METODOLOGIA INTEGRADA PARA DETERMINAÇÃO DE REGIMES DE CAUDAIS ECOLÓGICOS APLICADA EM RIOS IBÉRICOS - AQUALOGUS-eFLOW

INTEGRATED METHODOLOGY FOR ENVIRONMENTAL FLOW ASSESSMENT APPLIED IN IBERIAN RIVERS- AQUALOGUS-eFLOW

Francisco N. GODINHO
Doutor em Engenharia Florestal, AQUALOGUS - Engenharia e Ambiente, Alameda dos Oceanos, Edifício Mar do Oriente, Lote 1.07.1 AN 2.4, Parque das Nações, 1990-208 Lisboa, Portugal, +351217520190. Associado da APRH n.º 1522. E-mail: fgodinho@aqualogus.pt

Sérgio C. COSTA
Mestre em Hidráulica e Recursos Hídricos, AQUALOGUS – Engenharia e Ambiente, Alameda dos Oceanos, Edifício Mar do Oriente Lote 1.07.1 AN 2.4, Parque das Nações, 1990-208 Lisboa, Portugal, +351217520190. Associado da APRH n.º 932. E-mail: scosta@aqualogus.pt

Paulo J. PINHEIRO
Mestre em Gestão de Recursos Naturais, AQUALOGUS – Engenharia e Ambiente, Alameda dos Oceanos, Edifício Mar do Oriente Lote 1.07.1 AN 2.4, Parque das Nações, 1990-208 Lisboa, Portugal, +351217520190. E-mail: ppinheiro@aqualogus.pt

Teresa ALVAREZ
Mestre em Engenharia Civil, AQUALOGUS – Engenharia e Ambiente, Alameda dos Oceanos, Edifício Mar do Oriente Lote 1.07.1 AN 2.4, Parque das Nações, 1990-208 Lisboa, Portugal, +351217520190. E-mail: talvarez@aqualogus.pt

Filipa M. REIS
Engenheira do Ambiente, AQUALOGUS – Engenharia e Ambiente, Alameda dos Oceanos, Edifício Mar do Oriente Lote 1.07.1 AN 2.4, Parque das Nações, 1990-208 Lisboa, Portugal, +351217520190. Associado da APRH n.º 1588. E-mail: filipareis@aqualogus.pt

RESUMO: Os regimes de caudais ecológicos são libertados a jusante de barragens com o intuito de mitigar os impactos impostos por estas infraestruturas nos rios. Na Europa, as quantidades de água necessárias ao restauro dos ecossistemas fluviais interferidos por barragens têm recebido uma atenção crescente, sobretudo através do instituído na Directiva-Quadro da Água, que visa, entre outros aspetos, recuperar o estado dos ecossistemas degradados por efeito da regularização de caudais. O estabelecimento de caudais ecológicos implica a assunção de compromissos com os utilizadores da água armazenada nas albufeiras, sendo importante que as necessidades de água dos ecossistemas sejam definidas através do melhor conhecimento disponível. Até à data, têm sido aplicadas na Península Ibérica diversas metodologias para a sua definição, desde a utilização de registos hidrológicos até modelações eco-hidráulicas, mas não existe nenhuma aceite sem reservas. O presente artigo descreve uma metodologia integrada para estabelecimento de regimes de caudais ecológicos em rios Ibéricos, que compreende sete passos sequenciais, sendo descrita a sua aplicação preliminar a casos de estudo.

Palavras-chave: caudais de manutenção ecológica, DQA, Península Ibérica, qualidade ecológica, restauro ambiental.

ABSTRACT: Environmental flow regimes are implemented to mitigate the ecological impacts of dams on rivers. In Europe, the water requirements for restoring river ecosystems are receiving increasing attention, namely within the Water Framework Directive, which aims to restore the status of ecosystems impacted by flow regulation. Since the implementation of environmental flows necessarily entails trade-offs with other potential water uses, it is important that the water requirements of a river ecosystem are defined using best-available scientific knowledge. To date, several methodologies have been used to formulate environmental flow requirements in the Iberian Peninsula, ranging from simple use of hydrological records to eco-hydraulic modelling procedures, but no methodology has been accepted without reservations. This paper describes an integrated methodology for establishing environmental flow regimes in Iberian rivers – comprising seven sequential steps –, and presents the results of preliminary application to case-studies.

Keywords: environmental flow regimes, WFD, Iberian Peninsula, ecological quality, environmental restoration.

1. INTRODUÇÃO

A regularização dos caudais fluviais que o homem tem promovido através da construção de barragens é um fenómeno global que gera muitos benefícios sociais, sobretudo ao nível do regadio, do abastecimento urbano e da geração de energia hidroelétrica, mas também tem originado impactes ambientais e perdas nos serviços dos ecossistemas aquáticos (García de Jalón et al., 1992).

Um dos principais impactes associados à presença de barragens resulta da alteração dos caudais naturais imposta nos segmentos lóticos situados a jusante destas infraestruturas – troços fortemente modificados (TFM) *sensu* Directiva-Quadro da Água (DQA) –, que transforma significativamente o habitat fluvial, as comunidades biológicas e o funcionamento dos ecossistemas aquáticos.

