

GESTÃO ECOHIDRÁULICA EM PORTUGAL: DIAGNÓSTICO E PRINCIPAIS LINHAS DE ACTUAÇÃO

Jorge BOCHECHAS¹; Maria Teresa FERREIRA²; António N. PINHEIRO³

RESUMO

A presente comunicação aborda, de modo sucinto, aspectos relacionados com dispositivos de transposição de obstáculos para peixes, gestão integrada de albufeiras e caudais ecológicos cuja boa resolução é julgada mais relevante para que se possa pôr em prática uma gestão de recursos hídricos em que os conceitos subjacentes à ecohidráulica tenham um peso significativo.

No que se refere aos dispositivos de transposição de obstáculos para peixes, por vezes simplesmente designados passagens para peixes, apresentam-se as principais características dos diferentes tipos de passagens, seguindo-se uma referência mais alargada à situação que se verifica em Portugal neste domínio. A concluir, apresentam-se as principais medidas que se julga deverem ser implementadas a curto prazo para aumentar a eficácia dos dispositivos já existentes e garantir um melhor funcionamento para os que vierem a ser construídos.

Em relação à gestão integrada de albufeiras, apresentam-se, de modo sucinto, os principais condicionamentos para os ecossistemas fluviais decorrentes da criação de albufeiras e às fortes flutuações de nível que, por vezes, a sua exploração por critérios puramente económicos ou hidráulicos impõe. É efectuado um diagnóstico da situação portuguesa e são propostas medidas do âmbito ecohidráulico que se julga ser necessário implementar.

Apresenta-se, finalmente, um breve enquadramento da necessidade de estabelecer caudais ecológicos em rios regulados ou com derivações importantes de caudal e da situação existente em Portugal, bem como das medidas que se julga ser necessário implementar neste domínio.

Palavras-chave : Ecohidráulica, passagem para peixes, caudal ecológico, gestão de albufeiras, gestão de recursos hídricos

¹ Engenheiro Silvicultor, Chefe da Divisão de Pesca nas Águas Interiores da Direcção Geral das Florestas, Lisboa.

² Bióloga, Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Florestal do Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.

³ Engenheiro Civil, Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Civil do Instituto Superior Técnico, Lisboa.

1 - INTRODUÇÃO

Por ecohidráulica, entende-se o estudo do conjunto das características hidráulicas e ecológicas dos sistemas aquáticos e da sua interdependência (PINHEIRO *et al.* 1996). Contudo, num sentido mais amplo, os autores deste trabalho entendem a ecohidráulica como a conciliação do aproveitamento dos recursos hídricos com os ecossistemas a estes associados, a gestão conjunta e ambientalmente sustentável de ambos e a mitigação ecológica dos impactes negativos das obras hidráulicas fluviais.

Neste trabalho, serão abordadas as três áreas científicas do âmbito ecohidráulico que nos parecem mais necessitar actualmente de intervenção em Portugal: dispositivos de transposição de obstáculos para peixes, habitualmente designados como passagens para peixes, gestão integrada de albufeiras e definição de regimes de caudais ecológicos.

Contudo, outros temas, tais como a condução ecológica de limpezas e esvaziamentos de albufeiras, a gestão ecológica de canais artificiais de rega, a reabilitação ecológica de sistemas fluviais canalizados e, eventualmente, a mitigação de transferências de água entre bacias hidrográficas também são importantes.

No entanto, estando as três primeiras áreas atrás mencionadas carentes de actuações mais urgentes, optou-se por tratar estas questões na presente comunicação.

2 - PASSAGENS PARA PEIXES

2.1 - Enquadramento ecológico temático

A diminuição, e em muitos casos a extinção, em alguns sistemas fluviais, de espécies piscícolas diádromas de grande interesse económico (aquelas cujo ciclo de vida se completa em dois meios aquáticos distintos, como os sáveis, as enguias, as lampreias e os salmões), conduziu ao desenvolvimento da construção de dispositivos de transposição para peixes em barragens e estruturas hidráulicas transversais (BOCHECHAS, 1997). Contudo, embora a maior parte dos dispositivos de passagem seja vocacionado especialmente para espécies diádromas, várias espécies dulçaquícolas efectuem também migrações reprodutoras ou alimentares dentro dos próprios sistemas fluviais, normalmente entre o rio principal e afluentes de menor número de ordem (NORTHCOTE, 1978; SCHWALME *et al.*, 1985), como é o caso dos barbos e bogas ibéricos (FERREIRA *et al.*, 1997). Outros organismos menos conhecidos, como alguns invertebrados em certas fases do ciclo de vida, necessitam igualmente de poder passar para montante.

