse ano.

Exigindo os canais do AHIN o controlo manual de caudais em todas as admissões, o primeiro objetivo do SCADA é o comando manual à distância dos órgãos de controlo de caudais nas admissões principais, canais primários e distribuidores principais (canais secundários), de modo a poder ajustar-se, em tempo real, os caudais admitidos aos caudais variáveis a distribuir.

O comando manual à distância dos órgãos de admissão aos canais é complementado por uma função de supervisão para definição

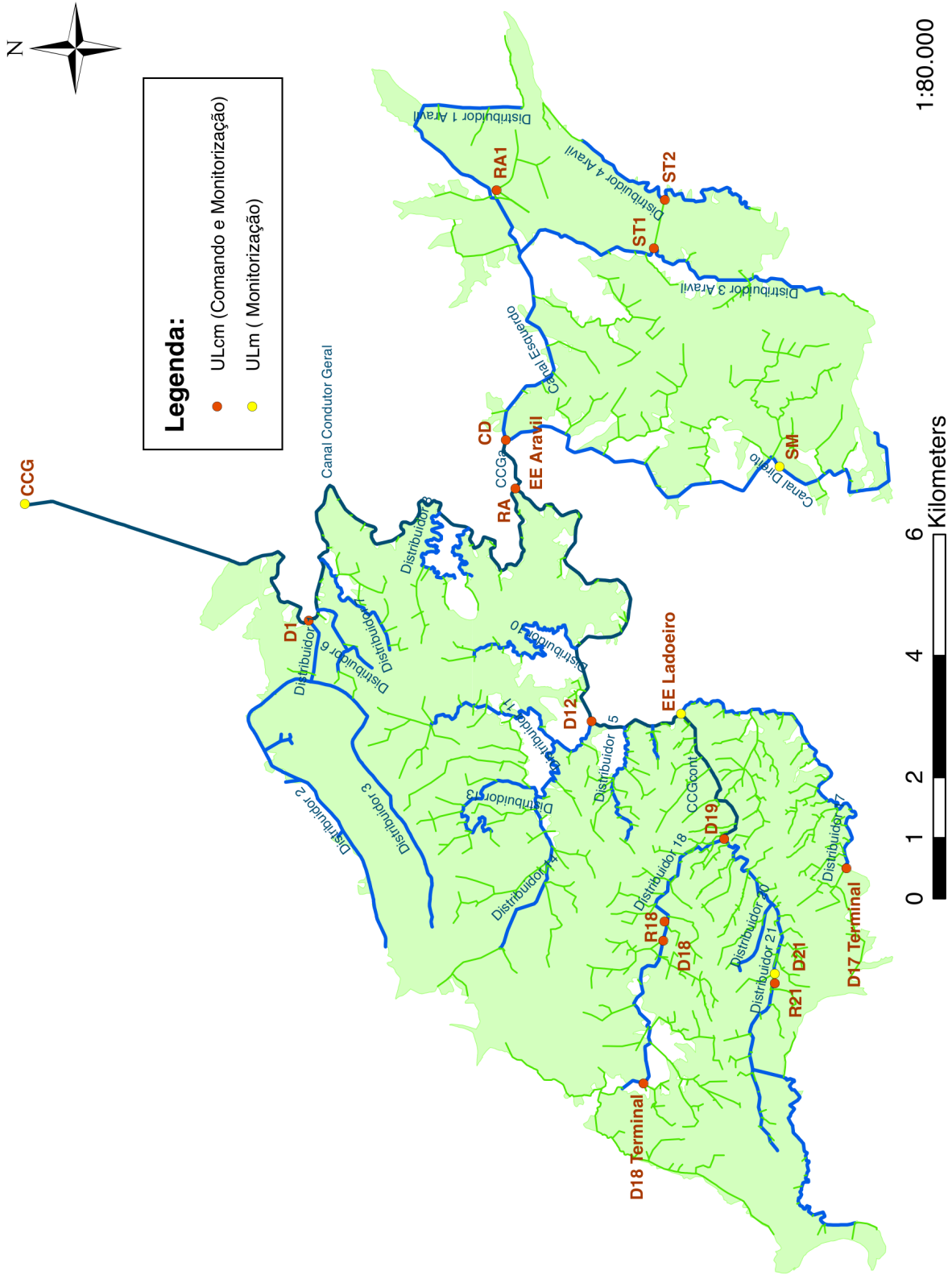


Figura 2. Estações de campo do SCADA das redes primária e secundária de canais do AHIN.

de alarmes (riscos de galgamento de canais) também via SCADA - das alturas de água nas secções onde esse risco é maior e a montante e a jusante de comportas a telecomandar.

De modo a apoiar a tomada de decisão do responsável relativamente aos caudais a admitir, é importante poder dispor-se de informação, também em tempo real, dos caudais que saem para o sistema de drenagem, nomeadamente nas descargas principais. Esta função é ainda garantida pelo SCADA.

O SCADA é, basicamente, constituído pelos seguintes elementos:

- Centro de comando e supervisão – para o comando e a supervisão dos órgãos hidráulicos principais e a supervisão das alturas de água nas secções escolhidas;
- Unidades Locais (Estações de Campo) – para a recolha de informação local e o comando dos órgãos hidráulicos, obedecendo às ordens do centro de comando e supervisão ou trabalhando de modo independente;
- Sistema de comunicações – para a troca de dados e de informação entre o centro de comando e supervisão e as unidades locais.

O centro de comando e supervisão está instalado na sede da ARBI. Tem como funções principais:

- O acesso remoto ao estado de cada uma das unidades locais e as respetivas supervisões, usando sinópticos atualizados “on-line” a partir da base de dados, de modo a que o operador possa aceder ao estado e comandar qualquer equipamento das unidades locais;
- O comando remoto dos equipados selecionados;
- A gestão de alarmes, com impressão em papel contínuo e envio de mensagens escritas (SMS) para o telemóvel do operador caso este não se encontre presente no centro de controlo; o tipo de alarmes a enviar foi configurado de acordo com o seu nível de urgência;
- A análise e arquivamento de dados;
- A gestão do sistema de adução em tempo real.

Em caso de falha de comunicações, é dado um alarme, sendo identificada(s) a(s) respectiva(s) estação(ões) de campo em falha.

O operador tem acesso aos dados, regra geral via sinópticos, que permitem uma leitura rápida do estado das estações de campo.

As diferentes estações de campo estão equipadas com autómatos de modo a terem capacidade de decisão local e receberem ordens do sistema de supervisão. Assim, mesmo que haja falha de comunicação com o centro de comando e supervisão, os autómatos locais permitem a implementação de decisões a nível local.

Os princípios de base da gestão hidráulica dos canais não se alteraram com a implementação do SCADA. A gestão operacional dos canais continua a ser muito personalizada, continuando a ser muito importante a experiência de campo acumulada, como é característico dos canais com controlo por montante. O SCADA é uma ferramenta poderosa na modernização da gestão tradicional, que se irá refletir na economia de água, de mão-de-obra e de energia, mas não mudará a lógica de gestão, daí que a definição dos pontos ou secções a equipar com estações de campo tivesse sido realizada em colaboração com os responsáveis da gestão hidráulica da rede.

O SCADA tem a configuração geral que se apresenta na Figura 3.

3.2. Unidades locais

As unidades locais recebem informações (sinais elétricos) dos sensores (alturas de água, posição das comportas, caudais) convertendo-as para variáveis com significado físico e armazenando-as numa base de dados própria (*data logging*). A conversão pode resultar da aplicação de uma escala linear (altura de água, por exemplo) ou resultar de um algoritmo de cálculo (caudal, por exemplo).

Periodicamente, esses dados são transferidos para a central de comando e supervisão, de modo a estarem sempre disponíveis para consulta e análise. A sincronização ocorre também sempre que se verifique uma condição de alarme.

As unidades locais são, essencialmente, unidades de comando e de telemetria

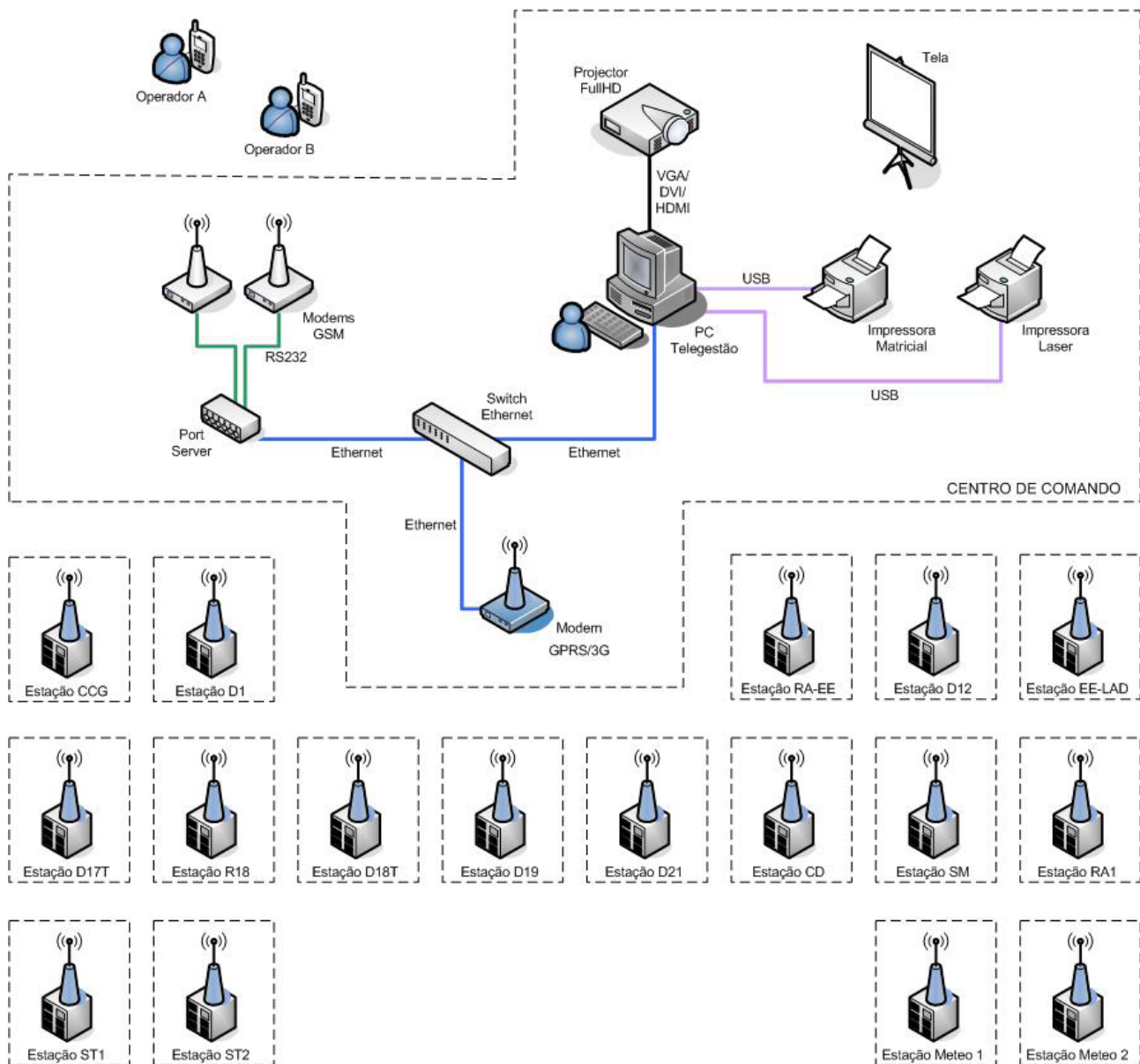


Figura 3. Configuração geral do SCADA do AHIN.

ou unidades de telemetria (supervisão/monitorização), sendo constituídas genericamente por:

- *autómato programável* - para gestão da unidade local, processamento de informação e troca de dados com o centro de comando e supervisão;
- *modem de comunicações* - para permitir a comunicação entre o autómato local e o centro de comando e supervisão;
- *interface homem-máquina (HMI)* - para permitir o acesso a informação local, comando e parametrização local do funcionamento do autómato;
- *comportas com atuadores elétricos* - para controlarem o caudal admitido/distribuído;
- *equipamento de proteção e comando* - para acionamento dos atuadores;
- *sensores de posição das comportas* e de *altura de água* - para fornecerem a indicação do estado das comportas e do canal;
- *quadro de força motriz* - para alimentar o autómato, atuadores e restantes equipamentos;

- *baterias* - para armazenamento de energia, de modo a garantir a continuidade do funcionamento da unidade local mesmo com falhas na alimentação de energia;
- *abrigo* - para albergar os equipamentos.

A Tabela 1 caracteriza sumariamente os locais escolhidos para integrarem estações de campo do SCADA.

A Figura 2 e a Tabela 2 apresentam a localização e tipologia das 16 estações de campo projetadas e instaladas.

As unidades de campo do SCADA são de dois tipos:

- **ULcm** - Unidade local com controlo (comando ou atuação) e monitorização (supervisão ou telemetria); possui equipamento para telecomando, função de *data logging* e posterior envio dos dados para o centro de comando e supervisão e podem reunir as funções que seguem:
 - monitorização de alturas de água – a montante (h_1) ou a jusante (h_2) de um órgão ou estrutura hidráulica (limpa grelhas, comporta, descarregador frontal ou lateral);
 - monitorização de abertura de comportas (a);
 - monitorização de caudais para o sistema de drenagem através de descarregador (Q_1) e/ou com caudalímetro (Q_2);
 - controlo de caudais (Q) – de admissão a distribuidor, reservatório ou de saída através de comporta.
- **ULm** - Unidade local de monitorização (supervisão ou telemetria); não possui equipamento para telecomando, tendo apenas a função de *data logging* e posterior envio dos dados para o centro de comando e supervisão e reúne uma ou mais das funções que seguem:
 - monitorização de alturas de água – a montante (h_1) ou a jusante (h_2) de uma máquina, órgão ou estrutura hidráulica (limpa grelhas, comporta, descarregador frontal ou lateral);
 - monitorização de abertura de comportas (a);

- monitorização de caudais para o sistema de drenagem através de descarregador (Q_1) e/ou com caudalímetro (Q_2).

3.3. Controladores digitais instalados nos autómatos

Controlador Direto para uma ou mais comportas (D, Tabela 2)

O controlo direto de uma comporta consiste na capacidade de um utilizador – através de uma *HMI* – acionar um botão para a abrir, fechar ou parar numa determinada posição. Estas ações de comando podem ser arbitrárias (decisão do operador humano) ou resultar de um controlador automático.

A sua aplicabilidade prática está relacionada com atividades de manutenção/testes no canal ou nos equipamentos, necessidade de atuar de imediato no canal e também para serem usados como parte final de controladores mais sofisticados instalados na cadeia de controlo, como são os casos dos controladores de posição e de caudal.

A Figura 4 apresenta o controlador de caudal para as situações em que há duas comportas. O controlador direto recebe do controlador de caudal as aberturas a instalar em cada comporta, a_{1r} e a_{2r} . O controlador direto, em função do estado de cada comporta ($a_{1status}$ e $a_{2status}$), envia as ordens de comando para os atuadores de cada comporta, respetivamente, a_1 e a_2 . É garantido um tempo de paragem mínimo para cada motor (ΔT_{1OFF} e ΔT_{2OFF}), calculado com base no número de arranques por hora permitidos pelos motores.

Controlador de Posição para uma ou mais comportas (P, Tabela 2)

No controlador de posição, a ordem de comando da(s) comporta(s) pode ser enviada por uma *HMI*, pelo PC Central (SCADA) ou através do *PLC* local. Para o caso de duas comportas, o controlador de posição compara a nova posição requerida para cada comporta com a posição atual (a_{1med} e a_{2med} , Figura 4). Dessa comparação, resulta uma ordem de comando (Abrir/Fechar/Stop), a_{1r} e a_{2r} , a transmitir ao controlador direto.

Tabela 1. Caracterização preliminar dos locais a integrar em estações de campo do SCADA do AHIN

Locais	Caudal		Admissão					OBS.
	Admissão (m^3s^{-1})	Canal (m^3s^{-1})	Largura útil (m)	Largura total (m)	Módulo	Altura do módulo ^(*) (m)	Altura do canal ^(**) (m)	
CCG	7.38	7.38	5.50	---	2 comportas	---	1.23	Esc. livre/subm.; com energia
D1	---	0.784	1.40	1.75	5 comportas	---	1.07	Esc. livre/subm.; sem energia
RA-EE Aravil	---	2.275	1.50	1.68	1 comporta	---	2.30	Esc. livre/subm., inversão de caudal; com energia
D12	---	1.134	1.95	2.12	3 orifícios com comportas	---	1.45	Esc. livre/subm.; sem energia
EE Ladoeiro	---	---	---	---	---	---	---	Com energia
D17 Terminal	0.065	0.065	0.065	0.067	XX ₁ -M3-65	0.58	0.42	Esc. livre; sem energia
R18-adição	2.30	2.30	2x0.80	2.0	2 comportas	---	1.80	Esc. livre/subm.; sem energia
R18-tomada	1.10-0.66	---	---	---	comporta Ø800 mm	---	---	Esc. em pressão; sem energia
D18 Terminal	1.025	1.025	0.94	1.05	2 comportas	---	1.05	Esc. livre/submerso; sem energia
D19	0.288	0.288	1.00	1.87	1 orifício com 2 comportas	---	1.50	Esc. livre/subm.; com energia
D21	---	0.111	---	---	---	---	0.75	Sem energia
R21-tomada	0.19-0.16	---	---	---	comporta Ø400 mm	---	---	Esc. em pressão; sem energia
CD	0.608	0.608	---	---	Estrutura	---	1.50	Esc. livre/submerso; sem energia
SM	---	0.608	---	---	---	---	1.40	Sem energia
RA1-adição	1.265	1.265	1.00	1.0	1 comporta	---	2.50	Esc. livre/submerso; sem energia
RA1-jusante	1.265	1.265	2x1.00	2.90	2 comportas	---	1.35	Esc. livre/submerso; sem energia
RA1-tomada	0.30	---	---	---	comporta Ø700 mm	---	---	Esc. em pressão; sem energia
ST1	0.493	0.493	1.04	1.34	1 comporta	---	---	Esc. livre; sem energia
ST2-D4	0.203	0.203	1.32	1.94	2 comportas	---	0.75	Esc. livre/subm.; sem energia
ST2-D5	0.121	0.121	0.80	1.40	2 comportas	---	0.67	Esc. livre/subm.; sem energia

(*) Desde a crista da soleira até ao topo do módulo Neyrpic.