A libertação de caudais de manutenção ecológica é a principal acção implementada pelo homem para mitigar esse impacte, correspondendo, de forma genérica, ao regime de caudais libertado a jusante da barragem para assegurar a manutenção da estrutura e funcionamento dos ecossistemas fluviais, ou seja, e de acordo com a DQA, um bom Estado (ou Potencial) Ecológico.

Na Europa, as necessidades de água dos ecossistemas fluviais têm recebido uma atenção crescente no planeamento de recursos hídricos, nomeadamente por imposição da DQA, que proporciona mecanismos gerais para recuperar as massas de água degradadas, incluindo a libertação de caudais de manutenção ecológica (e.g., Hirji e Davis, 2009).

Apesar de se encontrarem descritas a nível mundial mais de 200 metodologias para o estabelecimento de regimes de caudais ecológicos, a sua utilização em rios de características mediterrânicas continua a suscitar controvérsia pelos resultados, muitas vezes contraditórios, que geram (Jowett, 1997). Não existe até à data um método que reúna, em simultâneo, condições desejáveis de precisão, exequibilidade, adaptabilidade e eficácia.

Acresce que na aplicação de metodologias que incorporam dados biológicos de vários *taxa*, os resultados obtidos demonstram não ser possível satisfazer permanentemente todas as espécies e estágios de vida. Assim, no final, uma decisão pragmática tem de ser tomada relativamente aos caudais ecológicos a libertar mensalmente.

Em virtude da complexidade inerente às respostas dos ecossistemas aquáticos face a regimes com escoamentos muito variáveis, o processo de determinação destes caudais deve ser considerado como um processo iterativo. Assim, cada projeto de restauro fluvial deve corresponder a uma experiência ecológica que requer uma posterior monitorização cuidada, permitindo refinar ao longo do tempo as recomendações iniciais de caudais ambientais (Richter *et al*., 2006).

O presente estudo foca-se na Península Ibérica, que, como outras zonas de clima mediterrânico, possui uma história milenar de ocupação humana e, consequentemente, de utilização de recursos hídricos. Após uma breve descrição dos principais métodos aplicados na Península Ibérica para determinação de caudais de manutenção ecológica, apresenta-se uma metodologia adaptativa e interdisciplinar para estabelecimento de regimes de caudais ecológicos.

Reconhecendo a existência de limitações em todos as metodologias de determinação de caudais de manutenção ecológica, a Metodologia Integrada de apoio à decisão, designada de AQUALOGUS-eFLOW, que aqui é descrita possibilita a concertação dos resultados obtidos pelas metodologias frequentemente utilizadas, de modo a adequar os valores de caudal necessários às necessidades ecológicas das espécies chave presentes, bem como às condições hidromorfológicas dos troços fluviais em causa.

2. METODOLOGIAS PARA DETERMINAÇÃO DE CAUDAIS ECOLÓGICOS EM RIOS IBÉRICOS

O escoamento superficial apresenta na Península Ibérica uma grande variação temporal. A maior parte do escoamento (até 95%) concentra-se num semestre húmido (Outubro a Março) e a variação interanual do escoamento pode alcançar razões de 100 para 1 (Daveau, 1977). Estas condições hidrológicas extremas, que incluem grandes cheias e secas, promovem um grande dinamismo temporal nos ecossistemas aquáticos.

Desde a década de oitenta do século XX que têm sido aplicadas diversas metodologias para estabelecer

Este artigo foi apresentado no 12º Congresso da Água e selecionado para submissão e possível publicação na *Recursos Hídricos*, tendo sido aceite pela Comissão de Editores Científicos Associados em 30 de maio de 2014. Este artigo é parte integrante da Revista *Recursos Hídricos* , Vol. 35, Nº 2, 19-27, novembro de 2014.
© APRH, ISSN 0870-1741 | DOI 10.5894/rh35n2-2

regimes de caudais ecológicos na Península Ibérica, incluindo métodos hidrológicos, hidráulicos e eco-hidráulicos.

Os métodos hidrológicos são os de aplicação mais simples, consistindo na análise de séries temporais de dados hidrológicos. Estes métodos foram os primeiros a ser aplicados, sendo definidos, no início, como uma percentagem fixa do caudal modular (geralmente 3 a 5%), sem qualquer justificação ecológica. Estes regimes foram inicialmente estabelecidos numa base anual, embora em fases sequentes tenham sido determinados com base sazonal ou mensal, numa tentativa de mimetizar as variações temporais do caudal natural.

Alguns métodos hidrológicos foram desenvolvidos especificamente para a Península Ibérica, incluindo o Método do Caudal Base (Palau, 1994; Palau e Alcazár, 1996) e o método proposto em Alves e Bernardo (2002), que tem sido frequentemente utilizado pela Autoridade Nacional da Água (Agência Portuguesa do Ambiente, APA).