Por outro lado, o sistema fluvial apresenta como característica fundamental a existência de um transporte e processamento contínuo de água e materiais de montante para jusante, pelo que as descontinuidades provocadas por estruturas hidráulicas transversais alteram a estrutura e metabolismos comunitários (CORTES *et al.*, 1996 e 1997; FERREIRA e OLIVEIRA, 1996; VIEIRA *et al.*, 1996). Ou seja, é hoje reconhecida a necessidade da manutenção da capacidade do sistema fluvial para a movimentação de espécies e para o transporte de materiais ao longo do seu eixo.

A forma mais utilizada para manter condições de livre circulação ao longo de sistema fluvial é a construção de uma passagem para peixes, a qual constitui um caminho artificial alternativo ao curso de água, em que foi instalado um obstáculo intransponível ou dificilmente transponível. O princípio geral dos dispositivos de transposição de obstáculos para peixes consiste em atrair os migradores a um ponto determinado do curso de água, a jusante do obstáculo, e incitá-los ou obrigá-los a passar para montante abrindo-lhes um caminho com

água (passagens para peixes em sentido restrito) ou capturando-os numa cuba e largando-os a montante (ascensores e sistemas de captura e transporte) (LARINIER, 1992a).

Para que uma passagem para peixes seja eficaz, é necessário que os peixes encontrem a entrada sem dificuldades e que a transponham facilmente. Alguns aspectos ligados ao comportamento das espécies devem ser tidos em conta, em particular as condições hidrodinâmicas junto à entrada e dentro dos dispositivos. Algumas espécies são muito sensíveis a determinadas condições de escoamento. Quedas muito grandes, arejamento e turbulência excessivos, existência de zonas de recirculação e velocidades muito fracas, podem constituir impedimento para que os peixes utilizem as passagens (LARINIER, 1992a).

A eficiência das passagens para peixes depende, em larga escala, da capacidade dos engenheiros utilizarem os conhecimentos de fisiologia, ecologia e comportamento das espécies migradoras na sua concepção (PAVLOV, 1989). Não se deve, no entanto, pensar que as passagens para peixes, mesmo quando bem concebidas e bem implantadas, resolvem o problema da livre circulação das espécies piscícolas, substituindo as condições existentes antes da instalação do obstáculo. Constituem, no entanto, uma medida de recurso que permite atenuar, em grande parte, o impacte causado pela existência de uma barreira física.

2.2 - Tipos de passagens para peixes

Diversos factores interferem no dimensionamento e na escolha de um dispositivo de transposição de obstáculos para peixes. Entre estes, podem destacar-se as espécies piscícolas em causa, o desnível a vencer, bem como as suas variações, as características hidrológicas do curso de água e as características do obstáculo e da zona envolvente. As espécies piscícolas presentes no curso de água em questão são um factor determinante na escolha do tipo de dispositivo de passagem para peixes a instalar. As principais características do dispositivo a escolher, nomeadamente as condições hidrodinâmicas no seu interior, deverão ser compatíveis com a espécie que apresente características mais limitantes. A altura do obstáculo é outro aspecto a ter em conta na escolha do tipo de dispositivo, em particular quando se entra em linha de conta com aspectos económicos. As variações dos níveis de água a montante e a jusante são um factor muito importante a considerar, dado que certos tipos de dispositivos se adaptam melhor às grandes variações do nível de água que outros.

O consumo de água é também um factor a considerar, devendo escolher-se o tipo de dispositivo mais económico, sem prejuízo da sua eficiência (CLAY, 1961). Podem agrupar-se as passagens para peixes nos diferentes seguintes tipos:

- passagens de bacias sucessivas;
- passagens de deflectores ou tipo Denil;
- ascensores;
- eclusas.