(**) Desde o rasto do canal ou da crista da soleira Neyrpic até à banquetta do canal.

Tabela 2. Caracterização sumária das estações de campo do SCADA do AHIN

Estação	Localização da estação	Tipo estação	Nº Comportas	Ressalto Hidráulico	Monitorização	Descarreg.	Sensores Caudal	Controladores	Energia
Canal Condutor Geral									
CCG	Admis. CCG	ULm	---	---	(3*)	---	---	---	Rede
D1	Admis. Distribuidor 1	ULcm	1	Livre/subm.	h_1, h_2, a	---	---	D, P, Q	Painel solar
RA-EE Aravil	EE Aravil	ULcm	1(*)	Livre/subm.	h_1, h_2, a, Q_1, Q_2	2	1	$D, P, Q(5^*)$	Rede
D12	Admis. Distribuidor 12	ULcm	2	Livre/subm.	h_1, h_2, a	---	---	D, P, Q	Rede
EE Ladoeiro	EE Ladoeiro	ULm	---	---	h_1, h_2, Q_1, Q_2	2	1	---	Rede
D17 Terminal	Admis. Distribuidor 17	ULcm	1	Livre	h_1, a, Q_1	2	---	D, P, Q	Painel solar
Canal Condutor Geral continuação									
R18	Reservatório 18	ULcm	2(*)+1(*) (**)	Livre/subm.	h_1, h_2, a, Q_1, Q_2	1	1+1(4*)	D, P, Q	Rede
D18 Terminal	Termin. Distribuidor 18	ULcm	1	Livre/subm.	h_1, h_2, a	1	---	D, P, Q	Painel solar
D19	Admis. Distribuidor 19	ULcm	1	Livre/subm.	h_1, h_2, a, Q_2	---	1	D, P, Q	Rede
D21	Distribuidor 21	ULm	---	---	h_1, Q_2	---	1	---	Painel solar
R21	Reservatório 21	ULcm	1(*)(**)	---	h_1, w, Q_1	1	---	D, P, Q	Rede
Canal Condutor Geral do Aravil									
CD	Admis. Canal Direito	ULcm	2	Livre/subm.	h_1, h_2, a	---	---	D, P, Q	Rede
SM	Sifão Mascarenha	ULm	---	---	h_1, Q_1, Q_2	1	1	---	Painel solar
RA1	Reservatório 1 do Aravil	ULcm	3(*)+1(*) (**)	Livre/subm.	h_1, h_2, a, Q_2	1	---	D, P, Q	Rede
ST1	Admissão Sifão Tola	ULcm	1	Livre	h_1, a, Q_1	1	---	D, P, Q	Painel solar
ST2	Saída Sifão Tola	ULcm	1+1	Livre/subm.	h_1, h_2, a	---	---	D, P, Q	Painel solar

(*) Já instalada

(**) Comporta mural da tomada de água; escoamento em pressão

(3*) Leitura de sinais de SCADA já existente.

(4*) Medidor de caudal eletromagnético na conduta da tomada de água

(5*) Com possibilidade de inversão do caudal

As saídas do controlador de posição são as entradas do controlador direto. Sendo este o controlador mais simples, é, porém, o mais importante.

Controlador de Caudal para uma ou mais comportas (Q , Tabela 2)

A Figura 4 apresenta o controlador de caudal para duas comportas, conforme já assinalado. O controlador recebe a referência ou ordem de caudal Q_r , caudal total para as duas comportas. Tendo em conta as alturas de águas a montante e a jusante das comportas, h_1 e h_2 e as aberturas das mesmas (a_{1med} e a_{2med}), o controlador calcula o caudal Q , caudal atual ou que está a passar naquela situação nas duas comportas.

O cálculo do desvio (e_Q) entre o caudal atual Q , dado pela equação de vazão da comporta, e o novo caudal a instalar Q_r , pode originar três situações distintas:

- Se $e_Q > \Delta Q$ (erro positivo: necessidade de aumentar o caudal) - Abre comportas (as duas em simultâneo na situação normal, ou, havendo avaria numa delas, a outra deverá compensar a diferença de abertura desta);
- Se $e_Q < \Delta Q$ (erro negativo: necessidade de diminuir o caudal) - Fechar comportas;
- Se $e_Q = 0$ (erro nulo: necessidade de manter o caudal) - Imobiliza comportas.

Tal como acontece no controlador de posição, a saída do controlador de caudal – a_{1r} e a_{2r} – representa as ordens de abrir/fechar comportas transmitidas ao controlador direto.

Cálculo do caudal Q – As estruturas de controlo de caudais nas admissões aos canais podem funcionar como descarregadores (comportas acima da superfície livre) ou como comportas associadas ou não a soleiras e, para cada situação, haver ainda situações de escoamento livre (ressalto hidráulico livre a jusante), escoamento parcialmente submerso e escoamento totalmente submerso.

O algoritmo geral de cálculo de Q usado nos autómatos garante a continuidade das soluções para todo o domínio de funcionamento das estruturas, isto é, sem descontinuidades numéricas. Esse algoritmo é apresentado em Rijo e Miranda (2016).

3.4. Comunicações

A arquitetura de comunicações entre o centro de comando e as unidades locais é baseada numa APN de um operador móvel (TMN) sobre GPRS/UMTS. Através desta solução, o sistema fica dotado de uma rede IP, com as vantagens correspondentes.

As comunicações são suportadas pelo protocolo IEC60870-5-104. Este protocolo, baseado no

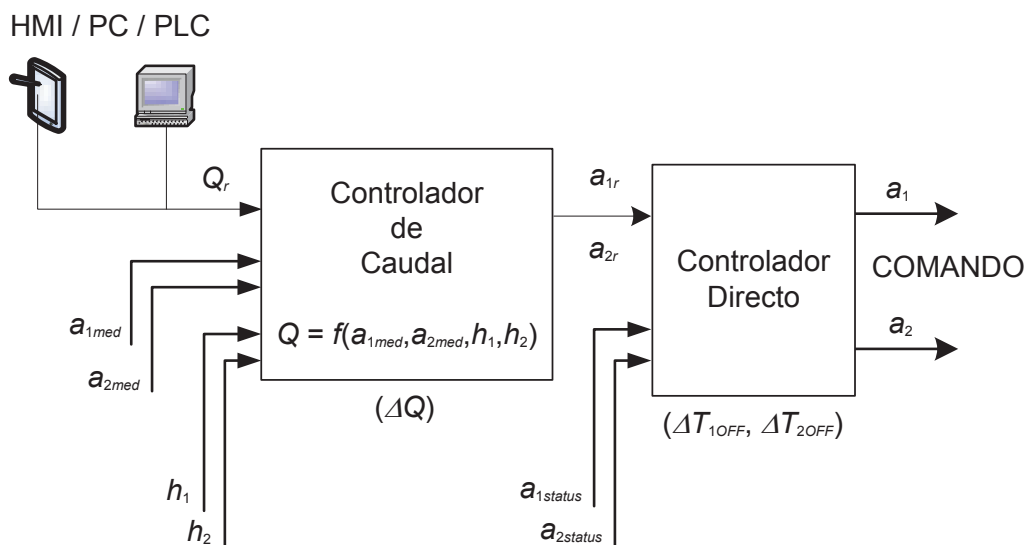


Figura 4. Controlador de caudal para duas comportas (Rijo, 2010).

modelo OSI “Open System Interconnection”, foi criado para fazer face às exigências inerentes a instalações de distribuição de energia, tendo vindo a ser implementado gradualmente e com sucesso em instalações de distribuição de água.

Neste tipo de aplicações, a grande vantagem do protocolo é que não é necessária uma leitura permanente de dados por parte do SCADA. A transmissão de dados para o SCADA acontece somente mediante a ocorrência de eventos ou alarmes nas estações, minimizando muito o volume de dados na rede. Apesar disto, se necessário, é possível efetuar interrogações sobre as informações e dados das instalações partir do sistema de supervisão.

3.5. Exemplos de sinópticos

A Figura 5 apresenta o sinóptico principal da aplicação SCADA. Apresenta uma vista geral da rede de rega, com indicação dos vários canais existentes. Clicando sobre um canal, pode aceder-se à página de cada uma das estações de campo desse canal.

A janela principal encontra-se dividida em quatro partes:

- Barra de título (superior) – contém o título da página e a data e hora atual
- Barra de navegação (esquerda) – permite navegar entre as várias páginas do SCADA, sendo acessíveis as seguintes janelas:
 - Rede primária – Janela principal
 - Canais (para aceso direto a cada uma das estações de campo do SCADA)
 - CCG – Canal Conductor Geral
 - Campina – Bloco da Campina
 - Aravil – Bloco do Aravil
 - Meteo – Estações Meteorológicas
 - Alarmes
 - Eventos
 - Gráficos
 - Relatórios
 - Ferramentas
 - Comunicações
 - Sistema
- Barra de informação (inferior) – tem a indicação permanente de quais os alarmes ocorridos que ainda não foram reconhecidos.

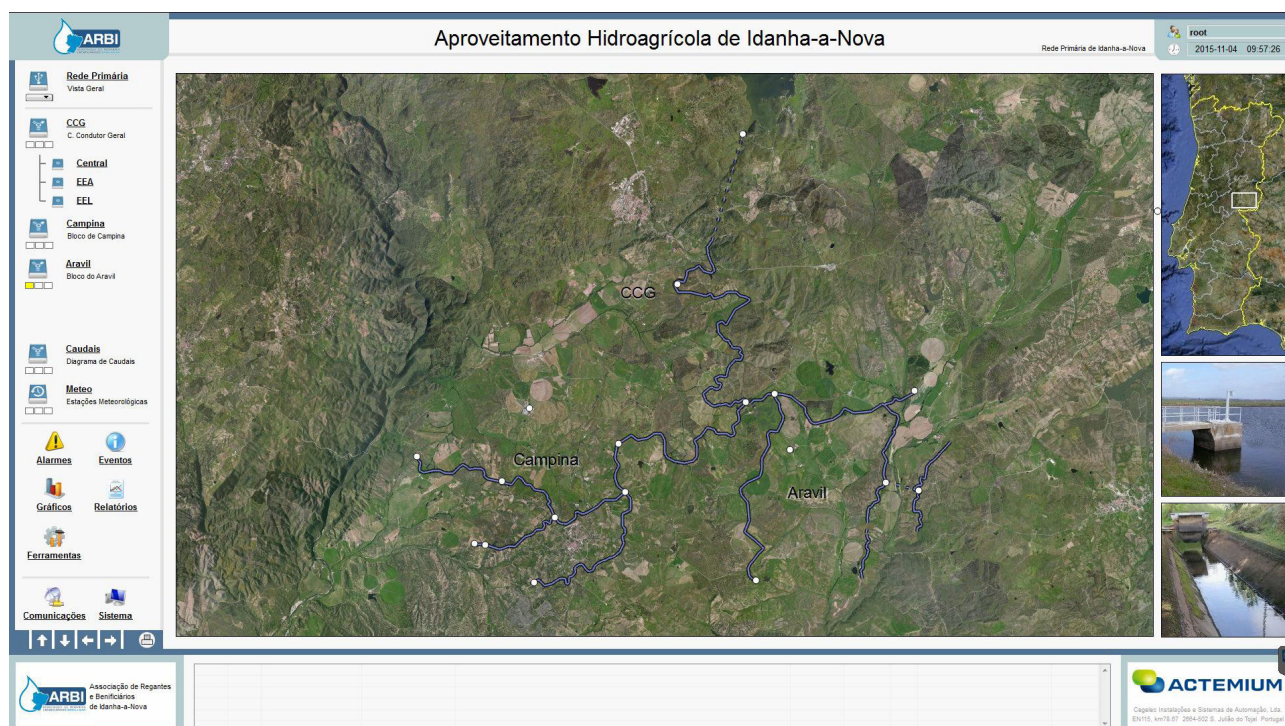


Figura 5. Janela principal do SCADA do AHIN.

- Área principal – Ao seleccionar uma janela, esta é mostrada na área principal da aplicação. É o caso do sinóptico da estação D12, que se apresenta na Figura 6, que apresenta, nomeadamente, as alturas de água a montante e jusante das duas comportas de admissão ao distribuidor, o caudal e a percentagem de abertura de cada comporta. Na Figura 6, são ainda visíveis os controladores que se podem definir e os horários de rega (calendário de caudais a colocar nas comportas).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

OssistemasSCADAexistemháalgumasdécadas. Contudo, a grande maioria das aplicações a canais de rega foram concretizadas nos últimos 20 anos. Só na parte oeste dos EUA, instalaram-se, na penúltima década, 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. No País, fez-se a primeira aplicação ao Canal Conductor Geral do Aproveitamento Hidroagrícola do Vale do Sorraia, há cerca de 25 anos.

Estas aplicações são, quase sempre, a primeira opção na modernização dos canais de rega com controlo por montante, pelas vantagens comparativas com outras soluções e atendendo ao facto de os investimentos envolvidos serem baixos e decrescentes, nomeadamente os relativos aos equipamentos eletrónicos e software. A título de exemplo, pode afirmar-se que a aplicação apresentada teve um custo total abaixo de 1,2 milhões de euros.

Os sistemas SCADA são, só por si, ferramentas de gestão muito importantes, permitindo melhorar a qualidade de serviço, economizar água, poupar mão-de-obra na operação dos canais e ganhar tempo e energia.

A calibração da aplicação SCADA apresentada faz-se em Rijo e Miranda (2016).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à ARBI a disponibilização dos elementos de projeto para o presente artigo.

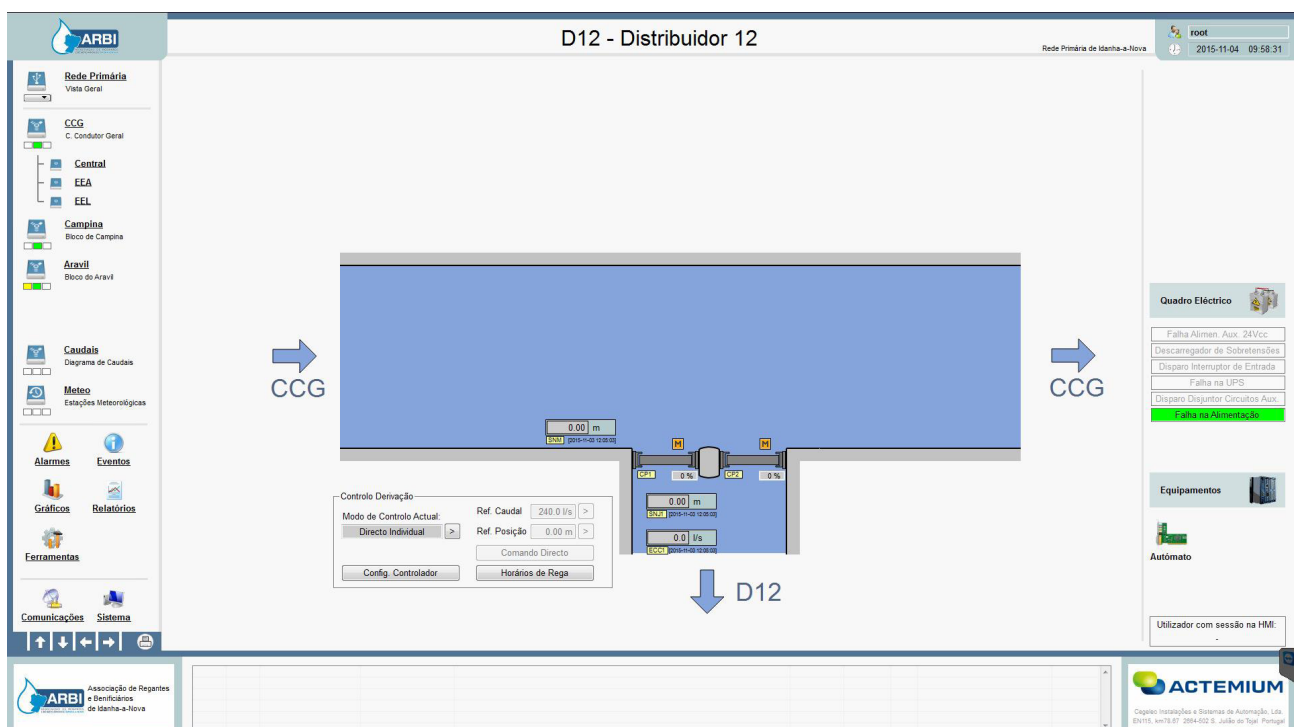


Figura 6. Janela de estação de campo D12

BIBLIOGRAFIA

ALSTHOM – AMIL gate. Alsthom fluides, Note nº A6501A, Services Techniques et Commerciaux, Alsthom-Fluides, La Courneuve, France.