O Método do Caudal Base disponibiliza um regime de caudais ecológicos assente num indicador hidrológico chave, o caudal base (Qb), que corresponde ao caudal circulante mínimo, em determinado momento numa determinada linha de água. O seu cálculo é baseado em análises estatísticas de irregularidades da série hidrológica dos caudais médios diários (Palau e Alcázar, 1996).

O método proposto em Alves e Bernardo (2002) baseia-se na libertação de distintos percentis das curvas de duração de caudais mensais em diferentes períodos do ano. Esses períodos foram considerados como apresentando características ecológicas específicas, abrangendo o período de migração dos peixes, a sua reprodução, e a estação seca de verão. Além disso, o método apresenta percentis específicos para cada uma das três regiões hídricas que foram definidas.

Os métodos hidráulicos são baseados na variação de parâmetros como a profundidade e o perímetro molhado, comummente medidos em secções transversais, em função do caudal. Estes parâmetros hidráulicos são utilizados como substitutos de fatores limitantes de habitat conhecidos, ou que se assumem como factores limitativos para a sobrevivência das comunidades bióticas. Os caudais de manutenção ecológica são determinados a partir de gráficos desses parâmetros em função do caudal, usualmente com base na identificação dos pontos de inflexão onde ocorrem reduções significativas de habitat relativamente ao caudal circulante ou reduções acentuadas da taxa de variação dos mesmos. O método do Perímetro Molhado continua a ser o método hidráulico de mais ampla aplicação na Península Ibérica.

Portela (2006) apresentou um método baseado simultaneamente em critérios hidrológicos e hidráulicos, visando a definição de caudais ecológicos para a região Sul de Portugal. O critério hidrológico explica a escassez de água pela irregularidade temporal do regime hidrológico natural, enquanto o critério hidráulico se baseia na geometria das secções transversais do rio ou de trechos fluviais.

Bernardo e Alves (1999) também propuseram uma metodologia para a avaliação destes caudais em rios ibéricos, que considera as condições de caudal reduzido no Verão como a principal condicionante ambiental, e que inclui as quatro seguintes etapas: a) caracterização das comunidades ictiofaunísticas no rio em estudo; b) análise de fotografias aéreas, de vários anos hidrológicos, para identificar pegos persistentes; c) utilização de um modelo de precipitação-escoamento para analisar o regime hidrológico durante os anos referentes às fotografias aéreas; e d) estabelecimento de um regime de caudais ecológicos que assegure a persistência dos pegos com condições adequadas para a sobrevivência da comunidade ictiofaunística.

Nos últimos anos tem vindo a ser disseminada a nível global, e também na Península Ibérica, a metodologia IFIM – Incremental Flow Instream Methodology – (Bovee, 1982), que corresponde ao método eco-hidráulico de maior difusão mundial. Esta metodologia baseia-se no princípio de que a distribuição dos elementos biológicos (usualmente peixes) de um dado sistema fluvial é determinada, entre outros fatores, pelas características hidráulicas, estruturais e morfológicas dos cursos de água, sendo que cada organismo tende a selecionar as condições habitacionais que lhe são mais adequadas. Os resultados obtidos, na forma de curvas de uso/preferência de habitat para determinada espécies e/ou estágio do ciclo de vida, são utilizadas para estabelecer o regime de caudais ecológicos. Para o efeito, são utilizados diversos programas de simulação de habitat (e.g. PHABSIM e River2D).

Os regimes de caudais ecológicos obtidos com os métodos anteriormente descritos apresentam, muitas vezes, resultados contraditórios. Por exemplo, o método do Caudal Base propõe regimes ecológicos com caudal nulo para os rios do Sul da Península Ibérica, enquanto o método de Alves e Bernardo (2002), em algumas situações, propõe valores muito elevados (e.g. Portela, 2007). Por outro lado, os métodos mais complexos (e.g. eco-hidráulicos) podem requerer prazos temporais e recursos financeiros muito consideráveis, enquanto os métodos mais expeditos têm sido criticados pela reduzida fiabilidade.

3. METODOLOGIA DESENVOLVIDA

A fim de superar as limitações identificadas, foi desenvolvido uma metodologia integrada inspirada nas abordagens "holísticas" (e.g., Tharme, 2003, Arthington et al., 2004), que compreende os sete passos sequenciais que se descrevem na figura 1.

O primeiro passo corresponde à definição da área de estudo e à recolha de informação sobre a mesma, incluindo dados topográficos, hidrológicos e informações de cariz ecológico *sensu* DQA (i.e. dados bióticos, hidromorfológicos e físico-químicos).

A área de estudo é limitada a montante pelo local da barragem. Se existir uma grande barragem (>15 m) sem dispositivo de passagem para peixes a jusante da

infraestrutura em estudo, então este será o limite do sector a jusante; caso não exista nenhuma barragem, a área de estudo será limitada por uma zona de transição ecológica, como a confluência de um afluente de grande dimensão ou o limite de montante de uma zona estuarina.