As passagens de bacias sucessivas são as mais largamente utilizadas. O princípio geral de uma passagem de bacias sucessivas consiste em dividir a altura a transpor em várias quedas mais pequenas formando uma série de bacias. A passagem da água entre bacias pode efectuar-se por um ou mais descarregadores de superfície, por escoamento através de orifícios submersos ou por fendas verticais. Os principais parâmetros de uma passagem de bacias sucessivas são as dimensões das bacias e as características geométricas das paredes de separação entre estas (dimensões dos descarregadores, fendas e orifícios); são estas características geométricas que, em função dos níveis de água a montante e a jusante do dispositivo, determinam o comportamento hidráulico da passagem, ou seja o caudal escoado, a

diferença de nível de água entre duas bacias consecutivas ou a configuração do escoamento nas bacias (LARINIER, 1992b).

As passagens de deflectores ou do tipo Denil são constituídas por um canal rectilíneo de secção rectangular e com declive acentuado, geralmente entre 12 e 20%, onde são dispostos deflectores sobre o fundo e/ou nas paredes destinados a reduzir a velocidade média do escoamento (LARINIER, 1983). Os deflectores, de formas mais ou menos complexas, originam correntes secundárias helicoidais que asseguram uma forte dissipação de energia. Enquanto as passagens de bacias sucessivas se adaptam, de um modo geral, a uma grande variedade de espécies, as passagens de deflectores são relativamente selectivas e apenas se adaptam a certas espécies com elevadas velocidades de natação e de resistência.

A eclusa para peixes pode ser definida como um dispositivo para transposição de obstáculos pelos peixes que se baseia na elevação do nível de água numa câmara onde os peixes entraram ao nível de jusante, até que aquele atinja um nível igual ou próximo do de montante, de forma a que os peixes possam nadar livremente para a albufeira (CLAY, 1961). Embora as eclusas para peixes se apresentem eficazes para espécies como o salmão, na Irlanda e na Escócia (AITKEN *et al.*, 1966), nos Estados Unidos da América e em França foram consideradas, na sua maioria, ineficazes, tendo sido abandonadas e substituídas por passagens de bacias sucessivas ou por ascensores (TRAVADE e LARINIER, 1992a).

O maior inconveniente da eclusa para peixes reside no facto da sua capacidade de passagem ser geralmente reduzida, quando comparada com uma passagem para peixes propriamente dita, devido ao carácter descontínuo do seu funcionamento. A eclusa apenas efectua atracção (período de pescagem) durante um curto período de tempo. Durante os períodos de enchimento, de passagem dos peixes e de esvaziamento nenhuma atracção é exercida junto da entrada do dispositivo e qualquer peixe que se apresente nesta zona poderá abandoná-la antes que se inicie um novo período de pescagem (TRAVADE e LARINIER, 1992a).

O ascensor para peixes é um sistema mecânico cujo princípio de funcionamento consiste em capturar os peixes a jusante do obstáculo, para o interior de uma cuba contendo uma determinada quantidade de água, elevá-la e posteriormente largar os peixes a montante do obstáculo. As principais vantagens dos ascensores para peixes, relativamente a outros tipos de dispositivos, residem no seu baixo custo, não muito dependente da altura do obstáculo a transpor, no facto de ocuparem pouco espaço, de se adaptarem bem aos obstáculos e serem pouco sensíveis a variações do nível de água a montante (TRAVADE e LARINIER, 1992a). A sua concepção pode ainda revelar-se mais simples do que a de passagens clássicas de bacias sucessivas para espécies como o sável, que apresentam, por vezes, repulsa por escoamentos muito turbulentos (TRAVADE *et al.*, 1992).

2.3 - Diagnóstico da situação existente em Portugal

A generalidade dos tipos de passagem para peixes conhecidos foram desenvolvidos através dos trabalhos de investigação realizados num número restrito de países como os Estados Unidos, Canadá, Escócia e, mais recentemente, França. São, portanto, soluções para situações particulares, quer no que se refere às espécies envolvidas, quer às características dos cursos de água, em particular a sua hidrologia. Em Portugal não são conhecidos trabalhos de investigação nesta área. Deste modo, quando se começou a tomar consciência das implicações da construção de obstáculos intransponíveis nos cursos de água, optou-se pela importação de modelos de dispositivos que demonstraram eficácia nas condições para que foram desenvolvidos e para as espécies para que tinham sido originalmente projectados, mas que

nada garantia virem a apresentar bom comportamento para as espécies e cursos de água portugueses. Também não são conhecidos estudos destinados a fazer a sua adaptação às condições existentes em Portugal.