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*, pp. 1-9, USCID Publisher, Denver, USA, ISBN: 1-887903-19-4.

EDIA (s/d) - Sistema Global de Rega. Empresa de Desenvolvimento e Infra-Estruturas do Alqueva, S.A., Beja, Portugal. In: <http://www.edia.pt/pt/o-que-e-o-alqueva/sistema-global-de-rega/106> (acedido em Outubro de 2015).

Rijo, M. (2010) – *Canais de Adução. Projecto, Operação, Controlo e Modernização*. 531p., Edições Sílabo, Lisboa, Portugal. ISBN: 978-972-618-615-1.

Rijo, M. (2008 a) – Modernização e controlo automático de sistemas de rega em canal. *Recursos Hídricos*, Vol. 29 (1), 87-100.

Rijo, M. (2008 b) – Design and field tuning of an upstream controlled canal network SCADA. *Irrigation and Drainage*, Vol. 57, 123-137.

Rijo, M. (1999) - SCADA of an Upstream Controlled Irrigation Canal System. In: A.J. Clemmens & S.S. Anderson (eds.), *Modernization of Irrigation Water Delivery Systems*, pp. 123-136, USCID Publisher, Denver, USA, ISBN: 1-887903-07-0.

Rijo, M. & Arranja, C. (2010) – Supervision and Automatic Control of an Irrigation Canal. *Journal of Irrigation & Drainage Engineering*, American Society of Civil Engineers, Vol. 136 (1), 3-10.

Rijo, M. & Inácio, B. (2014) – *Modernização de canais de rega. Uma aplicação*. CLME´2014 – Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia, CAP XVI – Hidráulica, Hidrologia e Recursos Hídricos num contexto de mudança: do risco à gestão sustentável, Inhambane, Moçambique, Gomes, J.F. et al. (eds.), pp. 321-322.

Rijo, M., Lanhoso A. & Nunes, M. (2005) – Design and Implementation of an Irrigation Canal SCADA. In: C. M. Burt & S.S. Anderson (eds), *SCADA and Related Technologies for Irrigation District Modernization*, pp. 23-32, USCID Publisher, Denver, USA, ISBN: 1-887903-19-4.

Rijo, M. & Miranda, C. (2016) – Supervisão e controlo de um sistema de canais de rega. Parte II – Calibração hidráulica. *Recursos Hídricos* (Lisboa) (enviado para publicação).

SIR (s/d) - Área infra-estruturada – Total Nacional 2012. Sistema de Informação do Regadio, Autoridade Nacional do Regadio, Direção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural, Lisboa, Portugal. In: <http://sir.dgadr.pt/exp-infra> (acedido em Outubro de 2015).

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

Plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio São Francisco

São Francisco river basin management plan

Pedro Bettencourt, Cláudia Fulgêncio, Maria Grade, Sónia Alcobia, José Paulo Monteiro, Rodrigo Oliveira, José C. Leitão, Pedro C. Leitão, Pedro A. Fernandes, Sara de Sousa, Sérgio Brites, João Fernandes, Joana Simões, Marcel Scarton, Emiliano Santiago, Ruy Aguiar, Matteus Giffoni, Fabiano Melo, Ana Carolina Paes

Nemus-Gestão e Requalificação Ambiental, Lda., Estrada do Paço do Lumiar, Campus do Lumiar, Ed.D, 1649-038 Lisboa, Tel: +351 217 103 160, Fax: + 351 217 103 169, nemus@nemus.pt; Nemus Brasil: Rua Rio Grande do Sul, nº 332, Salas 701 a 705, Edifício Torre Ilha da Madeira, Pituba, CEP 41.830-140, Salvador – Bahia.

RESUMO: A bacia hidrográfica do rio São Francisco, uma das 12 Regiões Hidrográficas brasileiras, estende-se ao longo de uma área de drenagem de 639 000 km², e abrange sete unidades de federação: Alagoas, Sergipe, Pernambuco, Bahia, Distrito Federal, Goiás e Minas Gerais.

A atualização do plano de recursos hídricos da bacia para o período 2016-2025, visa produzir um instrumento que permita o uso múltiplo, racional e sustentável das águas e do meio ambiente, partindo do diagnóstico da situação atual na bacia.

Face aos desafios que a bacia enfrenta ao nível da quantidade e qualidade da água e de degradação ambiental, identificam-se os compromissos fundamentais a estabelecer entre os atores chave da bacia, como ponto de partida para a definição do plano de ações prioritárias a implementar.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica; recursos hídricos; rio São Francisco.

ABSTRACT: *The São Francisco River Basin, one of the 12 Brazilian Hydrographic Regions, has a drainage area of 639 000 km² and covers seven federation units: Alagoas, Sergipe, Pernambuco, Bahia, Distrito Federal, Goiás and Minas Gerais.*

The update of the River Basin Management Plan for the 2016-2025 period aims to produce a management tool that allows for the multiple, rational and sustainable use of water and the environment, based on the current basin diagnosis.

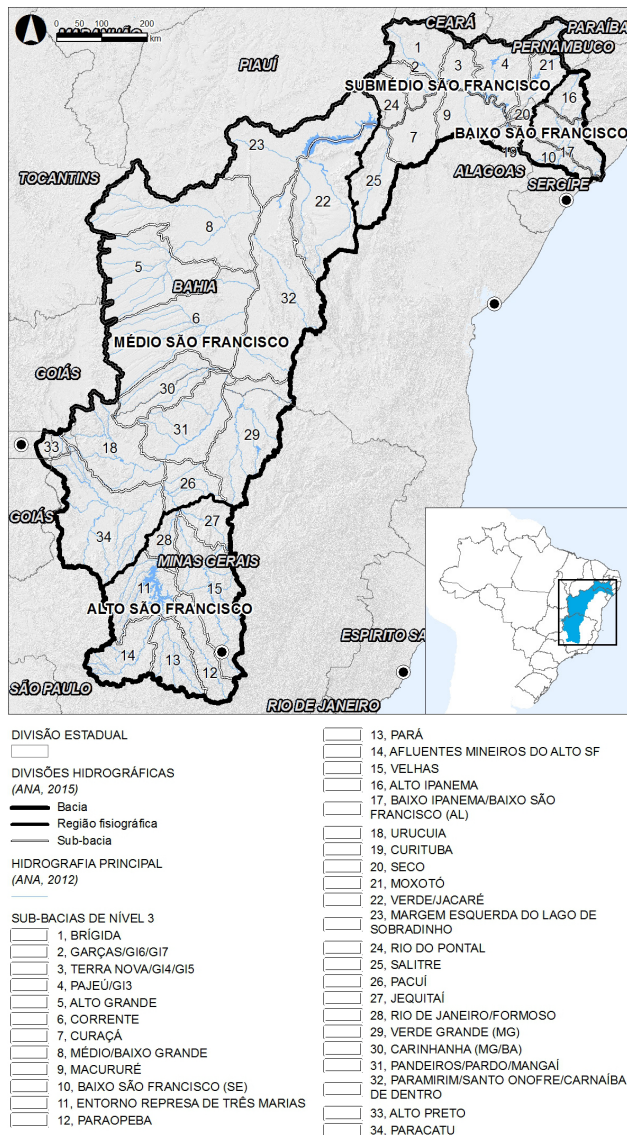
Given the current challenges the basin is facing in terms of water quantity and quality and environmental degradation, the plan identifies the fundamental compromises to be established among key stakeholders as a starting point for the definition of priority actions to be implemented.

Keywords: *River basin; water resources; São Francisco river.*

1. INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica do rio São Francisco (com 2 697 km), localizada no Brasil, estende-se ao longo de uma área de drenagem de 639 000 km², abrangendo sete unidades de federação: Alagoas, Sergipe, Pernambuco, Bahia, Distrito Federal, Goiás e Minas Gerais. Nesta área estão incluídos 507 municípios e mais de 15 milhões de habitantes.

O principal objetivo da atualização do plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio São Francisco (PRH-SF) é produzir um instrumento que permita o uso múltiplo, racional e sustentável das águas e do meio ambiente.



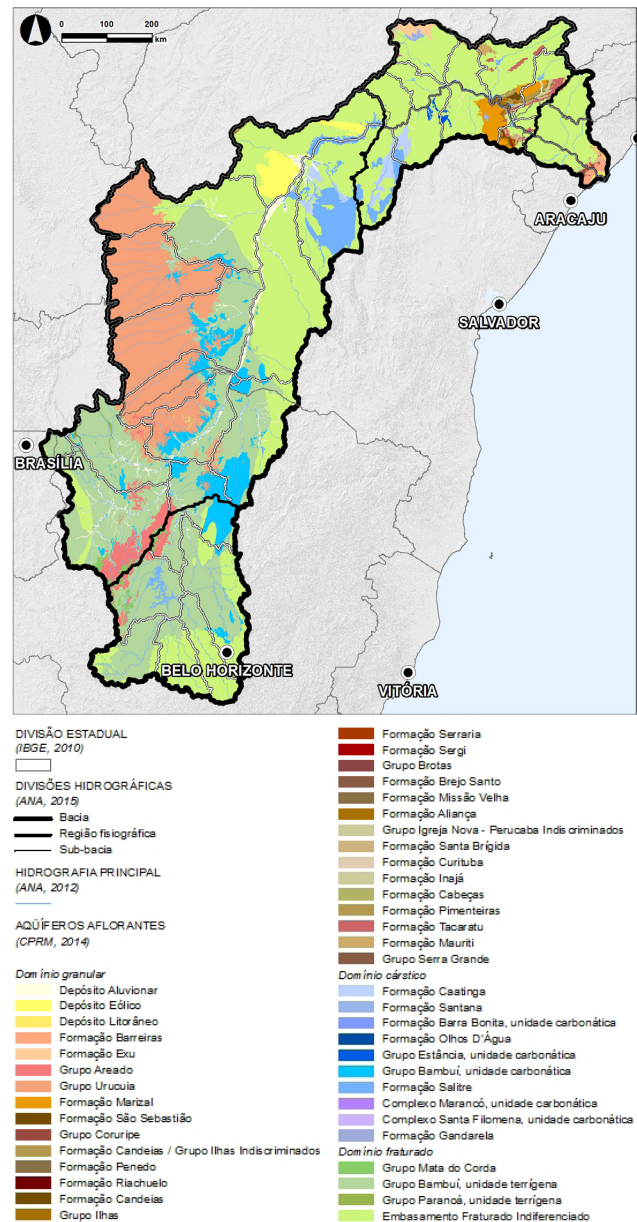
Fonte: ANA, 2015

Figura 1. Regiões fisiográficas e sub-bacias da BHSF.

As principais unidades de planejamento são:

- As regiões fisiográficas: Alto, Médio, Submédio e Baixo São Francisco (cujos limites, estão presentemente em discussão) (Figura 1);
- As 34 sub-bacias hidrográficas (Figura 1);
- Os aquíferos aflorantes (Figura 2).

A elaboração do plano passou já pelas fases de caracterização, diagnóstico e prognóstico (NEMUS, 2015a, b, c, 2016), estando em desenvolvimento o plano de metas e



Fonte: CPRM, 2014

Figura 2. Aquíferos aflorantes.

investimentos. Todas as fases apresentam um programa de participação social abrangendo o território da bacia.

A caracterização e diagnóstico consideraram como aspectos principais:

- Caracterização da bacia hidrográfica (incluindo análises ao uso do solo, população, variáveis socioeconômicas, nível de vida e infraestrutura, fisiografia, clima, geologia e riscos geológicos, recursos minerais, hidrogeologia, solos, caracterização biótica); caracterização de aspectos legais e institucionais e de políticas, programas e projetos;
- Análise qualitativa e quantitativa, incluindo águas superficiais e águas subterrâneas;
- Usos e balanço hídrico: caracterização dos usos múltiplos dos recursos hídricos da bacia, quantificação das demandas (incluindo uma análise do cadastro de outorgas), balanço hídrico superficial e subterrâneo e análise de eventos críticos;
- Análise SWOT.

Na fase de prognóstico foram desenvolvidos três cenários contrastados de evolução futura da demanda de água: um cenário central (B) que resulta das dinâmicas instaladas nas diversas sub-bacias e setores usuários (agropecuária, indústria, abastecimento humano – urbano e rural e usos externos – transposição); um cenário (A) de consumo mais moderado que poderia estar associado a uma trajetória de menor desenvolvimento econômico e social no São Francisco; e um cenário (C) de maior desenvolvimento, logo de alta demanda em termos de consumo de água.

O presente artigo expõe de forma sintética alguns resultados obtidos.

2. QUALIDADE DAS ÁGUAS

2.1. Águas superficiais

A qualidade das águas superficiais foi avaliada essencialmente com base em dados de monitorização de 2008 a 2014, de 362 estações, da Agência Nacional de Águas e das unidades de federação. Entre outros, foram

analisados o Índice de Qualidade da Água (IQA) (Figura 3), Contaminação por Tóxicos (CT) e o Índice de Estado Trófico (IET). Além dos dados agregados apresentou-se a informação compilada mais recente relativa a parâmetros analíticos em desconformidade face à classe de enquadramento vigente nas diferentes estações de amostragem.

Os resultados obtidos referentes ao estado da qualidade da água foram confrontados com informações relativas a pressões e fontes poluentes existentes na influência dos diferentes corpos de água.

Verificam-se problemas acentuados de qualidade em algumas sub-bacias, por exemplo, nas sub-bacias do rio das Velhas, rio Paraopeba e rio Verde Grande.

2.2. Águas subterrâneas

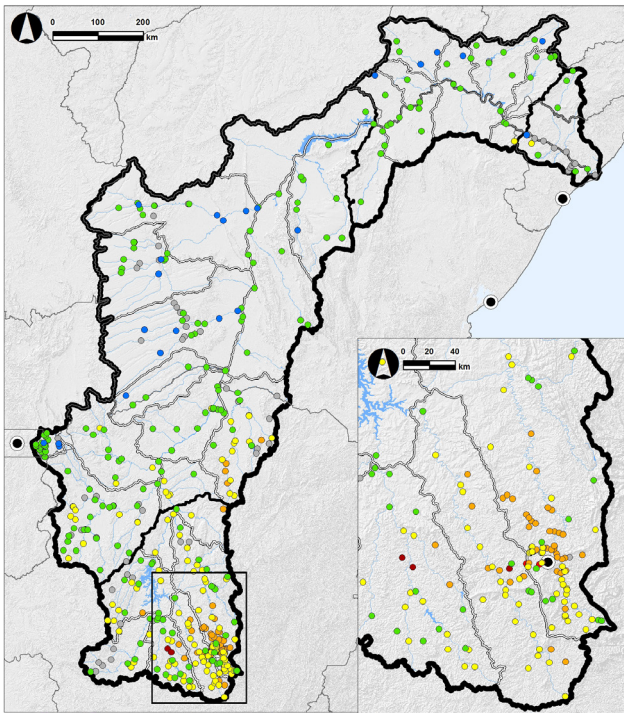
No que diz respeito à água para consumo humano (Figura 4), foi apurado que 79% da água subterrânea da bacia apresenta qualidade adequada para esse fim. Quanto à utilização para irrigação, 65% apresenta boa a excelente qualidade. A qualidade das águas subterrâneas apresenta um gradiente nítido de diminuição da qualidade da região do Alto São Francisco (bom/excelente) para o Baixo São Francisco (mediocre/não potável) (ADASA, 2015; CPRM, 2015; IGAM, 2013).

Verificam-se problemas localizados de qualidade devido ao contexto geológico (arsênio, fluoreto, dureza, ferro e alumínio), geográfico/climático (mineralização/salinidade no semiárido) e atividades humanas (postos de combustíveis, saneamento, agricultura, entre outras).

3. USOS E BALANÇO HÍDRICO

3.1. Disponibilidade hídrica

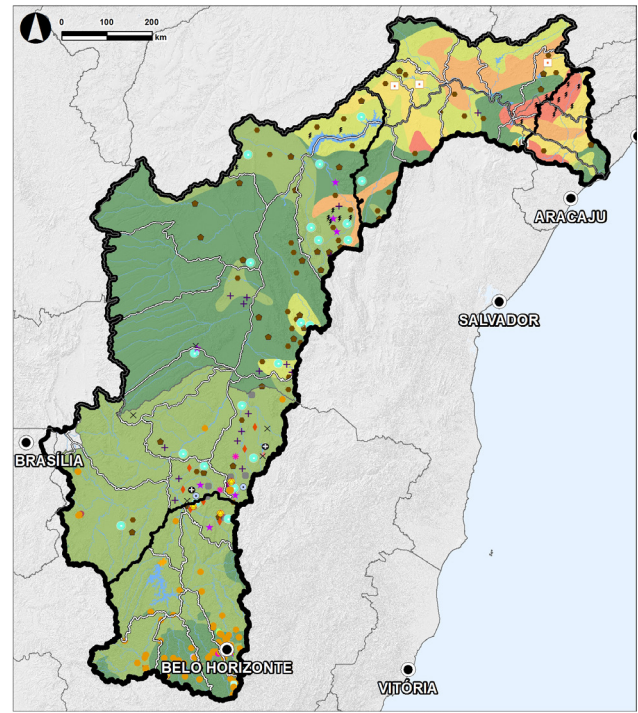
No caso das águas superficiais, para cada uma das sub-bacias foram gerados valores de vazão média, Q95, Q90, Q50 e Q7,10, entre 1931 e 2013 (Figura 5). A vazão média na bacia foi estimada em 2 768.7 m³/s (período 1931-2013) e a vazão de permanência Q95 em 800.4 m³/s. Estes valores são próximos, ainda que ligeiramente inferiores, aos obtidos no Plano Decenal 2004-2013 (ANA/GEF/PNUMA/OEA, 2004).



- ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO**
Índice de Qualidade da Água mais atual (2008-2014)
- Ótimo
 - Bom
 - Médio ou regular
 - Ruim
 - Muito ruim
 - Péssimo
 - Sem informação
- DIVISÃO ESTADUAL**
(IBGE, 2010)
- DIVISÕES HIDROGRÁFICAS**
(ANA, 2015)
- Bacia
 - Região fisiográfica
 - Sub-bacia
- HIDROGRAFIA PRINCIPAL**
(ANA, 2012)

Fonte: IGAM (2013, 2014, 2015); INEMA, 2015; ITPS, 2011; CPRH, 2015; ANA, 2015b

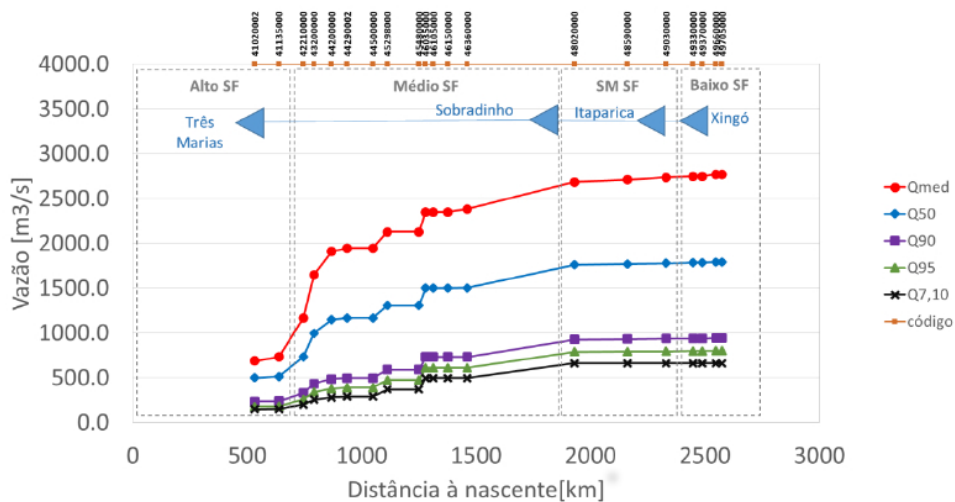
Figura 3. Índice de qualidade da água (IQA).



- DIVISÃO ESTADUAL**
(IBGE, 2010)
- DIVISÕES HIDROGRÁFICAS**
(ANA, 2015)
- Bacia
 - Região fisiográfica
 - Sub-bacia
- HIDROGRAFIA PRINCIPAL**
(ANA, 2012)
- QUALIDADE DA ÁGUA**
(IBGE, 2013; IGAM, 2015)
- Não Potável
 - Não
 - Momentânea
 - Mediocore
 - Passável
 - Boa
 - Sem Informação
- PARÂMETROS DE INCUMPRIMENTO**
(Bibliografia Diversa; FEAM, 2014)
- ▲ Agrotóxicos
 - Alumínio
 - Alumínio, Cádmio, Chumbo, Cromo total, Manganês, Prata, Arsênio
 - Alumínio, Manganês, Molibdênio, Níquel, Tálcio
 - Alumínio, Zinco, Hidróxido de amônia
 - Alumínio, Antraeno, Arsênio, Bário, Benzeno, Cádmio, Clorofórmio, Cromo, Fenantreno, Ferro, Manganês, Níquel, Nitrato, Chumbo, Zinco
 - Arsênio
 - Arsênio, Nitrato, Manganês, Alumínio
 - Bário
 - Bário, Alumínio, Cobalto, Chumbo
 - Bário, Cobalto
 - Bário, Cobalto, Manganês
 - Bário, Cobalto, Tálcio
 - Bário, Manganês, Tálcio
 - Chumbo
 - Chumbo, Cádmio
 - Chumbo, Hidrocarbonetos
 - Chumbo, Manganês, Níquel, Hidrocarbonetos
 - Cloreto
 - Cobalto, Manganês, Cromo
 - Cobalto, Tálcio
 - Coliformes termotolerantes
 - Condutividade Elétrica
 - Cromo, Alumínio, Chumbo, Cobalto, Manganês
 - Cádmio, Alumínio, Arsênio, Bário, Chumbo, Cromo, Mercúrio, Níquel
 - Cádmio, Chumbo, Zinco
 - Cádmio, Chumbo, Zinco, Arsênio
 - Fenóis
 - Ferro
 - Fluoreto
 - Hidrocarbonetos
 - Hidrocarbonetos Clorados Voláteis, PC
 - Hidrocarbonetos, Chumbo
 - Hidrocarbonetos, Chumbo, Antimônio, Manganês, Ferro
 - Hidrocarbonetos, Metais
 - Manganês
 - Metais, Sulfatos
 - Nitrato
 - Selênio
 - Sódio
 - Zinco

Fonte: IBGE, 2013; IGAM, 2015

Figura 4. Qualidade das águas subterrâneas para consumo humano



Fonte: Hidroweb (2015), com cálculos próprios.

Figura 5. Vazão média e vazões de permanência (1931-2013).

A disponibilidade subterrânea estimada é de 365.6 m³/s, com 41% das disponibilidades a pertencerem ao sistema aquífero Uruçuia.

3.2. Outorgas e demandas

A caracterização dos usos dos recursos hídricos considerou todos os tipos de demanda hídrica relevante na bacia, incluindo os usos consuntivos (abastecimento público de água, uso industrial, agropecuária e irrigação) (Figura 6) e não consuntivos (ou em que o consumo de água é irrelevante face aos anteriores: diluição de efluentes, geração de energia, mineração, pesca e aquicultura, turismo e recreação, navegação), bem como a preservação ambiental e as transposições de água identificadas na bacia.

Previamente à quantificação das demandas hídricas foi efetuada uma análise dos cadastros de outorgas. As vazões máximas outorgadas em 2014 totalizavam 723.4 m³/s, correspondentes a 12 291 pontos de outorgas superficiais ou subterrâneas. Este valor representa um acréscimo de 24% face às “vazões máximas de captação” apuradas no PRH-SF 2004-2013 (582 m³/s). O uso mais outorgado é claramente a irrigação (77% das vazões outorgadas).

A demanda total de recursos hídricos (309.4 m³/s) cresceu 87% face à demanda total em 2000, principalmente devido à expansão de perímetros irrigados dentro da bacia, cuja demanda de água aumentou 114%, em igual período.

3.3. Balanço hídrico

Comparando a disponibilidade de água superficial em cada sub-bacia com as estimativas da demanda (Figura 7), e avaliando dessa forma a capacidade de cada uma em satisfazer as demandas existentes com os seus recursos próprios, os resultados da simulação matemática da operação do sistema da bacia hidrográfica do rio São Francisco (LabSid-ACQUANET 2013) indicam que existem várias sub-bacias em que não é possível satisfazer a demanda de água para irrigação, havendo duas sub-bacias (rio Verde Grande e rios Paramirim, Santo Onofre e Carnaíba de Dentro) que não conseguem satisfazer as demandas para todos os usos.

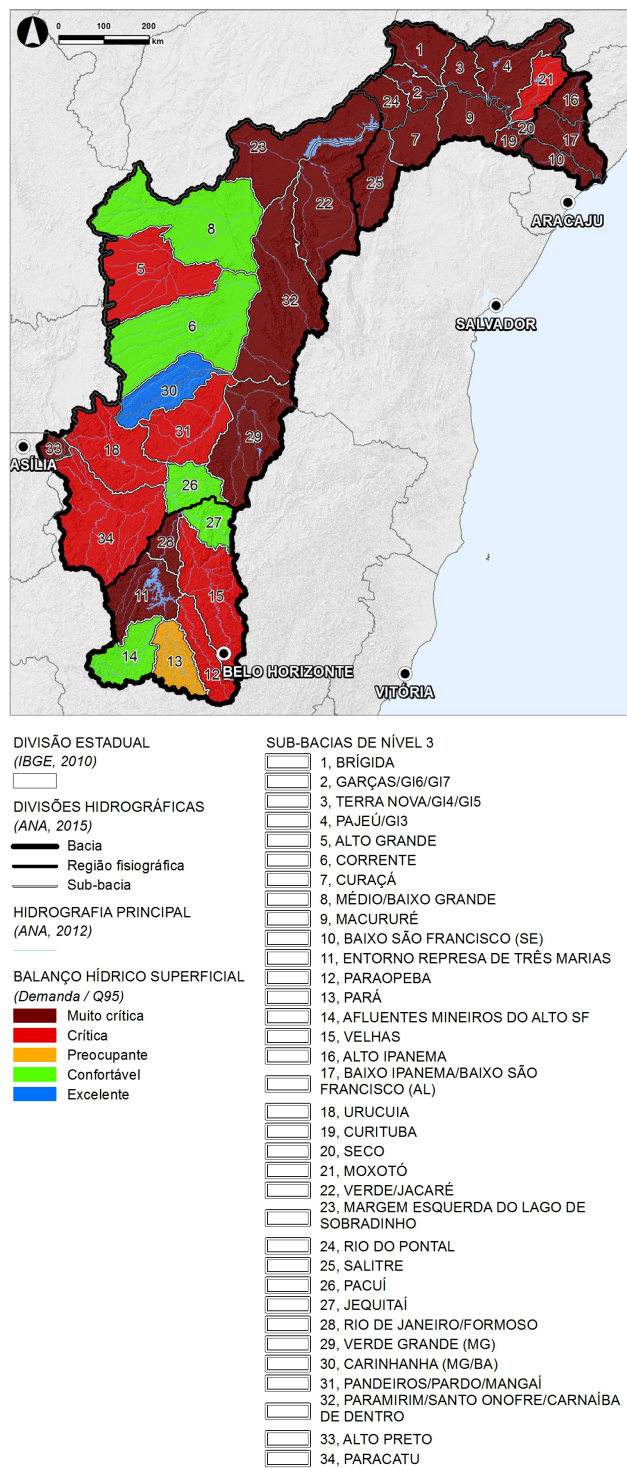
Os resultados da razão demanda vs Q95 apontam para situações de sobre-exploração de recursos sobretudo no Submédio e Baixo São Francisco, refletindo uma degradação da situação dos recursos hídricos no sentido de jusante. Apesar dos dados e metodologias não serem totalmente coincidentes com o PRH-SF 2004-2013, os resultados apontam para uma degradação da situação em nove das 34 sub-bacias.

O balanço subterrâneo, obtido pela razão entre a vazão de retirada na área de recarga do sistema aquífero e a vazão explorável, apresenta algumas situações de criticidade, principalmente quando analisado por sistema aquífero. Há apenas uma sub-bacia com uma situação preocupante (rio Alto Preto) mas as situações desfavoráveis por sistema aquífero ocorrem na Formação Brejo Santo, Formação Curitiba, Formação Gandarela, Formação Missão Velha, Formação Santa Brígida, Formação Sergi e Grupo Brotas. A bibliografia refere também situações de sobreexploração no aquífero Salitre (região de Irecê na sub-bacia Verde Jacaré) e no aquífero Bambuí cárstico (zona de Verdelândia na sub-bacia Verde Grande).



Fonte: ANA (2013, 2015).

Figura 6. Distribuição da vazão de retirada pelos usos consuntivos



Fonte: NEMUS, 2015a

Figura 7. Balanço hídrico superficial.

4. CENÁRIOS E PROGNÓSTICOS

De acordo com os prognósticos de demanda futura de água simulados, é evidente a elevada pressão que se fará sentir, nos próximos anos, sobre os mananciais do São Francisco.

O Cenário B, construído com base nas tendências observadas na bacia até 2012 em termos de usos agropecuário, industrial, urbano e rural, conduziu a uma demanda de 585 m³/s em 2025, isto é, mais 72% face ao volume estimado, neste cenário, para 2015. A manterem-se estas dinâmicas, ou seja, caso não sejam implementadas medidas de controlo das vazões no horizonte de planeamento, facilmente se chegaria a retiradas próximas dos 740 m³/s em 2035.

Mais uma vez recorrendo ao modelo LabSid-ACQUANET 2013, compararam-se as disponibilidades de água com as estimativas da demanda, para cada cenário, consoante a origem de água (recursos superficiais ou subterrâneos), para identificar o desempenho do sistema na satisfação das várias utilizações da água, assumindo que as demandas de abastecimento urbano e rural têm prioridade sobre as demandas para uso industrial, agropecuária e, finalmente, energia.

A análise dos resultados para os cenários futuros demonstra a dificuldade em satisfazer a totalidade dos usos projetados para a bacia hidrográfica e torna evidente a necessidade de encontrar consensos sobre a partilha dos recursos.

5. PARTICIPAÇÃO PÚBLICA

A participação social no PRH-SF 2016-2025 foi planeada considerando três objetivos principais: envolver a comunidade técnica e discutir com especialistas e instituições temas especializados, por meio de oficinas setoriais, entrevistas e reuniões diversas; divulgar e discutir o plano com o público em geral; e alcançar uma mobilização geral e a legitimação por parte da população relativamente à aplicação do plano, divulgando o seu conteúdo. Foram realizados, até à data, 16 eventos de consulta pública e 21 oficinas setoriais (setores hidroeletricidade, navegação, pesca, turismo e lazer; indústria e mineração; agricultura; saneamento; e comunidades tradicionais), abrangendo um total de 2069 participantes e de 710 representantes setoriais, respetivamente. Trataram-se 1.126 questionários, analisaram-se 2 495 publicações e realizaram-se perto de 100 entrevistas, reuniões e debates institucionais.

Em breve decorrerão ainda oito eventos públicos, relativos ao “Plano de metas, ações prioritárias e investimentos” e à “Apresentação do plano consolidado”, distribuídos pelas quatro regiões fisiográficas.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A bacia hidrográfica do rio São Francisco enfrenta um conjunto de desafios, nomeadamente, em termos de:

- Quantidade de água: existência de várias sub-bacias em que os recursos disponíveis não permitem satisfazer a demanda de água mesmo para os usos prioritários (abastecimento urbano e rural); existência de conflitos de uso; crescentes pressões sobre a demanda e previsível acentuar dos conflitos entre usuários;
- Qualidade da água: incompatibilidades com enquadramento vigente, vulnerabilidade a acidentes de poluição, aumento da salinização no semiárido, pressão gerada por determinadas atividades (com particular destaque para a expansão da agricultura irrigada);
- Degradação ambiental: desmatamento, núcleos de desertificação, fragmentação de habitats, supressão de matas ciliares.

Surge assim a necessidade de encontrar consensos sobre a partilha dos recursos, a refletir nas ações do plano.

Consideram-se fundamentais os seguintes compromissos entre diferentes atores chave na bacia:

- Compromisso de governança, com vista visa à implementação dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos (outorga; cobrança; enquadramento; sistema de informações), à melhoria do conhecimento (como instrumento de apoio à tomada de decisão), e à melhoria da articulação institucional;
- Compromisso de revisão da gestão de reservatórios, com vista à revisão dos conceitos de gestão e agendamento gradual para a implementação de novo modelo de gestão da água;

- Compromisso sobre o sistema multiusos de partilha das águas;
- Compromisso de requalificação da bacia, com vista à implementação de um programa de requalificação da bacia nos próximos 20 anos.

O amplo envolvimento e o entendimento das partes interessadas constituem o ponto de partida essencial para a implementação do plano.

BIBLIOGRAFIA

ADASA, Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal (2015). Portal da ADASA. In: <http://www.adasa.df.gov.br> (acedido em fevereiro de 2015).

ANA, Agência Nacional de Águas (2013). Conjuntura de Recursos Hídricos no Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Brasília. In: <http://conjuntura.ana.gov.br> (acedido em 2015).

ANA, Agência Nacional de Águas (2015a). Material em SIGe Microsoft Excel disponibilizado especificamente para a elaboração do Plano de Recursos Hídricos do rio São Francisco.

ANA, Agência Nacional de Águas (2015b). Material sobre a rede nacional de monitoramento da qualidade das águas superficiais na bacia do rio São Francisco, disponibilizado especificamente para a elaboração do Plano de Recursos Hídricos do rio São Francisco.

ANA/GEF/PNUMA/OEA, ANA – Agência Nacional de Águas; GEF – Fundo Mundial para o Meio Ambiente; PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente; OEA – Organização dos Estados Americanos (2004). Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco 2004-2013. Salvador (módulo 1) e Brasília (restantes).

CPRH, Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco (2015). Portal da CPRH. In: <http://www.cprh.pe.gov.br> (acedido em fevereiro de 2015).

CPRM (2014). Serviço Geológico do Brasil. Mapa Hidrogeológico do Brasil ao Milionésimo. Mapa e Nota técnica. 45 p. Escala 1:5.000.000.

CPRM (2015). Serviço Geológico Do Brasil. Projeto Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas. In: <http://rimasweb.cprm.gov.br/layout/apresentacao.php> (acedido em janeiro de 2015).

HIDROWEB (2015). Sistema de Informações Hidrológicas. Portal do Hidroweb. In: <http://hidroweb.ana.gov.br> (acedido em 2015).

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2013). Hidroquímica dos Mananciais Subterrâneos – Região Nordeste.

IGAM, Instituto Mineiro de Gestão Das Águas (2013). Monitoramento das Águas Superficiais em Minas Gerais em 2012.

IGAM, Instituto Mineiro de Gestão Das Águas (2014). Qualidade das Águas Superficiais de Minas Gerais em 2013. Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

IGAM, Instituto Mineiro de Gestão das Águas (2015). Portal do Instituto Mineiro de Gestão das Águas. In: <http://www.igam.mg.gov.br> (acedido em março de 2015).