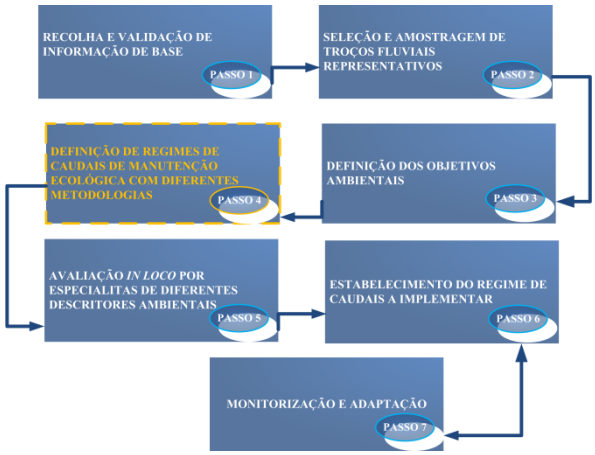

Figura 1 - Esquema geral do Procedimento Integrado para determinação de regimes de caudais ecológicos.

Deve ser dada particular atenção à análise do regime hidrológico, incluindo o regime natural e o alterado pela presença da barragem. Para caracterizar o regime hidrológico natural, séries temporais de caudais são obtidas a partir dos dados hidrométricos disponíveis, ou estimadas através de relações entre a precipitação e o escoamento (e.g., Portela e Quintela, 2005), enquanto os dados do regime alterado são obtidos com base nos dados de exploração da barragem (existentes ou simulados no caso das barragens em fase de projecto). A partir dos dados de caudal, vários indicadores hidrológicos são calculados para caracterizar o regime de escoamento, tais como os caudais médios diários e os escoamentos médios mensais.

O segundo passo considera a seleção e consequente amostragem ecológica de trechos fluviais representativos, situados a jusante da barragem. O número de trechos de amostragem variará com a extensão da área fluvial em estudo e com a diversidade hidromorfológica do segmento lótico. De acordo com a DQA, a monitorização deverá incluir elementos bióticos, hidromorfológicos e físico-químicos de suporte. O Estado/Potencial de cada troço de amostragem será determinado com recurso às ferramentas normativas de classificação, desenvolvidas no âmbito da aplicação da DQA a Portugal (INAG, 2009). Esta determinação revela o grau de desvio das características ecológicas relativamente a condições pristinas, isto é, a troços fluviais onde a influência antrópica é nula ou muito pouco expressiva.

O terceiro passo está intimamente relacionado com o anterior, consistindo no estabelecimento de objetivos ambientais. Esta componente também é baseada na DQA e varia de acordo com a sensibilidade ecológica da área em estudo. De acordo com a DQA, o objetivo ambiental a alcançar na massa de água será o Bom Estado (desvio relativamente pequeno face às condições de referência); contudo, os troços localizados imediatamente a jusante de barragens podem ser classificados como Troços Fortemente Modificados, desde que seja técnica e economicamente inviável reverter as alterações antrópicas para que se atinga o Bom Estado. Nessas situações, o Bom Potencial Ecológico torna-se o objetivo ambiental a atingir.

O quarto passo integra a formulação de regimes de caudais de manutenção ecológica através de diferentes metodologias. Considera-se que pelo menos um método hidráulico deve ser utilizado, em conjunto com uma ou mais metodologias, que podem incorporar métodos de simulação de habitat. O número de métodos utilizados dependerá da informação existente, podendo ser adequado ao tempo e orçamento disponíveis. Os resultados das metodologias aplicadas devem ser sumarizados para diferentes secções transversais, incorporando informação sobre os caudais gerados por cada um dos métodos aplicados (valores máximos, médios e mínimos). Devem também ser gerados para as mesmas secções fluviais indicadores do caudal natural (e.g. caudal médio diário e caudais médios mensais). Com este propósito, é calibrado e aplicado um modelo numérico para determinar, em cada secção transversal, os níveis de água (e as velocidades de escoamento) associados a cada um dos valores de caudal, ecológico e natural, determinados. Para os métodos que geram estimativas pontuais de caudal (e.g. perímetro molhado), o regime mensal de caudal ecológico é estabelecido a partir das necessidades de caudal determinadas para o mês ecologicamente mais crítico (geralmente o Verão), que são posteriormente transpostas na proporção do regime natural para os restantes meses/épocas do ano (Garcia de Jalón, 2003).

O quinto passo corresponde à ponderação *in situ* dos diferentes regimes de caudais determinados por uma equipa multidisciplinar de peritos, que, desejavelmente, incluirá especialistas em hidrologia, geomorfologia, macrófitos, macroinvertebrados bentónicos e associações piscícolas. Para implementar o processo, cada secção transversal, e trecho fluvial circundante, são avaliados em pormenor durante uma visita de campo, sendo observadas as zonas inundadas e os níveis originados com os caudais obtidos através dos diferentes métodos de determinação de caudais de manutenção ecológica utilizados. Antecedendo a visita de campo e para facilitar a perceção visual dos diferentes níveis de água a contrastar, são preparadas réguas graduadas para cada secção transversal, onde se identificam as alturas de escoamento da água associadas aos diferentes valores de caudal (Figura 2). As alturas de escoamento correspondentes aos valores de caudal mensal, determinados por cada método (geralmente os valores máximo, médio e mínimo), bem como as associadas a indicadores relevantes do escoamento em regime natural (e.g. caudal modular e caudais médios mensais) são representadas nas réguas através de cores diferentes. Valores diferentes dentro de cada método são representados com tons diferentes, dentro da mesma cor. Para a visita de campo são ainda preparados diagramas das várias secções transversais, incluindo não