Entre as passagens para peixes actualmente existentes em Portugal, merecem especial destaque as que estão instaladas nos principais cursos de água e que foram construídas com o objectivo de garantir a livre circulação das espécies piscícolas migradoras diádromas (Quadro 1).

Quadro 1
Principais passagens para peixes existentes em Portugal.

Curso de água	Aproveitamento	Tipo de dispositivo	Desnível máximo (m)	Data de entrada em funcionamento
Lima	Touvedo	Ascensor	25	1993
Cávado	Penide	Bacias sucessivas	7,5	1970
Douro	Crestuma-Lever	Eclusa Borland	12	1986
	Carrapatelo	Eclusa Borland	31	1973
	Régua	Eclusa Borland	26	1973
	Valeira	Eclusa Borland	27	1976
	Pocinho	Eclusa Borland	20	1983
Tejo	Belver	Eclusa Borland	12	1987
Mondego	Coimbra	Bacias sucessivas	4,5	1983
Vouga	Grela	Bacias sucessivas	-	-

Embora existam algumas referências (LENCASTRE, 1981 e TAVEIRA, 1981), relativas à ineficácia das eclusas para peixes instaladas até àquela data nas barragens do Douro nacional, apenas recentemente se realizaram trabalhos em que se procurou, por um lado, determinar as causas dessa mesma ineficácia e, por outro, encontrar caminhos alternativos (ALEXANDRINO, 1990 e BOCHECHAS, 1996). Finalmente, VALENTE, *et al.* (1995) estudaram as espécies que utilizaram o ascensor do Touvedo.

A construção de passagens para peixes é um fenómeno relativamente recente em Portugal, sendo a referência mais antiga conhecida a passagem tipo Denil instalada na barragem de Belver aquando da sua construção em 1947. “Tal instalação não veio, contudo, a revelar-se suficiente para o fim em vista” (citação de um folheto da EDP denominado “Aproveitamento hidroeléctrico de Belver”, sem data). Este dispositivo foi destruído quando da primeira ampliação da central em 1971.

Com excepção do ascensor da barragem de Touvedo, de instalação muito recente, e cuja eficácia do funcionamento carece de verificação, todos os restantes dispositivos não têm cumprido, por variados motivos, os objectivos que levaram à sua construção, ou seja permitir às espécies piscícolas migradoras transporem as barragens em que se encontram instalados.

As primeiras referências, a que foi possível ter acesso, relativas à ineficácia de passagens para peixes instaladas em Portugal, são relativas à eclusa de Carrapatelo. TAVEIRA (1981) (palestra proferida em 1979), numa análise ao funcionamento daquele dispositivo, refere a dado passo: “Deve dizer-se que, quanto à eficiência do dispositivo, os resultados não parecem satisfatórios; de facto sempre que se inspecciona a passagem de peixes pelo visor instalado no canal superior verifica-se um movimento muito reduzido. Ao contrário, do lado de

jusante e junto à saída das turbinas, juntam-se em quantidade elevada os peixes que pretendem, nadando contra a corrente, forçar o caminho para aquelas máquinas. E são tão numerosos, em certas ocasiões...”

Ainda relativamente à eclusa de Carrapatelo, SILVA (1991) refere que as principais causas da ineficácia são as seguintes: a) localização inadequada da entrada; b) insuficiência do caudal de chamada (apenas 0,25 do módulo do rio); c) acção perturbadora dos jactos de chamada; d) reduzida velocidade de incitamento ao longo do canal superior; e) funcionamento das aberturas como orifício submerso; f) deficiente iluminação da câmara inferior.

Segundo SILVA (1991) e BOCHECHAS (1996), as mesmas causas estão presentes, em maior ou menor grau, nas outras eclusas para peixes dos aproveitamentos do Douro Nacional, o mesmo acontecendo, segundo ALEXANDRINO (1990) e BOCHECHAS (1996), com a eclusa de Belver, exceptuando a localização da entrada.

No que se refere às restantes passagens para peixes mencionadas no Quadro 1, não se conhecem quaisquer referências relativamente à sua eficácia. No entanto, a Direcção Geral das Florestas tem vindo a analisar as condições de funcionamento daqueles dispositivos, em particular as passagens de bacias sucessivas de Penide, Grela e Coimbra, tendo-se concluído que são completamente ineficazes e não se considerando sequer necessário proceder a qualquer estudo para determinar o seu grau de ineficácia.