INEMA, Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Portal do Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (2015). In: <http://www.inema.ba.gov.br> (acedido em março de 2015).

ITPS, Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe (2011). Aspectos Qualitativos das Águas em Sergipe.

NEMUS (2015a). Diagnóstico da dimensão técnica e institucional da bacia hidrográfica do rio São Francisco. Relatório Parcial 1A. Associação Executiva de Apoio à Gestão das Bacias Hidrográficas Peixe Vivo. Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco.

NEMUS (2015b). Diagnóstico dimensão da participação social da bacia hidrográfica do rio São Francisco. Relatório Parcial 1B. Associação Executiva de Apoio à Gestão das Bacias Hidrográficas Peixe Vivo. Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco.

NEMUS (2015c). Diagnóstico consolidado da bacia hidrográfica do rio São Francisco. Relatório Parcial 2. Associação Executiva de Apoio à Gestão das Bacias Hidrográficas Peixe Vivo. Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco.

NEMUS (2016). Cenários de desenvolvimento e prognósticos da bacia hidrográfica do rio São Francisco. Relatório Parcial 3. Associação Executiva de Apoio à Gestão das Bacias Hidrográficas Peixe Vivo. Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco.



divulgação

O Grande Dilúvio e a fundação da China

António Gonçalves Henriques

Professor Convidado do Instituto Superior Técnico, Lisboa

Depois disse o SENHOR a Noé: Entra tu e toda a tua casa na arca, porque tenho visto que és justo diante de mim nesta geração.

De todos os animais limpos tomarás para ti sete e sete, o macho e sua fêmea; mas dos animais que não são limpos, dois, o macho e sua fêmea.

Também das aves dos céus sete e sete, macho e fêmea, para conservar em vida sua espécie sobre a face de toda a terra.

Porque, passados ainda sete dias, farei chover sobre a terra quarenta dias e quarenta noites; e desfarei de sobre a face da terra toda a substância que fiz.

E fez Noé conforme a tudo o que o Senhor lhe ordenara.

E era Noé da idade de seiscentos anos, quando o dilúvio das águas veio sobre a terra.

Noé entrou na arca, e com ele seus filhos, sua mulher e as mulheres de seus filhos, por causa das águas do dilúvio.

...

E aconteceu que passados sete dias, vieram sobre a terra as águas do dilúvio.

No ano seiscentos da vida de Noé, no mês segundo, aos dezassete dias do mês, naquele mesmo dia se romperam todas as fontes do grande abismo, e as janelas dos céus se abriram,

E houve chuva sobre a terra quarenta dias e quarenta noites.

Génesis 7: 1-7, 10-12



Figura 1. “A arca de Noé no monte Ararat”. Simone de Mijle, 1570
Pintura a óleo sobre tela (114 × 142 cm), fonte: Sotheby’s Paris, 23 June 2011 Lot 30.

Este artigo é parte integrante da *Revista Recursos Hídricos*, Vol. 37, Nº 1, 83-91, março de 2016.

© APRH, ISSN 0870-1741 | DOI 10.5894/rh37n1-dv1

A temática mitológica do dilúvio, conhecida na Civilização Judaico-Cristã na narrativa do livro do Génesis, é comum a muitas culturas, sendo referida designadamente nos Puranas, os livros religiosos hindus denominados *smirtis*, em que *Matsya*, o avatar do deus *Vishnu*, adverte *Manu* sobre um dilúvio iminente e aconselha-o a construir um barco gigante (Encyclopædia Britannica 2016); na mitologia grega, segundo *Timaeus* de Platão, Deucalião, filho de Prometeu e Climene, casado com Pirra, tendo sido avisado por Prometeu, construiu um barco de madeira que equipou com provisões, para se salvar, a si e a Pirra, do dilúvio lançado pela fúria de Zeus contra a humanidade (Pleins, 2010); e também em mitos dos povos Maia na Mesoamérica e de vários povos nativos da América do Norte e da América do Sul (Seger 1956).

O mito do dilúvio inspirou pintores (vd. Figuras 1, 2, 3, 4), poetas, como Aleksandr Pushkin, poeta russo do século XIX, no poema narrativo “O cavaleiro de bronze: Um conto de Petersburgo” inspirado numa grande cheia do rio Neva que destruiu grande parte da cidade de São Petersburgo (Pushkin 1833, Briggs 2005, Encyclopædia Britannica 2016a), e romancistas, como José Eduardo Agualusa, no seu penúltimo romance “A vida no céu” (neste caso o dilúvio

ocorre no futuro e deve-se à subida do nível do mar provocado pelas alterações climáticas).

Entre as hipóteses de situações reais que terão dado origem aos mitos é referida a queda de um meteoro ou cometa no Oceano Índico, em torno de 3000-2800 a.C., que gerou um tsunami de grande magnitude que inundou as áreas costeiras. Escavações no Iraque, na região da antiga Mesopotâmia, revelaram evidências de inundações localizadas em Shuruppak e várias outras cidades sumérias ca. 2900 a.C., que terão sido provocadas pelo represamento natural do rio Kârun pela propagação de dunas, simultaneamente com cheias excepcionais do rio Tigre e chuvas fortes na região de Nínive, abrangendo grande parte da bacia hidrográfica do rio Eufrates. Admite-se que a narrativa bíblica se refira às cheias extraordinárias que afectaram a Mesopotâmia, porque em Israel não há indícios de terem ocorrido inundações (Bandstra 2009). O mito de Deucalião pode ser associado ao grande tsunami que ocorreu no Mar Mediterrâneo, na sequência da erupção do vulcão Tera, na ilha de Santorini, ca. 1630-1600 a.C.. Embora o tsunami tenha atingido o sul do Mar Egeu e Creta, não afectou cidades na Grécia continental, como Micenas, Atenas e Tebas, que continuaram a prosperar, indicando



Figura 2. “O Dilúvio”, por John Martin (1789-1854), 1834. Pintura a óleo sobre tela (168 cm x 259 cm), Yale University Art Gallery.

que o evento foi local, com efeitos de âmbito regional (Castleden 2002). O mito do dilúvio na América do Norte pode estar associado a uma rápida subida do nível do mar causada pelo rápido escoamento do Paleolago Agassiz, um imenso lago glacial outrora situado no centro da América do Norte que foi alimentado pelas águas produzidas pelo degelo no final da última era glacial, *ca.* 6400 a.C. (Seger, 1956).

O início da História Antiga da China está associado a eventos marcantes no domínio do controlo das águas. Segundo a tradição, o Grande Dilúvio, também conhecido como o mito Gun-Yu, foi uma grande cheia que inundou os vales do rio Amarelo (Huang He) e dos principais afluentes pelo menos durante duas gerações, que obrigou a grandes deslocações de populações de que resultaram muitos outros desastres, designadamente a fome. As populações foram obrigadas a deixar as suas casas para viver nas colinas mais elevadas e nas montanhas, em condições de subsistência muito precárias pela escassez de produção

de alimentos em face das condições naturais adversas. De acordo com fontes mitológicas e históricas, o Grande Dilúvio terá tido início durante o reinado do imperador Yao, 2356 – 2255 a.C. (Yang & An 2005).

O Grande Dilúvio e as tentativas heróicas de vários personagens para o controlar e para mitigar o desastre é uma narrativa fundamental da cultura chinesa, embora falte informação histórica fidedigna para caracterizar o evento. O Grande Dilúvio é essencial para a compreender a história da fundação da dinastia Xia (cerca de 2070 a 1600 a.C.), a primeira dinastia da China, e da dinastia Zhou (1045 a 256 a.C.), e é uma importante fonte de inspiração da poesia chinesa clássica.

Para controlar o dilúvio, o Imperador Yao nomeou Gun, Príncipe de Chong, um parente afastado. Ano após ano, Gun procurou controlar a inundaçãõ contendo o leito do rio através da construção de diques, aterros e barragens em grandes extensões e com dimensões cada vez maiores. Porém, os esforços de Gun não tiveram sucesso e a cheia persistia no vale, com os níveis de água a subir continuamente e a destruir as



Figura 3. "O dilúvio de Noé e os acompanhantes" de Léon Comerre (1850–1916)

Fonte: Musée des beaux arts de Nantes.

obras empreendidas. Gun não terá adoptado a abordagem adequada ou, segundo a tradição, o insucesso devia-se à ira divina. O insucesso de Gun provocou um crescente aumento do descontentamento das populações desalojadas e tumultos sociais, enfraquecendo a autoridade imperial. Em consequência, a administração do império estava a ser cada vez mais difícil para o velho imperador, então com 74 anos (Wu 1982). Aconselhado pelos seus assessores, Yao chamou Shun, um parente afastado de linhagem real, para o ajudar, e resolveu pô-lo à prova, casando-o com as suas duas filhas, Ehuang e Nüying, e enviando-o para as zonas devastadas pela cheia, onde teve de enfrentar ventos impetuosos, trovoadas e chuvas intensas. Tendo vencido todas as provas, entre as quais ter conseguido estabelecer uma relação matrimonial estável e harmoniosa com Ehuang e Nüying, Yao encarregou Shun de administrar o império, nomeadamente de lidar com o Grande Dilúvio e com as perturbações associadas, atendendo, especialmente ao facto de a decisão de Yao nomear Gun para resolver a situação ter falhado ao fim de nove anos de tentativas frustradas. Shun tomou medidas

nos quatro anos seguintes para reorganizar o império, de modo a resolver os problemas imediatos e colocar a autoridade imperial numa posição melhor para lidar com o Grande Dilúvio e os seus efeitos, mas foi confrontado com a desconfiança e a animosidade de Gun. Mau grado a continuação dos esforços para controlar as cheias, os níveis de água continuavam a subir (Wu 1982).

Após a morte de Yao e das solenidades de investidura como imperador, Shun reuniu com todos os príncipes e chefes dos clãs, tribos e nações do império, e promoveu a reforma do calendário, a organização administrativa do território em nove *zhou* (províncias) e a uniformização dos pesos, medidas e rituais, de forma a exercer o poder de forma coordenada e sincronizada num território relativamente extenso, e conseguir controlar o Grande Dilúvio. De seguida Shun iniciou um périplo pela área devastada pelo Grande Dilúvio, reunindo com os príncipes e os líderes de cada região, para implementar as reformas realizadas (Wu 1982). Para resolver a devastação provocada pelo Grande Dilúvio, Shun demitiu Gun e ordenou a sua extradição para a montanha Yüshān



Figura 4. “Matsya, avatar do deus Vishnu, puxa o barco de Manu”, ca. 1870.
Fonte: Uttar Pradesh, India, Victoria and Albert Museum



Figura 5. Rio Amarelo. Quedas de água de Hukou no limite da Província de Shanxi com a Província de Shaanxi (Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hukou_Waterfall.jpg. Autor: Leruswing, extraído de "Along the Yellow River WV Banner.jpg")

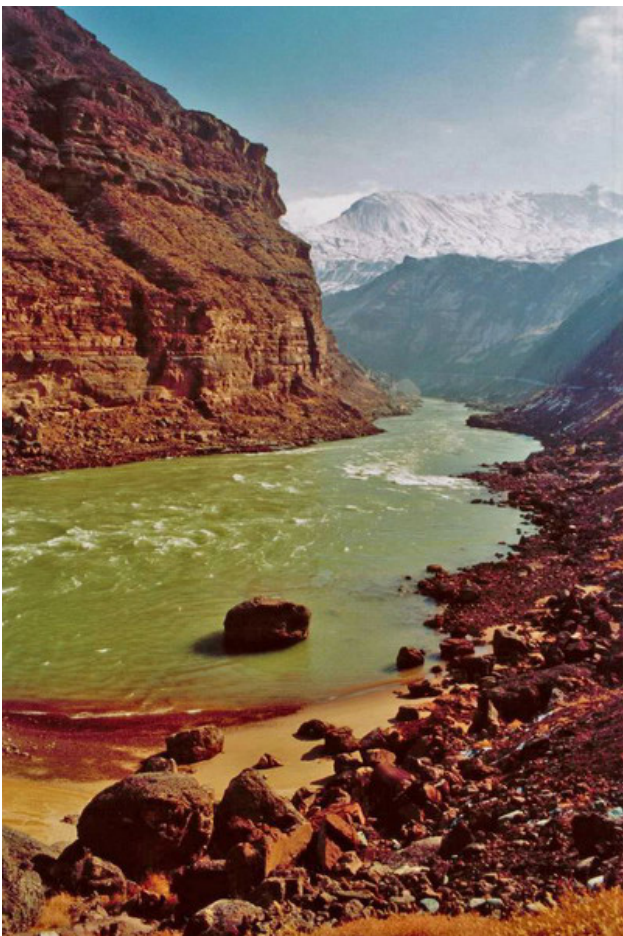


Figura 6. Rio Amarelo em Qinghai (plateau dos loess) (Fonte: commons.wikimedia.org/wiki/File:Yellow_river_-_A._Holdrinet.jpg. Autor André Holdrinet)

(montanha da Pena), fora do território, habitada por povos bárbaros, e decidiu encarregar Yu, filho de Gun, por quem nutria grande apreço, de lidar com a situação.

Yu começou por estudar o funcionamento do rio em toda a sua extensão, para compreender as razões do insucesso do pai, e adoptou uma estratégia diferente: em vez de procurar conter as águas no leito do rio, Yu mandou dragar o leito do rio, que se encontrava muito assoreado, de forma a criar a capacidade de transporte necessária para assegurar o escoamento dos caudais de cheia, remover os obstáculos existentes, nomeadamente a escavação das montanhas para abrir a garganta de *Lóngmén Shān*, que passou a designar-se por “Portas de Yu”, abrir drenos para escoar a água retida nos campos, e construir canais para regar os campos que ficavam emersos. Ao fim de treze anos de persistência e dedicação extremas, a iniciativa de Yu foi bem sucedida, e permitiu que a agricultura florescesse ao longo dos vales do rio Amarelo, do rio Wei, principal afluente da margem direita, e dos outros rios da região central da China. O sucesso de Yu tornou-o famoso na História da China, e passou a ser conhecido como “Yu o Grande, que Controla as Águas” (*Dà Yǔ Zhì Shuǐ*).



Figura 7. Área de implantação da Dinastia Xia
(adaptado de commons.wikimedia.org/wiki/File:Xia_dynasty.svg)



Figura 8. Rio Amarelo em Zoigê, Província de Sichuan, na região onde se desenvolveu a dinastia Xia (Fonte: commons.wikimedia.org/wiki/File:九曲黄河第一湾1.JPG. Autor: Zhangmoon618)



Figura 9. Baixo relevo intitulado “Yu o Grande, que Controla as Águas” (大禹治水) no edifício do Laboratório Nacional de Engenharia de Recursos Hídricos e Hidroenergia da Universidade de Wuhan, datado de 2005. (Fonte: commons.wikimedia.org/wiki/File:Wuhan_University_-_Water_Resources_Lab_-_Yu_the_Great_-_DSCF4288.JPG de Vladimir Menkov).

Shun ficou tão impressionado com os trabalhos de engenharia de Yu, com a sua dedicação e persistência, e com a capacidade de liderança que, após vários anos, escolheu Yu para lhe suceder. O prestígio de Yu junto das populações e dos senhores e chefes locais era tão grande que assumiu as funções de imperador, com cinquenta e três anos. Estabeleceu a capital em Anyi, cujas ruínas estão na actual Xiaxian, na província de Shanxi (Theobald 2012).

Depois de vários anos de liderança, Yu deveria entregar o trono a um líder digno, mas em vez de escolher um sucessor de acordo com critérios de competência e capacidade, como era então a tradição, Yu decidiu entregar o trono ao seu filho Qi; esse acto marcou o início do sistema hereditário na escolha do líder, pelo que a Dinastia Xia foi tradicionalmente considerada a primeira dinastia da China. O trono foi continuamente passado para os filhos dos imperadores, de geração em geração até Jie, o último governante da dinastia Xia. Jie era um líder corrupto e despótico, o que motivou

a rebelião do povo contra a sua liderança, tendo sido derrubado por Tang na batalha de Mingtiao. Tang era o líder do reino de Shang que se localizava na área de jusante do vale do rio Amarelo, cuja capital era Yin. Após a derrota de Jie, Tang iniciou a Dinastia Shang, também designada por Yin (Roberts 2011).

A Dinastia Xia durou entre 2070 e 1600 a.C. (Deady & Dubois 2004).

Embora o mito do Grande Dilúvio tenha algumas semelhanças com a narrativa do Génesis e as outras narrativas referidas, apresenta algumas diferenças fundamentais, que se enquadram na filosofia chinesa. Por exemplo, o Grande Dilúvio resulta de causas naturais, em vez de ser uma “punição divina, universal, do pecado humano”. Outra diferença fundamental é a ênfase nos esforços humanos, heróicos e louváveis, para mitigar o desastre: as inundações são combatidas através da construção de diques e barragens (de acordo com a estratégia de Gun), ou através da escavação dos leitos dos rios (segundo a concepção de Yu), e o ensinamento

dessas estratégias a outros (Yang & An 2005), ao contrário de Noé, Manu e Deucalião, que se limitam a esperar passivamente que a situação seja resolvida por vontade divina. Ainda outra diferença fundamental é o desenvolvimento da civilização e a melhoria das condições de vida, apesar da catástrofe do dilúvio: além dos esforços para controlar a inundação, muitos progressos foram alcançados, desde as reformas realizadas por Shun, até à gestão das terras e desenvolvimento de técnicas agrícolas, como o regadio e a drenagem dos solos. Estes desenvolvimentos são parte integrante da narrativa, e constituem uma abordagem integrada do bem-estar social e não a simples gestão de emergência da inundação e dos seus efeitos imediatos. Foi esta abordagem integrada que conduziu ao estabelecimento da dinastia Xia como primeiro Estado da China. A narrativa do Grande Dilúvio como foi apresentada, expurgada dos aspectos mais fantásticos da tradição da China, pode ser verosímil se se atender a que o leito do Rio Amarelo estaria tão assoreado com os sedimentos transportados de montante que a capacidade de transporte era insuficiente para assegurar o escoamento dos caudais, que se iam acumulando nas planícies marginais, aumentando a inundação de ano para ano. A estratégia de Gun, por procurar conter os caudais através da construção de diques longitudinais ao longo dos leitos, isolando as planícies marginais, só agravaria a situação porque provocaria o agravamento da deposição de sedimentos no leito confinado, a subida dos níveis de cheia e o galgamento e destruição dos diques, agravando as condições da inundação. Pelo contrário, à luz dos conhecimentos actuais, a estratégia de Yu é correcta, porque procura repor as condições de escoamento das cheias que existiriam antes do assoreamento do leito do rio.