só as profundidades, mas também as velocidades de escoamento associadas a cada um dos caudais.
Durante a visita de campo são também efetuadas considerações sobre alturas e velocidades de escoamento relativas a caudais de limpeza, para posterior análise em gabinete.
Numa fase posterior, cada perito elabora um relatório independente e propõe, de forma sustentada, um regime de caudais ecológicos de base mensal, ponderando os resultados dos diferentes métodos aplicados, o regime natural de caudal, as observações de campo e os requisitos específicos da componente relativamente à qual se pronuncia.
Refere-se que, para além dos peritos e da entidade responsável pela exploração da infraestrutura, é desejável que outras instituições interessadas (e.g. APA, Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas) possam acompanhar as visitas de campo, como observadores, de modo a melhor poderem avaliar a proposta final de regime de caudais de manutenção ecológica.

O sexto passo corresponde à proposta do regime de caudais de manutenção ecológica, numa base mensal, que será efetuada com base nos objetivos ambientais estabelecidos e nas avaliações dos peritos. Se estas avaliações divergirem, o coordenador da equipa técnica deverá apresentar uma proposta conciliatória que atenda, ponderadamente, aos antagonismos existentes.
O regime proposto, de base mensal e que contempla anos médios, secos e húmidos, e, quando necessário, a libertação de caudais de limpeza, é submetido a uma consulta prévia das partes interessadas antes da apresentação da proposta final e consequente implementação no terreno.
O sétimo passo integra os trabalhos de monitorização, necessários para avaliar a capacidade do regime proposto em garantir os objetivos ambientais estabelecidos. Após um período inicial de monitorização e caso os objetivos não sejam alcançados, o regime de caudais de manutenção ecológica será revisto pelos peritos e uma nova proposta deverá ser formulada, após consulta prévia aos interessados, permitindo que o procedimento proposto se adapte aos resultados da monitorização.

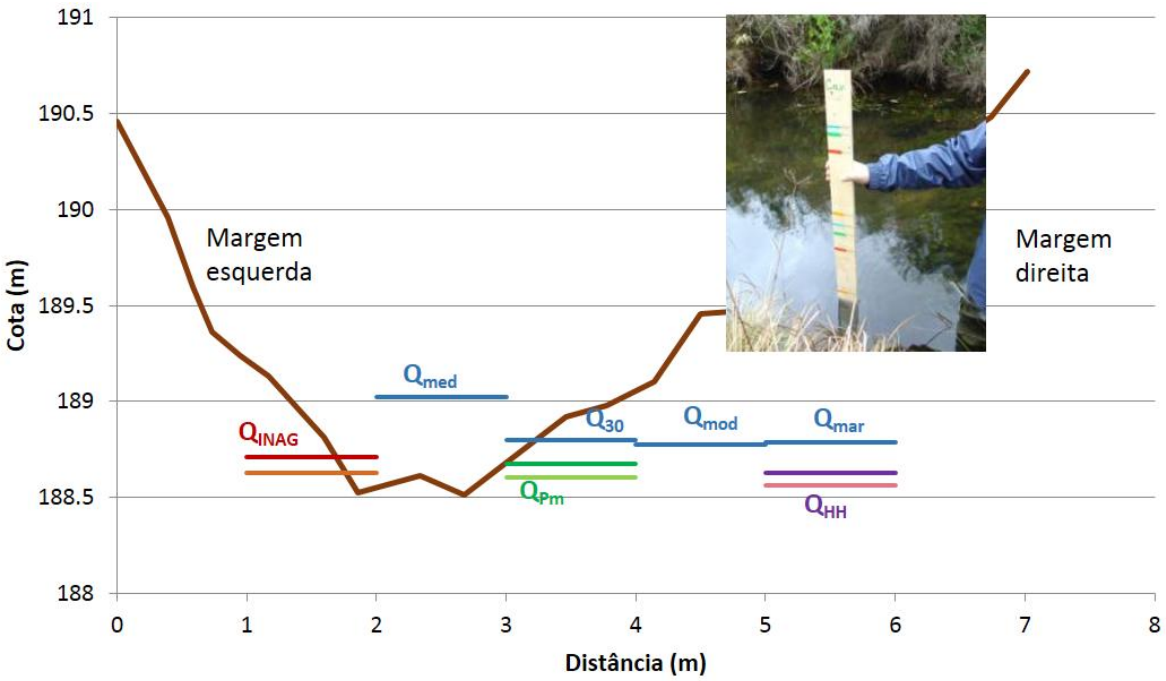

Figura 2 - Exemplo esquemático de uma secção transversal e de uma régua graduada com diferentes níveis marcados, utilizadas nas visitas de campo.