Entre as causas da ineficácia daqueles dispositivos são de realçar, de uma forma genérica, as seguintes: a) má localização ou configuração da entrada; b) caudal insuficiente para uma boa atractividade; c) velocidades da água, no interior dos dispositivos, acima dos valores suportados pelas diversas espécies piscícolas; d) incorrecto dimensionamento das bacias, dos descarregadores e dos orifícios; e) concepção geral dos dispositivos desajustada das exigências das espécies.

Nas restantes barragens construídas, ao longo dos anos, em Portugal, nunca se considerou necessário proceder à instalação de passagens para peixes, não havendo, na realidade, uma tradição e um conhecimento nesta área.

A partir de 1990, com o início da construção de um grande número de pequenos aproveitamentos hidroeléctricos (mini-hídricas), surgiu a preocupação pelos problemas da instalação de barreiras físicas nos cursos de água, uma vez que para além das espécies diádromas, como o salmão, outras espécies realizam migrações de desova ou alimentares dentro do próprio rio, em direcção aos tributários, como as bogas, os barbos e as trutas. Entre 1990 e 1997, foram instaladas ou estão em fase de projecto ou construção 68 passagens para peixes, todas de bacias sucessivas, destinadas a serem utilizadas por espécies tais como a truta, a boga e o barbo (Quadro 2).

Quadro 2

Passagens para peixes em aproveitamentos hidroeléctricos (A.H.). Números referentes à situação portuguesa no período entre 1990 e 1997.

A.H. projectados entre 1990 e 1997 e analisados pela DGF	A. H. com obrigatoriedade de instalação de passagem para peixes	Passagens para peixes construídas com processo de aprovação concluído	Passagens para peixes em projecto ou em fase de construção
125	81	12	56

2.4 - Avaliação do desempenho das passagens para peixes

Associadas à construção de passagens para peixes, devem ser implementadas operações de avaliação das suas condições de funcionamento e eficácia. Aquelas operações são importantes sob diversos pontos de vista: verificação da eficácia de dispositivos novos, ajustamento das suas características caso seja necessário, conhecimento das populações de peixes migradores e das características das suas migrações, recolha de informação técnica e biológica destinada aos projectos e optimização de futuros dispositivos, assim como para uma gestão racional das populações piscícolas migradoras (TRAVADE, 1990).

Para além dos aspectos referidos, há ainda a salientar a importância da avaliação da eficácia de dispositivos já construídos que não tenham sido objecto de estudo, desconhecendo-se, portanto, o seu grau de eficácia. As técnicas utilizadas incluem o controlo do funcionamento hidráulico e mecânico do dispositivo, a recolha de informações biológicas qualitativas indicadoras da forma como se processa a transposição do obstáculo, a contagem dos peixes que transitam pelo dispositivo e a relação entre passagens pelo dispositivo e população migrante, o que representa a eficácia real do dispositivo (TRAVADE e LARINIER, 1992b).

Torna-se, deste modo, indispensável acompanhar o funcionamento daqueles dispositivos, determinar o seu grau de eficácia, de modo a corrigir eventuais erros e a obter um conhecimento adaptado aos rios portugueses e às espécies existentes, de forma a ultrapassar a fase actual, em que se tem procedido praticamente à cópia das soluções descritas na bibliografia, sem, por vezes, haver a certeza de serem as mais adequadas.

No decorrer de 1998, terá início um programa de monitorização do ascensor para peixes da barragem de Touvedo no rio Lima e das passagens para peixes instaladas em cinco mini-hídricas, promovido pela Direcção Geral das Florestas em colaboração com o Departamento de Engenharia Florestal do Instituto Superior de Agronomia.

2.5 - Medidas a implementar

As principais medidas que se julga ser necessário implementar a curto prazo são:

- Criação de instrumentos legais que, para além da obrigatoriedade de instalação de dispositivos de passagem para peixes, consignem os critérios a que deve obedecer o dimensionamento daqueles dispositivos e ainda a obrigatoriedade de demonstração da eficácia dos mesmos por parte dos donos de obra e concessionários.
- Estabelecimento de um programa nacional de avaliação da eficácia das passagens existentes e estudo da tecnologia conducente à sua eventual reabilitação.
- Promoção de trabalhos de investigação na área das passagens para peixes, em particular nos aspectos ligados à relação do comportamento e da biomecânica das nossas espécies piscícolas com as condições hidráulicas dos dispositivos, que permitam o desenvolvimento de tecnologias próprias.
- Reforço da fiscalização das condições de funcionamento das passagens para peixes.