Embora a existência da Dinastia Xia e a própria existência de Yu sejam objecto de controvérsia, pela ausência de fontes históricas fidedignas, designadamente pela ausência da escrita que só aparece durante a dinastia Shang (Mair 2013), não deixa de ser impressionante a forma como, em tempos tão recuados, foi encontrada uma solução hidráulica integrada, baseada no conhecimento do funcionamento de uma bacia hidrográfica com tão grande extensão.

A narrativa do mito do Grande Dilúvio e da solução implementada por Yu, *se non è vero, ...*

BIBLIOGRAFIA

Agualusa, J.E. 2013. A Vida no Céu, Quetzal, Lisboa, Portugal.

Bandstra, B. L. 2009. Reading the Old Testament: an introduction to the Hebrew Bible. 4th ed., Wadsworth / Cengage Learning. Belmont, CA, USA. pp. 59–62.

Briggs, A.D.P. 2005. “Mednyy vsadnik [The Bronze Horseman]”. The Literary Encyclopedia. Volume 2.2.1.00: Slavic and Russian Writing and Culture: Old, Medieval and Tsarist,

Castleden, R. 2002. Atlantis Destroyed. Routledge, Abingdon, Oxon, UK., pp. 8-13.

Deady, K.W.; M.L. Dubois 2004. Ancient China. Capstone Press, Mankato, USA

Encyclopædia Britannica 2016. Encyclopædia Britannica Online, “Matsya”. <http://www.britannica.com/topic/Matsya-Hinduism> (consultado em 9 de Fevereiro de 2016).

Encyclopædia Britannica 2016a. Encyclopædia Britannica Online, “Aleksandr Sergeevich Pushkin”. <http://www.britannica.com/biography/Aleksandr-Sergeevich-Pushkin> (consultado em 9 de Fevereiro de 2016).

Hendel, R.S. 1987. “Of Demigods and the Deluge: Toward an Interpretation of Genesis 6:1-4”. Journal of Biblical Literature, 106 (1), pp. 13-26.

Leeming, D. 2005. The Oxford Companion to World Mythology. Oxford University Press, New York, NY, USA., p. 132.

Loewe, M.; E.L. Shaughnessy 1999. The Cambridge History of Ancient China: From the Origins of Civilization to 221 BC. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Mair, V.H. 2013 “Was There a Xià Dynasty?”. Sino-Platonic Papers, 238.

Pleins, J.D. 2010. When the great abyss opened : classic and contemporary readings of Noah’s

flood. Oxford University Press. New York, N.Y.,USA, p. 110.

Pushkin, Aleksandr 1833. *The Bronze Horseman – A Petersburg Story*, translated by Yevgeny Bonver (www.poetryloverspage.com/poets/pushkin/bronze_horseman.html).

Roberts, J.A.G. 2011. *History of China* (3rd Edition), Palgrave MacMillan. Basingstoke, Hampshire, UK.

Seger, J.H. 1956. *Early days among the Cheyenne and Arapahoe Indians*, ed. S. Vestal, University of Oklahoma Press, Norman, Ok., USA.

Theobald, U. 2012. "Persons in Chinese Mythology - Yu the Great". ChinaKnowledge.de - An Encyclopaedia on Chinese History, Literature and Art.

Wu, K.C. 1982. *The Chinese Heritage*. Crown Publishers, New York, N.Y., USA.

Yang, L.; D. An 2005. *Handbook of Chinese Mythology*. Oxford University Press, New York, N.Y., USA.

Estêvão Cabral 1734-1811

António de Carvalho Quintela

Professor Catedrático Jubilado do IST

1. DADOS PESSOAIS E ACADÉMICOS

Estêvão Dias Cabral nasceu a 23.02.1734 em Tinalhas (Castelo Branco), filho de Teodoro Faustino Dias e de Maria Cabral de Pina.

Em 14.02.1750 entrou para a Companhia de Jesus no Noviciado de Coimbra, onde, a partir de 1752, estudou Humanidades e seguiu um curso elementar de Matemática. Quando em 1759 se dá a expulsão dos Jesuítas de Portugal, estava no Colégio de Jesus em Coimbra e frequentava disciplinas no Colégio das Artes (GUSMÃO^{1*}, 1855).

Seguiu então para Roma onde ingressou no Colégio Romano da Pontifícia Universidade Gregoriana, tendo aí permanecido muito tempo depois de ter sido extinta a Companhia de Jesus, em 1773, extinção que lhe teria possibilitado o regresso a Portugal. No referido Colégio ocupou-se do ensino da Matemática (GUSMÃO^{*}, 1855) e pôs na melhor ordem o Museu Kircheriano (DE BACKER^{*}, 1890). Não foram encontradas referências a estas actividades de Estêvão Cabral na pesquisa

que para esta nota foi solicitada, tanto aos arquivos da Pontifícia Universidade Gregoriana (informação do Reitor Franco Imoda, no ano 2000), como aos Arquivos Romanos da Sociedade de Jesus, ARSI (informação do Director Joseph De Cock, no mesmo ano).

Duas informações de interesse foram, porém, recolhidas nas duas últimas fontes mencionadas: Cabral fez votos de presbítero a 08.09.1767, no templo do Colégio Tiburtino, da Companhia de Jesus, em Tivoli, próximo de Roma, e em 1770 leccionava Matemática no quinto ano daquele Colégio.

Regista-se que a sua qualidade de professor de Geometria é assinalada na estampa incluída no livro de CABRAL e RE (1779) e que não terá sido episódico o exercício daquela função em Itália, como fazem pressupor as duas edições do seu livro sobre Geometria (CABRAL, 1771, 1785). A sua qualidade de *perito matemático* consta do frontispício do primeiro dos dois livros que publicou sobre os problemas hidráulicos do rio Nera (CABRAL, 1783, 1786), observando-se ser frequente na época a abordagem de temas hidráulicos por matemáticos.

Regressou a Portugal em 1788, quatro meses após o falecimento de seu Pai e viveu junto

1 * - A aposição de asterisco distingue as publicações de outros autores mencionadas em **6. Bibliografia** das que respeitam a obras da autoria de Estêvão Cabral referenciadas em **5. Publicações mais relevantes**.

Por se tratar de uma iniciativa intemporal da *Recursos Hídricos*, dado o conteúdo histórico relevante de que está imbuída, considerou-se de interesse republicar as biografias que, no passado, integraram a secção *Vultos Portugueses em Hidráulica e Recursos Hídricos*.

Tal republicação inicia-se com a biografia de Estêvão Cabral, incluída no Volume 22, N.º 1, de 2001. Espera-se enriquecer esta iniciativa mediante a inclusão de biografias de outras personalidades.

de familiares em Tinhaldas, até ser chamado a Lisboa, para examinar as *ribanceiras do Tejo* e propor medidas para remediar os danos nelas verificados. Em Portugal exerceu vasta actividade científica e técnica, balizada por numerosas comunicações à Academia das Ciências de Lisboa, de que foi sócio efectivo. Veio a falecer em S. Vicente da Beira em 01.02.1811, tendo o seu corpo sido levado para jazigo da família, em Tinhaldas.

2. CARREIRA PROFISSIONAL

Seguiu a vida religiosa e dedicou-se simultaneamente ao estudo de problemas científicos e técnicos, em especial dos de natureza hidráulica, como decorre da análise das suas publicações.

3. PRINCIPAIS INTERVENÇÕES

Pouco depois da segunda edição do seu livro de Geometria atrás referido, Cabral dedicou-se ao estudo das *villae* e dos monumentos antigos de Tivoli, tendo publicado, em co-autoria, um outro livro (CABRAL e RE, 1779). O capítulo VI (p. 174 a 209) deste livro é dedicado ao estudo dos aquedutos romanos que passavam no *Agro Tiburtino*; nele são largamente mencionadas, e nalguns casos comentadas com base no reconhecimento então efectuado, as observações sobre aqueles aquedutos apresentadas por vários autores, entre os quais Frontino, Kircher e Poleni, este último professor de Astronomia, Física e Matemática, em Pádua, e autor, em 1717, da fórmula da vazão de descarregadores rectangulares.

Os interesses científicos de Cabral passaram, então, a concentrar-se em Hidráulica, tendo o Cardeal Pallota, Prefeito da Sagrada Congregação das Águas, do Papado, procedido em 1782 à sua nomeação como assessor de Monsenhor Benedetto Passionei, que presidia à comissão incumbida de estudar os problemas hidráulicos que afectavam o rio Nera (afluente do Tibre) e o seu afluente Velino, na área próxima da respectiva confluência.

O Velino atravessava, no seu trecho de jusante, uma zona planáltica pantanosa e despenhava-se no Nera, através da *cascata de Mármore*, que compreendia uma queda

quase vertical de cerca de 80 m a que sucedia uma queda de 60 m, totalizada em rápidos sucessivos.

Os pântanos do Velino, que haviam sido eliminados por sucessivas obras de enxugo (designadamente as executadas pelos Romanos), reapareciam passados alguns séculos (o que voltara a ocorrer no século XVII). O Nera estava, nessa época, defendido por diques longitudinais, que haviam sido sucessivamente elevados em consequência de a deposição de sedimentos ter originado a progressiva subida do leito, que então se situava acima dos campos marginais.

O estudo realizado por Cabral apontava, como causa da “desordem” do Nera, a erosão nele provocada pela queda do Velino e a deposição a jusante do material erodido, o que havia sido negado por outros peritos. O estudo, não obstante ter sido objecto de polémica, foi aprovado pela comissão presidida por Monsenhor Passionei e deu lugar à publicação de dois livros (CABRAL, 1784, 1786) – DE BACKER*, 1890; QUINTELA*, 1986a.

O livro de CABRAL (1786) inclui o apêndice *Nuovo metodo per determinare le velocità, e la quantità delle Acque Correnti*. Depois de referir à insuficiência de rigor dos instrumentos então disponíveis para medir a velocidade do escoamento num rio, num ponto abaixo da superfície da água, Cabral descreve o molinete que idealizou, construiu e utilizou em secções do rio Aniene e do canal artificial Albula, próximas de Tivoli. A roda do molinete era de eixo vertical, tinha seis pás planas, radiais, e o diâmetro exterior de $\frac{3}{4}$ de palmo (palmo de cerca de 22 cm). Para que a água em movimento pudesse originar um binário sobre a roda, quando imersa, e, portanto, provocar a sua rotação, a roda era alojada numa caixa metálica, de parede vertical hemi-cilíndrica – Figura 1.

Cabral foi o primeiro hidráulico a utilizar molinetes para medir a velocidade do escoamento em rios, em pontos abaixo da superfície da água (o que lhe permitiu estimar o caudal numa secção), e a verificar que, nesse tipo de escoamentos, a velocidade cresce com a profundidade até atingir um máximo, para depois diminuir até ao fundo (QUINTELA*,

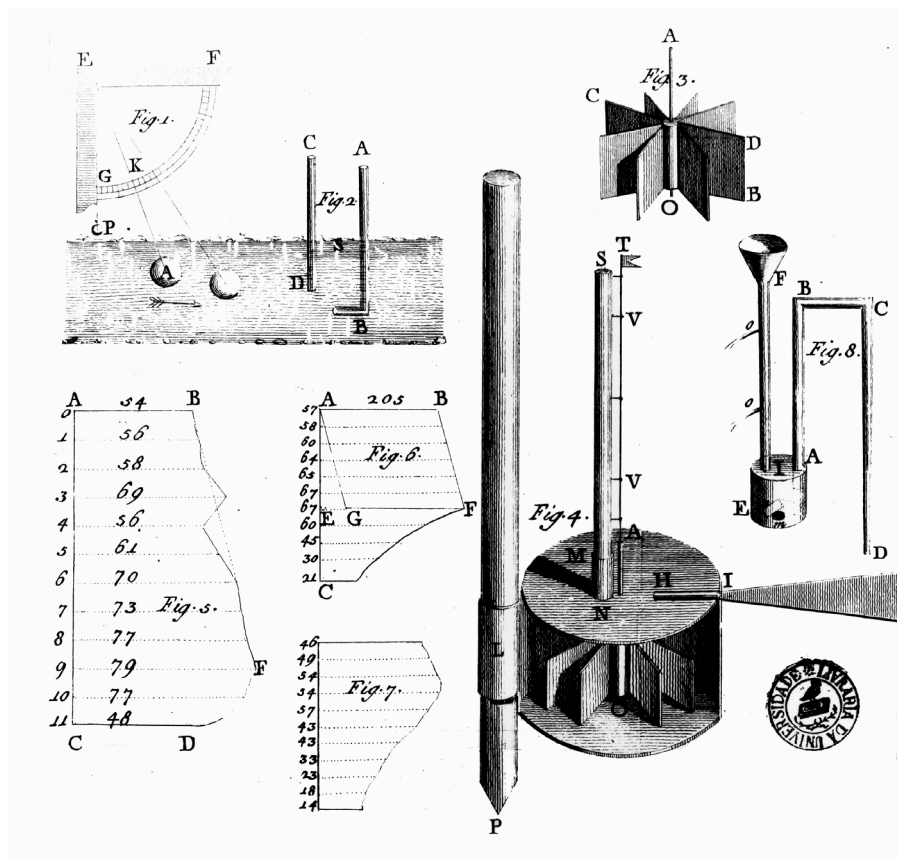


Figura 1. Reprodução da estampa em CABRAL (1786). Pêndulo (1) e tubos de Pitot (2). Molinete de Estêvão Cabral (3) e (4). Diagramas de velocidades (em palmos por minuto) medidas no Aniene (5) e no Albula (6) e (7). Dispositivo para escorvamento de sifões (8).

1986b; 1991). O não reconhecimento na época do pioneirismo de Cabral em hidrometria, mais tarde reivindicado pelo autor desta nota, ter-se-á devido ao facto de os seus resultados terem sido publicados em apêndice ao livro que publicou em 1786 sobre um tema de hidráulica fluvial.

Em Portugal, a actividade científica e técnica de Estêvão Cabral foi muito extensa, com relevo para a que desenvolveu na área da Hidráulica, como o atestam as suas numerosas publicações, de que se salientam as comunicações à Academia das Ciências de Lisboa respeitantes aos estudos do paul da Ota e dos rios Tejo e Mondego.

Diagnostica muito lucidamente os problemas hidráulicos em especial do paul da Ota e do rio Tejo e propõe soluções.

No estudo do Tejo mostra-se muito familiarizado com dois tratados muito importantes na época: o de Guglielmini, *Della natura dei fiumi*, de 1677,

e o de DuBuat, de 1779. Critica o esquema da corrente nas curvas dos rios proposta por DuBuat. Com efeito, este autor refere ser maior a velocidade do escoamento do lado convexo das curvas, devido a ser aí menor o desenvolvimento do percurso da água, e, portanto, maior o declive superficial. Estêvão Cabral considera esta afirmação contrária ao resultado da observação dos fundos dos rios nas curvas.

Nesse estudo apresenta uma visão naturalista da hidráulica fluvial:

- em relação a erosões de margens *o principal remédio e mais eficaz é desfazer a causa*, o que tem maior efeito do que todas as defesas do mundo, como aliás havia sustentado Guglielmini;
- declara-se *inimigo de tapadas* (diques) para conter as cheias, que, ao romperem, causam danos ainda maiores.

D. Maria I, por determinação de 14.06.1790, encarregou-o de apresentar um parecer sobre a necessidade de proibir o cultivo dos montes da Beira para evitar o assoreamento do Mondego e dos campos marginais, e de elaborar um plano das obras para a defesa desses campos. Pronuncia-se pela não proibição do cultivo dos montes da Beira, porque *a mesma qualidade ou grossura de areias, que agora traz o Mondego, a mesma trouxe, e arrastou sempre* e porque *a quantidade das águas foi sempre a mesma ... porque não se mudou o clima*. Parece não ter sido considerado o aumento do caudal sólido afluente ao rio em consequência dos arroteamentos e outras causas, sobretudo a partir do século XII.

Entendeu que a causa do assoreamento de então estava em que anteriormente *o rio dentro da terra tinha menos voltas, menos areais, menos ínsuas, em forma que poderia ser menos uma légua mais curto correndo mais direito ...*

Propôs, por isso, a criação de longos troços rectilíneos no Mondego, abertos não por escavação artificial, mas pela própria acção da corrente, depois de fixadas as margens por estacas e ramos.

O Príncipe Regente, futuro D. João VI, mandou proceder, por alvará de 28.03.1791, ao *encanamento do Mondego* segundo o plano e sob a direcção de Estêvão Cabral, aí mencionado como *professor hidráulico*, título presumivelmente utilizado pela primeira vez no País.