4. CASOS DE ESTUDO

A metodologia AQUALOGUS-eFLOW tem sido aplicada em rios portugueses desde 2008 (Figura 3), em estudos com diferentes prazos temporais. A metodologia foi aplicada em diversos contextos espaciais, hidrológicos e ecológicos (Quadro 1), pelo que os métodos selecionados para determinação de caudais ecológicos variaram entre estudos. Em todos os casos, os especialistas foram capazes de alcançar consenso sobre os caudais de manutenção ecológica, incorporando os resultados dos diferentes métodos.

Os regimes caudais de manutenção ecológica propostos apresentaram uma base mensal, sendo também apresentadas propostas diferenciadas especificamente para anos secos e húmidos. Adicionalmente, foram propostos caudais de limpeza, indispensáveis para assegurar a manutenção da estrutura dos leitos, através da remoção dos sedimentos e dos macrófitos em excesso. Estes caudais de limpeza são também considerados importantes para reduzir a abundância de espécies ictiofaunísticas exóticas, de forma a restringir a sua capacidade de dispersão, visto a sua preferência ecológica versar maioritariamente as zonas lóticas com baixa corrente (e.g. Godinho et al., 2000).

Nos rios temporários do sul da Península Ibérica estudados, onde novas barragens foram ou estão a ser construídas, os regimes de caudais ambientais propostos começaram a ser implementados, e os seus impactes sobre os ecossistemas dulçaquícolas estão a ser monitorizados. Acresce que a área territorial onde estas barragens se localizam está a sofrer, em simultâneo, um incremento da exploração agrícola resultante do desenvolvimento do regadio (Godinho et al., 2014, em impressão), o que poderá limitar a eficácia do regime de caudais de manutenção ecológica para alcançar um bom Estado/Potencial Ecológico.

Nos rios de regime permanente do Norte do território continental analisados, estão a ser instalados nas barragens existentes dispositivos para libertação do regime de caudais ecológicos, que possibilitem a libertação dos regimes de caudais ecológicos propostos. Numa fase posterior estes regimes serão alvo de monitorização, avaliação e, se necessário, adaptação.

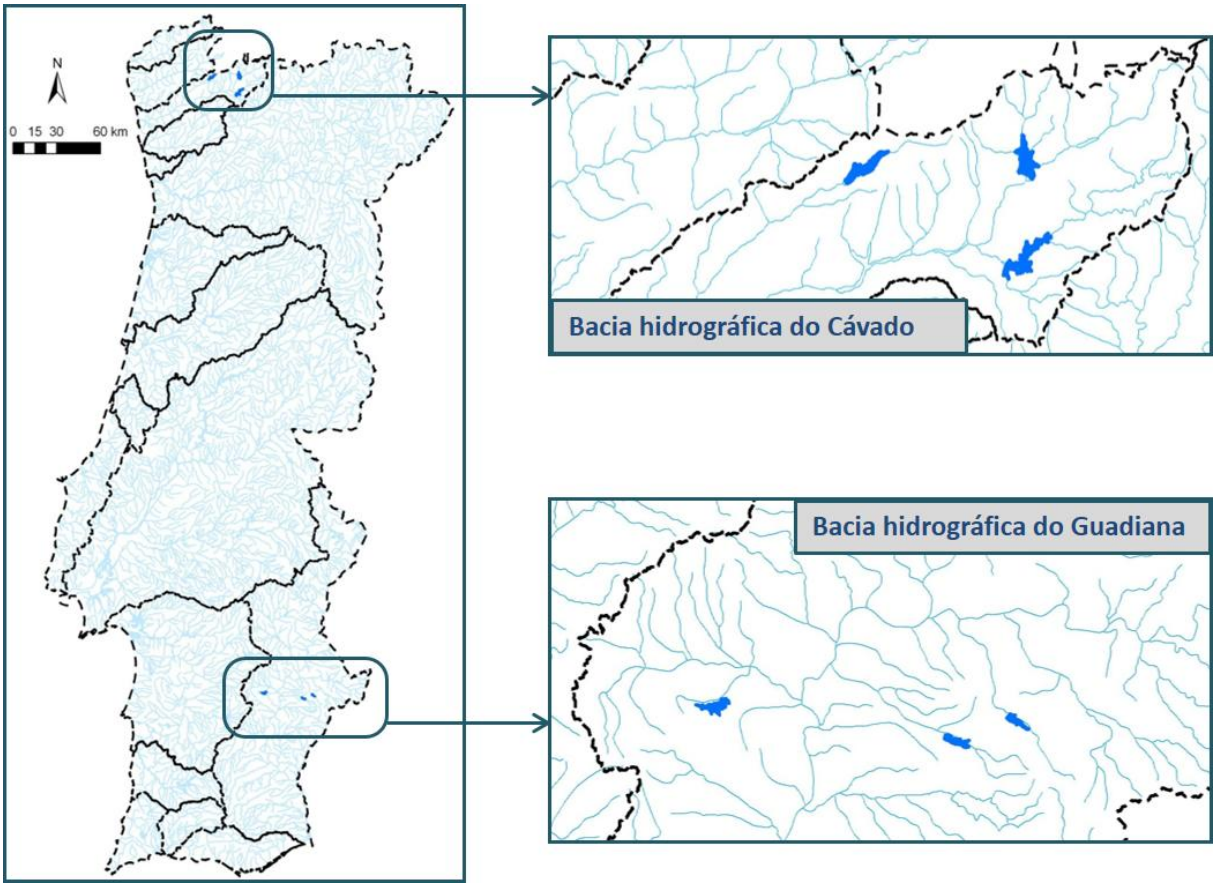

Figura 3 - Localização dos rios estudados em Portugal para o estabelecimento de regimes de caudais ecológicos através do procedimento descrito.