3 - GESTÃO INTEGRADA DE ALBUFEIRAS

3.1 - Enquadramento ecológico temático

Em termos ecológicos, podemos reconhecer nas albufeiras uma *zona litoral*, geralmente inestruturada, mais ou menos declivosa e lexiviada, quase sempre com pouca vegetação aquática e poucos abrigos subaquáticos. O tipo e estrutura da zona litoral pode contudo, variar, e depende da morfologia e do declive das margens da albufeira, da geologia das zonas inundadas, das flutuações do nível da albufeira e da produtividade desta (FERREIRA *et al.*, 1997). O tipo mais comum de zona litoral é o enunciado e corresponde em geral a albufeiras hidroeléctricas, instaladas em terrenos geológicos antigos (e.g. Castelo de Bode, Fratel, Cabril). Contudo, albufeiras de uso agrícola já apresentam características mais variáveis: pouco profundas, situadas em solos ricos em nutrientes, com intensa actividade agrícola na bacia de drenagem, com abundantes faixas de vegetação marginal emergente, como Monte Novo e Divor; com pequenas flutuações de nível da água e uso agrícola aquém do esperado, águas transparentes e extensos bancos de vegetação dentro de água, como Santa Clara e Azibo; com grandes flutuações do nível da água, grande produtividade planctónica, muito turvas, quase sem vegetação aquática, como Montargil e Vale do Gaio. Quando ocorrem margens suaves e bem estruturadas, surge em geral abundante vegetação emergente e submersa e comunidades abundantes de macroinvertebrados. Contudo, as constantes flutuações do nível da água causam escassa estruturação no bentos litoral.

Outra zona existente em albufeiras é a *zona pelágica*, dominada pelas algas do fitoplancton e os microinvertebrados do zooplancton. De uma forma geral, verifica-se que o plancton de albufeiras ibéricas é dominado por formas ubíquas e oportunistas, capazes de suportar um meio constantemente sujeito a variações do nível da água. O fenómeno frequente de eutrofização (e baixas razões N:P a ela associadas) resulta no desenvolvimento de macroclorofícias e cianofícias, de difícil ingestão para o zooplancton, o que, associado a entradas de matéria orgânica alóctone geralmente elevadas, resulta em cadeias alimentares de via essencialmente detritica (GRANADO-LORENCIO e SANCHO-ROYO, 1986), pouco complexas e diversificadas em comparação com as de lagos. Sob a zona pelágica, encontra-se a *zona profunda*, muito mineralizada e obscura. As flutuações de nível e o aumento da produtividade dos ecossistemas criam, em muitos casos, condições de desoxigenação em profundidade. É uma zona dominada por oligoquetas detriticos e microcarnívoros como o díptero *Procladius* (PRAT, 1993).

A larga maioria dos peixes fluviais portugueses não encontra condições de sobrevivência nas albufeiras, onde não existem zonas de pouca profundidade, com velocidade da corrente moderada, habitats marginais diversificados e abundância de detritos vegetais e animais, fitobentos e macroinvertebrados de que se alimentam. Em contraste com as variações hidrológicas extremas, mas sazonalmente síncrona, de um rio mediterrâneo, uma albufeira apresenta variações ambientais erráticas e ininteriorizáveis biologicamente, num ambiente frequentemente de má qualidade (GRANADO-LORENCIO, 1992; 1997). Por isso, a fauna piscícola de albufeiras é composta por poucas espécies, incluindo sobretudo espécies nativas potamódromas (barbos e bogas, que realizam migrações de desova da albufeira para os afluentes) e espécies exóticas (como a carpa, perca-sol, achigã, gambúsia, chanchito e o lúcio) introduzidas intencional ou não intencionalmente (FERREIRA *et al.*, 1997).

As flutuações do nível da água resultantes dos usos para os quais as albufeiras são criadas, têm uma forte acção erosiva sobre a zona litoral, aumentam a turvação da água e a produtividade biológica e impedem a vegetação marginal e os invertebrados de se

estabelecerem. A magnitude das alterações depende da morfometria da albufeira, e da frequência, época, duração e velocidade das flutuações, podendo daí resultar comunidades litorais muito diferentes em diversidade e abundância (FERREIRA *et al.*, 1997).