Não sendo rectilíneo o traçado dos rios em equilíbrio que atravessam planícies aluvionares, as obras executadas não vieram a ter o comportamento desejado.

4. DISTINÇÕES

Podem considerar-se que constituem distinções o cometimento dos estudos e da direcção de obras, que foram determinados pela Rainha D. Maria I e pelo Príncipe Regente, e a admissão como sócio na Academia das Ciências de Lisboa. Não recebeu, porém, distinções honoríficas.

5. PUBLICAÇÕES MAIS RELEVANTES

QUINTELA* (1986b) apresenta uma lista razoavelmente completa das publicações de

Estêvão Cabral. Mencionam-se a seguir as que se consideram mais relevantes das que foram impressas em Itália e das que, publicadas em Portugal, respeitam a hidráulica fluvial:

- *Elementa praecipua Euclidis geometriae planae ac solidae ex conicis etiam, ac sphaericis sectionibus collecta, facilliorique methodo demonstrata. Accedunt Arithemicae et Algebrae. Principia Philosophica studiosis maxime necessaria*, 1771. Romae, per Archangelum Casalletti. Segunda edição, emendada, 1785, Romae, sumptibus Benedicti Settari, 130 p. e duas estampas.
- *Delle ville e de' piú notabili monumenti antichi della cita', e del territorio di Tivoli, Nuova ricerche di Stefano Cabral e Fausto del Re*, 1779. Roma, Stamperia del Puccionelli, 220 p. e uma estampa.
- *Ragioni per ispiegare e riparare l dani del fiume Nera*, combinate da Stefano Cabral, 1784. Stamperia della R.C.A.
- *Ricerche istoriche, fisiche ed idrostatiche sopra la caduta del Velino nella Nera, colla dichiarazione Di un nuovo metodo per determinare la velocità e la quantità delle Acque Correnti Ed altro nuovo metodo de elevare l'Acqua ne' Sifoni a grande alteza*, 1786. Romae, per Antonio Fulgoni.
- "Memoria sobre o paul da Otta, suas causas, e seus remedio". Memórias Económicas da Academia das Ciências de Lisboa, 1790, tomo II, p. 144-154.
- "Memoria sobre os danos causados pelo Tejo nas suas ribanceiras". Memórias Económicas da Academia das Ciências de Lisboa, 1790, tomo II, p. 155-197.
- "Memoria sobre os danos do Mondego no Campo de Coimbra e seu remedio". Memórias Económicas da Academia das Ciências de Lisboa, 1791, Tomo III, p. 205-242.

6. BIBLIOGRAFIA

Registam-se a seguir as principais publicações de outros autores que se referem à biografia ou estudos de Estêvão Cabral.

DE BACKER, Augustini; DE BACKER, Aloys (1890). *Bibliothèque de la Compagnie de Jésus – Bibliographie I*, p. 487-488. Alphonse Picard, Paris.

FINO, Gaspar C. G. Correia (1875). *Legislação e disposições sobre rios, vallas, açudes, nasceiros, pesqueiras, pântanos e barcas de passagem, coordenada pelo autor*. Imprensa Nacional, Lisboa.

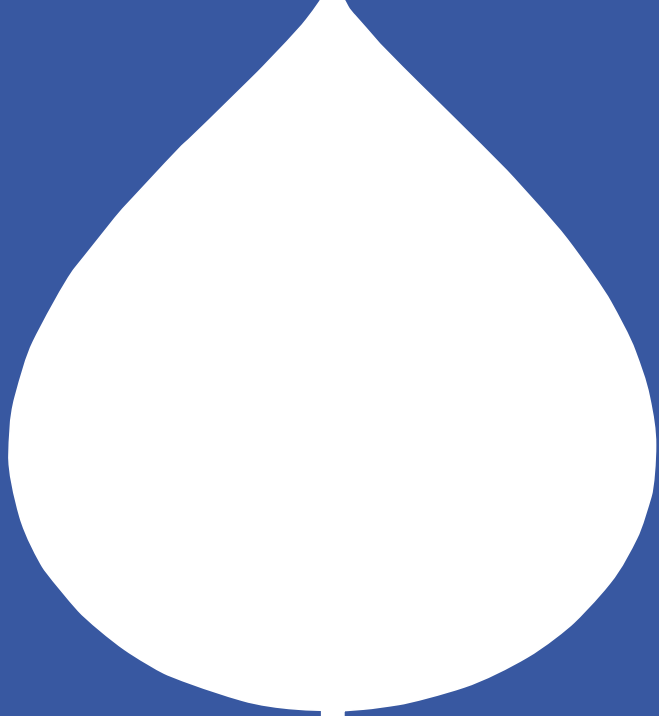
GUSMÃO, F. A. Rodrigues de (1855). *Memoria da vida e escriptos de Estevam Dias Cabral*. Imprensa da Universidade, Coimbra.

QUINTELA, António de Carvalho (1986a). «Nota bio-bibliográfica sobre Estêvão Cabral». *Estêvão Cabral – Segundo centenário da publicação*

Richerche istoriche, fisiche ed idrostatiche sopra la caduta del Velino nella Nera. Direcção-Geral dos Recursos e Aproveitamentos Hidráulicos. p. 61-67.

QUINTELA, António de Carvalho (1986b). «Breve notícia sobre Estêvão Cabral como pioneiro na hidrometria de rios». *Estêvão Cabral – Segundo centenário da publicação Richerche istoriche, fisiche ed idrostatiche sopra la caduta del Velino nella Nera*. Direcção-Geral dos Recursos e Aproveitamentos Hidráulicos. p. 45-52.

QUINTELA, António de Carvalho (1991). «Estêvão Cabral's pioneering contribution to open channel hydrometry». *Hydrological Sciences*, 36, 3, 6/1991.



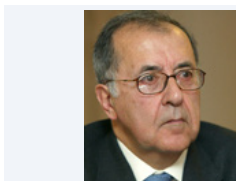
dentro da APRH

Acto eleitoral

De acordo com o estipulado no artigo 26.º do Estatuto da APRH, realizar-se-ão, no próximo dia 9 de março de 2016, as eleições dos membros da Mesa da Assembleia Geral, da Comissão Directiva e do Conselho Fiscal para o biénio 2016/2017. A composição da única lista candidata é a seguinte:

MESA DA ASSEMBLEIA GERAL

Presidente



Luís García Braga da Cruz
Licenciado em Engenharia Civil
Presidente do Conselho de Fundadores da
Fundação de Serralves.
Presidente do Centro Português de
Fundações

COMISSÃO DIRETIVA

Presidente



Francisco de Almeida Taveira Pinto
Licenciado em Engenharia Civil
Professor Catedrático e Coordenador da
Secção de Hidráulica, Recursos Hídricos e
Ambiente do Departamento de Engenharia
Civil da Universidade do Porto.
Membro da Direção do Instituto de
Hidráulica e Recursos Hídricos da FEUP.
Investigador do CIIMAR - Interdisciplinary
Centre of Marine and Environmental
Research

CONSELHO FISCAL

Presidente



António José Guerreiro de Brito
Licenciado em Engenharia do Ambiente
Professor Associado com Agregação -
Departamento de Ciências e Engenharia de
Biosistemas
Centro de Investigação LEAF - Linking
Landscape, Environment, Agriculture and
Food
Instituto Superior de Agronomia
Universidade de Lisboa

Secretários



João Luís Mendes Pedroso de Lima
Licenciado em Engenharia Civil
Professor Catedrático e Coordenador da Área
Científica de Hidráulica, Recursos Hídricos e
Ambiente do Departamento de Engenharia
Civil da Universidade de Coimbra
Investigador sénior do centro de investigação
MARE - Centro de Ciências do Mar e do
Ambiente

Vice-presidentes

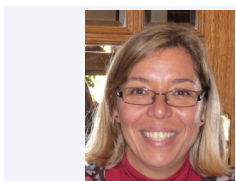


**Maria Alexandra Monteiro Marques da Silva
Brito**
Licenciada em Engenharia Agronómica
Quadro Técnico da Confederação dos
Agricultores de Portugal, responsável pelo
acompanhamento, discussão e divulgação
das políticas públicas de ambiente na
perspectiva do sector agrícola, com destaque
para as áreas relacionadas com os recursos
hídricos, os resíduos e as alterações climáticas

Secretários



Manuel José Pegado Mendes de Oliveira
Licenciado em Geologia Económica e
Aplicada
Investigador Auxiliar do Núcleo de Recursos
Hídricos e Estruturas Hidráulicas do LNEC



Dídia Isabel Cameira Covas
Licenciada em Engenharia Civil
Professora Associada com Agregação
do Departamento de Engenharia Civil,
Arquitetura e Georrecursos, Instituto Superior
Técnico, Universidade de Lisboa
Coordenadora do Centro de Investigação
CEHIDRO
Vogal da Comissão Directiva do CERIS -
Instituto de Investigação e Inovação em
Engenharia Civil para a Sustentabilidade



António João Carvalho de Albuquerque
Licenciado em Engenharia do Ambiente
(ramo de Eng.ª Sanitária)
Prof. Auxiliar no DECA-UBI; Investigador
sénior no FibEnTech e GeoBioTec; Diretor do
Curso de Doutoramento em Eng. Civil da UBI



Ana Katila Bernardes Ribeiro
Licenciada em Engenharia do Ambiente
Técnica de Engenharia da Direcção de
Engenharia do Grupo Águas de Portugal

Vogais



Luís Alberto Moura M. Cruz David
Licenciado em Engenharia Civil
Investigador Auxiliar no Núcleo de
Engenharia Sanitária do Departamento
de Hidráulica e Ambiente do Laboratório
Nacional de Engenharia Civil, Lisboa



Filipa Simões de Brito Ferreira de Oliveira
Licenciada em Engenharia Civil
Investigadora Auxiliar em ciência e
engenharia costeiras no Departamento
de Hidráulica e Ambiente do Laboratório
Nacional de Engenharia Civil, Lisboa



notícias

Autarquias passam a decidir sobre fusão dos sistemas de água

O Ministro do Ambiente, no passado mês de Fevereiro anunciou a reversão da fusão dos sistemas de captação de água em alta, que resultou da agregação de 19 empresas do Grupo Aguas de Portugal em cinco sistemas geridos por cinco empresas do mesmo grupo. O modelo está ainda em aberto e vai ser debatido com as autarquias tendo como pressuposto conferir ganhos de escala a municípios de mais baixa densidade populacional. Pode ainda fazer parte do modelo uma verticalização dos serviços de água, ou seja, integração dos sistemas de alta e baixa, criando-se para o efeito uma parceria entre Aguas de Portugal e os respectivos municípios.

(Fonte Ministério do Ambiente)

Planos de gestão de riscos de inundações (PGRI)

A aprovação do Decreto-Lei 115/2010 de 22 de Outubro, diploma que transpõe para a ordem jurídica nacional a Diretiva 2007/60/CE "Diretiva de Avaliação e Gestão dos Riscos de Inundações", estabeleceu um quadro nacional para a avaliação e gestão dos riscos de inundações, com o objectivo de reduzir as consequências prejudiciais associadas a este fenómeno, para a saúde humana, património cultural, infra-estruturas, actividades económicas e ambiente. A elaboração dos Planos de Gestão dos Riscos de Inundações, surgem pós a identificação das zonas com riscos potenciais significativos e a elaboração das cartas de zonas inundáveis e risco de inundações.

Os Planos de Gestão de Riscos de Inundações encontram-se em consulta pública por um período de 3 meses terminando em 17 de Março 2016 e prevendo-se a sua aprovação até ao final do primeiro semestre de 2016.

(Ver mais em www.apambiente.pt).

Regime de licenciamento único de ambiente e recursos hídricos

O Regime de Licenciamento Único de Ambiente (LUA), vem simplificar, harmonizar e articular os vários regimes de licenciamento no domínio do ambiente, incluindo os recursos hídricos. Baseia-se no princípio "Um processo, um título, uma taxa", pelo que é interoperável com os regimes de exercício da atividade económica, nomeadamente o Sistema de Industria Responsável (SIR). Este regime funciona através do Módulo LUA do SILiAmb.

O Módulo LUA é constituído por um simulador dinâmico que permite obter o enquadramento nos regimes ambientais aplicáveis, a(s) entidade(s) licenciadora(a) e a taxa de licenciamento e por um formulário que permite, de forma desmaterializada, submeter o pedido de licenciamento para análise das entidades licenciadoras.

Assim para os pedidos de licenciamento de utilização dos recursos hídricos, de pessoas coletivas, basta aceder á plataforma eletrónica SILIAMB, modulo LUA alojada no portal da Agência Portuguesa de Ambiente (APA). Através deste módulo pode-se acompanhar todas as fases processuais e obter o título (TUA). (Ver mais em www.apambiente.pt)

O LUA tem por objetivo incentivar o licenciamento integrado, razão pela qual o requerente que solicite um pedido de licenciamento no domínio do ambiente que inclua todos os regimes aplicáveis, obtém uma redução da taxa.

(Para mais informações, contacte LUA@apambiente.pt)

Sistema de alerta das cheias do Mondego

A Ordem dos Engenheiros vai elaborar, por solicitação do Ministro do Ambiente, um Manual de Procedimentos para o Sistema de Alerta das Cheias do Mondego. Os trabalhos já estão em curso e pretende-se o relatório final nos fins de Abril.

(Fonte Ministério do Ambiente)

Comissão de acompanhamento da poluição do rio Tejo

O Ministério do Ambiente determinou a criação de uma Comissão de Acompanhamento da Poluição do Rio Tejo, que terá por missão avaliar e diagnosticar as situações com impacto direto na qualidade da água do Rio Tejo e seus afluentes. Esta Comissão deverá promover a elaboração de estratégias conjuntas e partilhadas entre as diferentes entidades de modo a fazer face aos problemas de poluição identificados.

A Comissão deverá apresentar o 1º relatório até finais de Junho de 2016.(fonte Ministério do Ambiente).

Planos de gestão de região hidrográfica 2016-2021

Tendo terminado a 29 de Fevereiro 2016 a consulta pública dos PGRH2016-2021,entrou-se na quarta e última fase da versão final dos planos, que culminará com a definição do programa final de medidas, após inclusão dos contributos recebidos. As medidas estão definidas por eixos com identificação dos responsáveis pela sua aplicação, os investimentos previstos, bem como as potenciais fontes de financiamento.

Prevê-se que até final do primeiro semestre de 2016, os PGRH 2016-2021 estejam publicados e consequentemente em implementação (Ver mais em www.apambiente.pt).

A qualidade das águas balneares e o programa Bandeira Azul das praias de 2016

O Programa Bandeira Azul das Praias é um símbolo de qualidade ambiental atribuído anualmente às praias, portos de recreio e marinas que se candidatam e cumprem um total de 30 critérios divididos em quatro grupos:

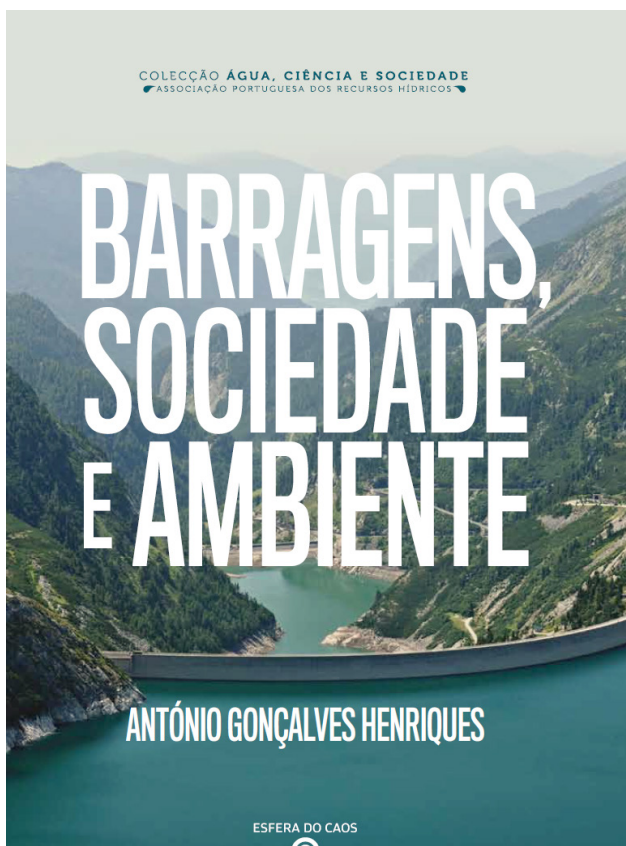
- Informação e Educação Ambiental
- Qualidade da Água
- Gestão Ambiental e Equipamentos
- Segurança e Serviços

A evolução extremamente positiva da situação das praias desde 1987 (ano do início da campanha em Portugal) é resultado de um forte investimento na resolução das causas da poluição, que se traduz na melhoria da qualidade da água, na melhoria dos acessos, aumento da segurança, limpeza e informação aos utentes.

A Associação Bandeira Azul da Europa (ABAE), seção portuguesa da Foundation For Environmental Education (FEE), responsável pela implementação da campanha desde 1987, registou um número superior a 300 praias do litoral e interiores candidatas á Bandeira Azul 2016. As candidaturas serão objecto de análise pelo júri nacional e pelo júri internacional.

Os resultados oficiais serão lançados a nível internacional e nacional a 20 de Maio de 2016.