Quadro 1 - Características gerais de algumas aplicações específicas do AQUALOGUS-eFLOW em rios portugueses.

Contexto Geral		
Objetivos	Recuperação do ecossistema fluvial a jusante de barragens hidroelétricas (construídas entre 1951 e 1972)	Conservar o ecossistema fluvial a jusante das barragens de rega projectadas
Tempo disponível (meses)	10	<5
Contexto espacial		
Bacia hidrográfica	Cávado	Guadiana
Rios avaliados	Cávado, Homem e Rabagão	Amoreiras, Brenhas e São Pedro
Bacia de drenagem das barragens (km^2)	70-360	30-45
Contexto hidrológico (condições naturais)		
Tipo de rio	Permanente	Temporário
Caudal Médio Anual (hm^3)	47.3 a 98.0	3.2 a 4.5
Caudal Médio Diário (m^3/s)	4.1 a 8.6	0.1 a 0.2
Caudal Médio Mensal (m^3/s)	0.4 (Agosto) a 19.1 (Janeiro)	0 (Agosto) a 0.6 (Dezembro)
Contexto Ecológico		
Ictiocenoses	Presença permanente de peixes, incluindo um *taxon* salmonídeos intolerante (truta-de-rio, *Salmo trutta fario*)	Presença ocasional de peixes, durante os períodos de maior caudal. Comunidades piscícolas compostas principalmente por exemplares de pequeno porte e *taxa* tolerante
Vegetação ripária	Abundante	Variáveis, por vezes ausente
Outras impactes antropogénicos, excluindo a regulação e caudal	Nenhum	Agricultura
Procedimento Metodológico		
Objectivos ambientais	Bom Potencial Ecológico (*sensu* DQA)	Bom Estado Ecológico (*sensu* DQA)
Métodos aplicados	Caudal Base, Alves e Bernardo (2002), Perímetro Molhado, IFIM	Caudal Base, Método Portela (2007), Alves e Bernardo (2002), Perímetro Molhado
Participação de especialistas	Hidrologia, hidromorfologia, macrófitos, macroinvertebrados bentónicos e ictiofauna	Hidrologia, hidromorfologia, macrófitos e ictiofauna
Resultados Gerais		
Caudais de manutenção ecológica propostos	Alcançado por consenso, variando o escoamento anual proposto entre 5 a 13% do escoamento médio anual em condições naturais	Alcançado por consenso, variando o escoamento anual proposto entre 12 a 15% do escoamento médio anual em condições naturais
Considerando valores de caudal mensais distintos, mimetizando a variabilidade do caudal natural de cada rio	Sim	Sim
Considerando valores diferentes anos normais, secos e húmidos	Sim	Sim
Considerando caudais de limpeza	Em alguns casos[1]	Sim
Considerações finais	A liberação dos caudais de manutenção ecológica propostos requer a construção de dispositivos específicos nas barragens existentes	Os resultados ecológicos a obter com o regime de caudais de manutenção ecológica proposto poderá ser limitado pela influência das atividades agrícolas intensivas

[1] O estabelecimento de caudais de limpeza foi efetuado com base nos registos de exploração das barragens (e na quantidade de sedimentos finos que se encontravam depositados a jusante da barragem). Nos casos em que se verificou a descarga de caudais de cheia significativos com regularidade não foram fixados caudais de limpeza. Nos casos em que se verificou que o descarregador de cheias tinha um funcionamento pouco frequente, ou quando estes registos não estavam disponíveis, foram adotados caudais de limpeza.

5. DISCUSSÃO

A Metodologia AQUALOGUS-eFLOW apresentada contrasta pela aplicação simultânea de diferentes métodos de avaliação de caudais ecológicos, considerando adicionalmente caudais de limpeza e as condições do regime natural. A integração dos resultados dos diferentes métodos é realizada por uma equipa multidisciplinar de peritos, como é comum nas metodologias holísticas, mas ao contrário de muitos procedimentos que dependem apenas de interpretação em gabinete dos caudais ambientais considerados, a metodologia desenvolvida inclui a interpretação ecológica dos diferentes regimes de escoamento *in situ*, em sectores fluviais.