(Ver mais em bandeiraazul.abae.pt)



ÁGUA, CIÊNCIA E SOCIEDADE / 2
408 pp (16 pp em quadricomia)

Formato: 17cm x 24cm

ISBN: 978-989-680-172-4

Data de Publicação: Março de 2016

PVP: 22,90 euros

NAS LIVRARIAS: A PARTIR DE 19 DE MARÇO

Quais os benefícios das barragens para a economia e para a sociedade? E como identificar os impactes ambientais a elas associados?

Ao longo do século XX as barragens foram marcantes para o desenvolvimento económico e assumiram-se como elementos simbólicos de identidade das populações. A emergência das preocupações ambientais, nas décadas de 1970 e 1980, obrigaria contudo a repensar os projectos de construção destas importantes infraestruturas. Com efeito, os rios constituem ecossistemas complexos, muito ricos e diversificados, que proporcionam serviços ecológicos indispensáveis para a própria sobrevivência da espécie humana. Mais de 60% dos rios, a nível mundial, foram fortemente modificados pela construção de barragens, que afectaram os ecossistemas fluviais. Entretanto, o crescimento populacional e os desafios ao desenvolvimento que se acentuaram no início do século XXI, bem como a tomada de consciência acerca da necessidade imperiosa de controlar as emissões dos gases com efeito de estufa para prevenir as alterações climáticas, recolocariam de novo pressão sobre a premência de se construírem novas barragens, não só para a produção de energia, mas também para possibilitar a expansão da agricultura e o abastecimento de água em condições seguras.

Este livro destina-se a todos os interessados no debate que inevitavelmente constitui uma das principais prioridades da nossa agenda para as próximas décadas.



agenda

EVENTOS NACIONAIS

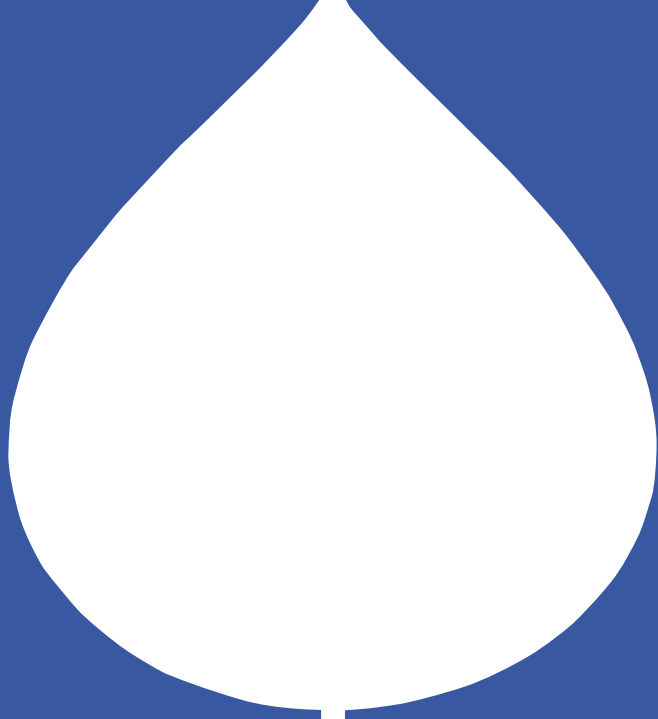
Data	Designação	Promotor	Local
12/05	Seminário APEMETA: O Setor da Água	Apemeta	Porto, Portugal
31/05 – 01/06	IV Seminário Técnico da ERSARA 2016 “Águas e Resíduos dos Açores – Progressos e Desafios”	Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos dos Açores (ERSARA)	Faial, Açores

EVENTOS INTERNACIONAIS

Data	Designação	Promotor	Local
14/03 – 16/03	2º Congreso Interamericano de Cambio Climático (CICC 2016)	Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDIS)	Cidade do México, México
15/03 – 16/03	The Water Show Africa	Terrapinn Pty Ltd, South Africa	Joanesburgo, África do Sul
17/03 – 19/03	World Water Council 56 th Board of Governors meeting	World Water Council (WWC)	Jodhpur, India
21/03 – 23/03	11 th IWA SG Conference on Wastewater Pond Technologies	European Commission	Leeds, Reino Unido
30/03 – 01/04	The 17 th IWA UK National Young Water Professionals Conference 2016	IWA	Norwich, Reino Unido
03/04 – 06/04	Wastewater Treatment Modelling 2016	IWA	Rhone, France
28/03 – 31/03	Wasser Berlin International – Trade Fair and Congress for Water Management	Messe Berlin	Berlim, Alemanha
30/03 – 31/03	EKOTECH – International Trade Fair for Environmental Protection and Waste Management		Kielce, Polónia
12/04 – 15/04	12 th World Filtration Congress	Taiwan Filtration and Separations Society	Taipei, Taiwan
19/04 – 20/04	The Global Water Summit 2016	Global Water Intelligence (GWI)	Abu Dhabi, UAE
25/04 – 28/04	Global Water Safety Conference	IWA	Palawan, Filipinas
26/04 – 28/04	ECWATECH 2016 – 12 th International Fair “Water: Ecology and Technology”	ECWATECH	Moscovo, Rússia
26/04 – 28/04	4 th African Regional Conference on Irrigation and Drainage (ARCID)	Egyptian National Committee on Irrigation and Drainage (ENCID)	Assuão, Egípto
10/05 – 12/05	OZWATER’16 – Australia’s International Water Conference & Exhibition	Australian Water Association	Melbourne, Austrália
10/05 – 13/05	International Symposium on Outfall Systems 2016	IWA	Ottawa, Canada
12/05 – 14/05	8 th IWA Eastern European Young Water Professionals Conference: Leaving the Ivory Tower – Bridging the Gap between Academia, Industry, Services and Public Sector	IWA	Gdansk, Polónia
15/05 – 20/05	ICOLD 2016 84 th Annual Meeting	International Commission on Large Dams (ICOLD)	Joanesburgo, África do Sul
30/05 – 03/06	Green Business Week / IFAT ENTSORGA 2016	IFAT / Feira de Munique	Munique, Alemanha

Data	Designação	Promotor	Local
01/06 – 03/06	10 th ISEB Conference 2016	International Society for Environmental Biotechnology (ISEB)	Barcelona, Espanha
06/06 – 09/06	17 ^o SILUBESA - Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES)	Florianópolis, Brasil
07/06 – 09/06	2 nd Conference on Holistic Sludge Management	IWA	Malmo, Suécia
09/06 – 11/06	IWA Specialist Belgrade Groundwater Conference 2016	IWA	Belgrado, Sérvia
13/06 – 16/06	The 13 th IWA Leading Edge Conference on Water and Wastewater Technologies	IWA	Jerez de la Frontera, Espanha
22/06 – 24/06	Advances in particle science and separation: meeting tomorrow's challenges	IWA	Oslo, Noruega
27/06 – 30/06	3 rd IWA Specialized Conference "Ecotechnologies for Wastewater Treatment"	IWA	Cambridge, Reino Unido
10/07 – 13/07	WEF/IWA Nutrient Removal and Recovery Conference 2016	Water Environment Federation (WEF) / International Water Association (IWA)	Denver, Colorado, EUA
10/07 – 14/07	Singapore International Water Week	SIWW / Ministry of environment and water resources Singapore	Singapura
21/08 – 26/08	12 th International Conference on Hydroinformatics	International Water Association (IWA)	Incheon, Coreia do Sul
27/07 – 29/07	4 th IAHR Europe Congress – Sustainable hydraulics in the era of global change	IAHR Europe Regional Division	Liège, Bélgica
28/08 – 02/09	World Water Week in Stockholm	Stockholm International Water Institute (SIWI)	Estocolmo, Suécia
29/08 – 01/09	The 5 th International EcoSummit Congress, EcoSummit 2016 – Ecological Sustainability: Engineering Change	Elsevier	Montpellier, França
31/08 – 02/09	The 8 th IWA International Conference on Sewer Processes and Networks	International Water Association (IWA)	Roterdão, Holanda
01/09 – 03/09	IWE – Istanbul Water Expo 2016	ITE Turkey	Istambul, Turquia
01/09 – 10/09	2016 IUCN World Conservation Congress	International Union for Conservation of Nature (IUCN)	Honolulu, EUA
04/09 – 07/09	Microbial ecology and water engineering 2016	International Water Association (IWA)	Copenhaga, Dinamarca
04/09 – 08/09	Wetland Systems for Water Pollution Control	International Water Association (IWA)	Gdansk, Polónia
13/09 – 26/09	71 st Session of the UN General Assembly (UNGA 71)	United Nations	Nova Iorque, EUA
14/09 – 16/09	13 th IWA Specialized Conference on Small Water and Wastewater Systems	International Water Association (IWA)	Atenas, Grécia
14/09 – 16/09	AMTE 2016 – Asia Membrane Technology Expo	TechnoBiz Communications	Bangucoque, Tailândia
17/09 – 19/09	4 th IWA International Symposium on Water and Wastewater Technologies in Ancient Civilizations	International Water Association (IWA)	Coimbra, Portugal
19/09 – 22/09	The International Symposium on River Sedimentation	University of Stuttgart	Estugarda, Alemanha

Data	Designação	Promotor	Local
24/09 – 28/09	WEFTEC 2016	Water Environment Federation's Annual Technical Exhibition and Conference (WEFTEC)	Nova Orleães, EUA
09/10 – 13/10	World Water Congress & Exhibition 2016	International Water Association (IWA)	Brisbane, Austrália
10/10 – 12/10	Hydro 2016	Hydropowers and Dams	Montreux, Suíça
17/10 – 20/10	Habitat III	United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat)	Quito, Equador
23/10 – 27/10	IWA Regional Conference on Diffuse Pollution and Catchment Management	International Water Association (IWA)	Dublin, Irlanda
25/10 – 30/10	10 th ICOLD European Club Meeting	International Commission on Large Dams (ICOLD)	Antalya, Turquia
07/11 – 18/11	UNFCCC COP 22	United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)	Marraxe, Marrocos



acquajuris

A UE introduz um sistema de controlo mais eficaz da água potável para uma melhor proteção da saúde pública

Diretiva (UE) 2015/1787 da Comissão de 6 de outubro de 2015, que altera os anexos II e III da Diretiva 98/83/CE do Conselho relativa à qualidade da água destinada ao consumo humano

Na sequência da Iniciativa de Cidadania Europeia *Right2Water*¹, a Comissão Europeia adotou novas regras para proporcionar aos Estados-Membros maior flexibilidade na monitorização da qualidade da água para consumo humano, abrangendo mais de 100 000 sistemas de abastecimento de água da União Europeia. Esta medida vai permitir o acompanhamento da qualidade da água para consumo humano com base na análise do risco, mais focado na proteção integral da saúde pública.

O Comissário do Ambiente, Assuntos Marítimos e Pescas, Karmenu Vella, referindo-se à diretiva, salientou que sendo a água potável com um elevado nível de qualidade essencial para

1 - A Iniciativa de Cidadania Europeia foi lançada em abril de 2012, e constitui um poderoso instrumento ao dispor dos cidadãos para estabelecer programas de trabalho da Comissão Europeia. Permite que um milhão de cidadãos provenientes de, pelo menos, um quarto dos países da UE convidem a Comissão Europeia a intervir em domínios da sua competência. A primeira Iniciativa de Cidadania Europeia bem sucedida, intitulada "Right2Water", conseguiu recolher 1,68 milhões de assinaturas de 13 Estados-Membros, muito acima do mínimo exigido legalmente. Os organizadores desta iniciativa apelaram à Comissão para que assegure a todos os cidadãos da UE o direito à água e ao saneamento, para que o abastecimento de água e a gestão dos recursos hídricos não estejam sujeitos às regras do mercado interno e sejam excluídos da liberalização e para que intensifique os seus esforços para garantir um acesso universal à água e ao saneamento no mundo inteiro.

No âmbito da Iniciativa de Cidadania Europeia, mais de 5 milhões de cidadãos da UE subscreveram já, mais de 20 iniciativas diferentes.

Comunicação sobre a Iniciativa de Cidadania Europeia "Right2Water": <http://ec.europa.eu/citizens-initiative/public/initiatives/finished/answered>.

Sítio Web da Iniciativa de Cidadania Europeia: <http://ec.europa.eu/citizens-initiative/public/welcome>.

Sítio Web da iniciativa "Right2water": <http://www.right2water.eu/>.

o bem-estar e a saúde pública, é necessário assegurar em toda a União Europeia padrões de qualidade da água exigentes. O novo sistema de monitorização e controlo permite eliminar análises desnecessárias e concentrar a atenção nos parâmetros que são efetivamente importantes.

A alteração da diretiva da qualidade da água para consumo humano é uma resposta aos apelos por parte de cidadãos e do Parlamento Europeu para serem adotadas medidas que assegurem que o abastecimento de água seja melhor e mais justo. As novas disposições adotadas permitem uma melhor aplicação pelos Estados-Membros, porque são eliminados encargos desnecessários. Os Estados-Membros podem decidir, com base numa avaliação de risco, quais os parâmetros que devem ser monitorizados, dado que em alguns sistemas de abastecimento de água para consumo humano não existe qualquer risco de se encontrarem substâncias perigosas. A flexibilidade na seleção dos parâmetros que devem ser monitorizados e a frequência de amostragem são enquadrados por uma série de condições que devem ser cumpridas para garantir a proteção da saúde dos cidadãos. As novas regras seguem o princípio da "análise de perigos e pontos críticos de controle" (APPCC), ou em inglês "hazard analysis and critical control point" (HACCP), já usado na legislação sobre segurança alimentar, e a abordagem baseada em planos de segurança da água, prevista nas diretrizes da Organização Mundial da Saúde (OMS) para a qualidade da água potável.

A frequência da amostragem e a lista de substâncias que devem ser monitorizadas podem ser ajustadas, nomeadamente quando ocorram situações que justifiquem preocupações de saúde pública.

Os Estados-Membros têm dois anos para aplicar as disposições desta nova legislação.

A Diretiva 98/83/CE relativa à qualidade da água destinada ao consumo humano prevê que os anexos sejam revistos regularmente de acordo com os progressos científicos e técnicos. A Diretiva (UE) 2015/1787 é a primeira alteração.

Texto da Diretiva (UE) 2015/1787 da Comissão de 6 de outubro de 2015, que altera os anexos II e III da Diretiva 98/83/CE relativa à qualidade da água destinada ao consumo humano: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015L1787&rid=1>

(Texto adaptado da nota IP/15/5940 da Comissão Europeia).

NORMAS PARA SUBMISSÃO DE ARTIGOS

Os autores interessados em publicar artigos técnico-científicos ou discussões de artigos anteriormente publicados na revista «Recursos Hídricos» deverão respeitar as seguintes normas:

1. Deve ser apresentado um original em papel A4 e em suporte informático do artigo redigido em língua portuguesa, utilizando a forma impessoal. O processador de texto a utilizar deverá ser Word (Microsoft). O título, o nome do(s) autor(es) e o texto do artigo devem ser guardados num ficheiro único e devidamente identificado (por exemplo, artigo.doc). As imagens devem ser entregues em separado (TIF ou GIF) com qualidade para impressão offset (300 dpi). O texto deve conter a indicação acerca da inserção das imagens. Os gráficos, esquemas e tabelas devem ser também apresentados em separado e editáveis, ou quando possível, no caso dos gráficos, devem ser apresentadas as tabelas numéricas que lhes deram origem. De preferência deve também ser apresentado um PDF do artigo completo de forma a esclarecer dúvidas face aos documentos recebidos.
2. O texto deve ser corrido a uma coluna, com espaçamento normal, e ter uma extensão máxima de 20 mil caracteres.
3. O título do artigo não deve exceder os 76 caracteres, devendo ser apresentado também em inglês.
4. A seguir ao título deve ser indicado o nome do(s) autor(es) e um máximo de 3 referências aos seus graus académicos ou cargos profissionais, assim como o número de associado, caso seja membro da APRH.
5. O artigo deverá ser antecedido de resumos em português e inglês (abstract) que não deverão exceder mil caracteres cada.
6. Devem ser indicados, de forma clara, os locais onde se pretendem inserir as figuras (desenhos ou fotografias, de preferência a cores). Os desenhos devem, de preferência, ser fornecidos em suporte magnético, em ficheiros individuais devidamente identificados (por exemplo, Figura1.doc, etc.) e numa cópia em papel A4. As fotografias devem ser enviadas no papel original ou em diapositivos, devidamente identificados.
2. As referências bibliográficas nome do texto devem ser feitas de acordo com a norma portuguesa NP-405 de 1996, indicando o nome do autor (sem iniciais) seguido do ano de publicação entre parêntesis. No caso de mais de uma referência relativa ao mesmo autor e ao mesmo ano, devem ser usados sufixos a), b), etc.
3. Os artigos devem terminar por uma lista de referências bibliográficas organizada por ordem alfabética do nome (apelido) do primeiro autor, seguido dos nomes dos outros autores, caso os haja, do título da obra, editor, local e ano de publicação (ou referência completa da revista em que foi publicada).
4. Só serão aceites discussões de artigos publicados até dois meses após a publicação do número da revista onde esse artigo se insere. As discussões serão enviadas ao autor do artigo, o qual poderá responder sob a forma de réplica. Discussões e réplica, caso exista, serão, tanto quanto possível, publicados conjuntamente.
5. O título das discussões e da réplica é o mesmo do artigo original acrescido da indicação Discussão ou Réplica. Seguidamente, deve constar o nome do autor da discussão ou da réplica de acordo com o indicado no ponto 4.
6. As normas para publicação de discussões e réplicas são as mesmas do que para a publicação de artigos.
7. Os artigos e as discussões (texto, disquete e ilustrações respectivas) devem ser enviados para a sede da APRH

Secretariado da APRH
A/c LNEC – Av. do Brasil, 101
1700-066 Lisboa
Portugal