A interpretação *in situ* é facilitada pela utilização de diagramas das secções transversais e de réguas graduadas, contendo, para cada um dos métodos aplicados, as alturas de escoamento correspondentes aos valores mínimo, médio e máximo dos caudais em equação. A visualização comparativa das alturas de escoamento resultantes dos diferentes métodos, bem como o conhecimento das velocidades associadas, foi considerado pelos peritos como particularmente útil na interpretação da dinâmica ecológica de cada uma das secções avaliadas, facilitando a obtenção de consensos quanto ao regime de caudais a propor.

Outras vantagens associadas a esta Metodologia Integrada relacionam-se com a sua adaptabilidade, sendo possível ajustá-la às condicionantes ecológicas dos troços. Adicionalmente, os métodos de base a utilizar devem ser escolhidos considerando a sua aplicabilidade à bacia hidrográfica ou área territorial em apreço, facilitando a utilização desta abordagem em qualquer curso de água de pequena a média dimensão.

Refere-se, por fim, que o presente método engloba os fundamentos da DQA, através da definição de objetivos ambientais e, adicionalmente, ao basear a avaliação da eficácia dos regimes implementados na monitorização ecológica e posterior adaptação, algo que tem faltado no estabelecimento de regimes de caudais de manutenção ecológicos a nível global. Em resultado das lacunas de conhecimento ainda existentes sobre o comportamento ecológico da maioria dos cursos de água para onde foram estabelecidos e implementados regimes de caudais, apenas a monitorização ecológica dos troços regularizados, e a sucessiva adaptação dos caudais libertados, permitirá alcançar os objetivos ambientais pretendidos.

BIBLIOGRAFIA

Alves, M. H. e Bernardo, J. M. (2002). Caudais Ecológicos em Portugal. INAG, Ministério das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente, Lisboa, Portugal.

Arthington, A. H., Tharme, R. E., Brizga, S. O., Pusey, B. J. e Kennard, M. J. (2004). Environmental flow assessment with emphasis on holistic methodologie. In: Welcomme R. e T. Petr (eds.), Proceedings of the Second International Fish Symposium on the Management of Large Rivers for Fisheries, Volume II, pp 37-65, FAO Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok, Thailand. RAP Publication.

Bernardo, J. M. e Alves, M. H. (1999). New perspectives for ecological flow determination in semiarid regions: a preliminary approach. Regulated Rivers, 15: 221-229.

Bovee, K. D. (1982). A Guide to stream habitat analysis using the Instream Flow Incremental Methodology. Instream Flow Information Paper 12, U.S. Fish and Wildlife Service. FWS/OBS-82-26.

Daveau, S. (1977). Répartition et rythme des précipitations au Portugal. Memórias do Centro de Estudos Geográficos: Lisboa.

García de Jalón, D. G. (2003). The spanish experience in determining minimum flow regimes in regulated streams. Canadian Water Resources Journal, 28: 185-198.

García de Jalón, D., González del Tanágo, M. e Casado C. (1992). Ecology of regulated rivers in Spain: an overview. Limnetica, 8: 161-166.

Godinho, F. N., Ferreira, M. T. e Santos, J. M. (2000). Variation in fish community composition along an Iberian river basin from low to high discharge: relative contributions of environmental and temporal variables. Ecology of Freshwater Fishes, 9: 20-29.

Godinho, F.N., Pinheiro, P., Oliveira, J. e Azedo, R. (em impressão, 2014). Responses of intermittent fish assemblages to irrigation development. River Research and Applications. DOI: 10.1002/rra.2748.

Hirji, R. e Davis, R. (2009). Environmental flows in water resources policies, plans, and projects. Case studies. The International Bank for Reconstruction and Development/THE WORLD BANK.

INAG, (2009). Critérios para a classificação do estado das massas de água superficiais - rios e albufeiras. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Instituto da Água, I. P.

Jowett, I. G. (1997). Instream flow methods. A comparison of approaches. Regulated Rivers, 13: 115-127.

Palau, A. (1994). Los mal llamados caudales "ecológicos". Bases para una propuesta de cálculo. Obra Pública, 28: 84–95.

Palau, A. e Alcázar, J. (1996). The basic flow: an approach to calculate minimum environmental instream flows. In: Proceedings 2nd International Symposium on Habitat Hydraulics, Ecohydraulics 2000. Québec City, pp 547–558.

Portela, M. M. (2006). Definition of environmental flows in rivers of the south of Portugal. In: 8º Congresso da Água - Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos. Figueira da Foz, 14 pp.

Portela, M. M. (2007). A hydrologic-hydraulic method to define ecological flows downstream dams located in South European semi-arid regions. In: 5th WSEAS International Conference on Environment, Ecosystems

and Development, pp 329 334. Tenerife, Spain, December 14-16.

Portela, M. M. e Quintela, A. C. (2005). "Estimação de séries de caudais médios diários na ausência de informação hidrométrica", 7º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa. 7.º SILUSBA. Évora, Portugal.

Richter, B. D., Warner A. T., Meyer J. L. e Lutz, K. (2006). A collaborative and adaptive process for developing environmental flow recommendations. River Research and Applications, 22: 297-318.

Tharme, R. E. (2003). A global perspective on environmental flow assessment: emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers. River Research and Applications, 19:397-441.