A redução do nível da água, sobretudo na Primavera-Verão determina a perda de habitats marginais, ainda maior diminuição da área alimentar disponível para as populações piscícolas devido à estratificação térmica e um elevado risco de destruição das posturas das espécies sedentárias (KUBEKA, 1993). O período de estratificação térmica afecta a distribuição das espécies em geral, e condiciona o regime alimentar das bentónicas/detríticas, já que durante este período, em albufeiras média a muito produtivas, o volume explorável se reduz em geral ao epilimnion. A diminuição do nível também dificulta a saída para a desova (e o regresso após reprodução) das espécies que desovam nos afluentes e, ao concentrar presas e predadores, incrementa o crescimento destes (GODINHO e FERREIRA, 1994). Pelo contrário, um aumento de nível da água favorece as espécies oportunistas que comem insectos terrestres e aquáticos. As variações do nível afectam principalmente as espécies como o achigã e a perca-sol, cujos juvenis vivem nas margens, e a diminuição do nível afecta o seu recrutamento (WILLIS, 1986). Outros factores actuam em conjunto com estes, especialmente a temperatura e a turvação.

As flutuações do nível da água e a eutrofização, no seu conjunto, provocam a desoxigenação extensiva da área pelágica profunda e diminuem o volume e a superfície de fundo potencialmente explorável pelos peixes. A área vital disponível fica circunscrita a uma estreita faixa superficial pelágica, dificilmente explorável pelas espécies existentes. Contudo, numa situação de eutrofização extrema, dá-se o desenvolvimento de macro-clorofícias, diatomáceas coloniais e cianofíceas produtoras de toxinas, de difícil ingestão para o zooplankton, que tornam o ambiente muito inóspito igualmente para as populações piscícolas (FERREIRA *et al.*, 1997).

As albufeiras são assim sistemas artificiais de características habitacionais pouco diversificadas, com comunidades biológicas pouco complexas e resilientes, sujeitas a um nível de *stress* muito elevado, imposto pelo uso do sistema (THORNTON *et al.*, 1990), que se encontra consubstanciado em duas vertentes: i) a extracção de água e respectivas flutuações de nível; ii) actividades de uso da bacia de drenagem com consequências na carga orgânica e nutritiva, ou seja, na eutrofização e poluição da água.

3.2 - Diagnóstico da situação existente em Portugal

O conhecimento do funcionamento ecológico das albufeiras ibéricas é escasso, fragmentário e recente (FERREIRA *et al.*, 1997). Alguns temas de bio-ecologia são regular e pontualmente abordados, devido às suas relações com problemas de saúde pública ou a implicações ambientais. É o caso, por exemplo, de trabalhos sobre cianobactérias e a produção de cianotoxinas; de turvações biogénicas extremas associadas a situações de eutrofização com implicações no tratamento de águas de abastecimento; de mortalidades de peixe provocadas por desoxigenações abruptas ou esvaziamento de albufeiras. Não existe contudo uma caracterização tipológica das comunidades e estado ecológico de albufeiras, nem uma monitorização biológica destas, conducente a uma visão evolutiva permanente e a uma gestão individualizada.

Dois tipos de entidades são particularmente intervenientes na gestão de albufeiras públicas. Os usufrutuários (como as associações de regantes e beneficiários e as empresas de produção de electricidade) são responsáveis pela gestão quantitativa e pela sua qualidade

(entendida em geral como qualidade físico-química), sob a égide do instituto tutelar (Instituto da Água) e instrumentos legais e de planeamento existentes. Esta gestão é apenas efectuada sobre o recurso hídrico e sua qualidade para efeitos de uso humano (abastecimento, lazer, etc), não sendo até ao momento efectuada em conjunto e de acordo com o funcionamento ecológico destas massas de água.

Por sua vez, a Direcção Geral das Florestas e as Direcções Regionais de Agricultura (/DRA's) gerem os recursos piscícolas de uma forma isolada e independente do seu uso hídrico, regendo-se por legislação independente (Decreto-Lei nº44623 de 10 Outubro de 1962, e legislação associada), não existindo pontes institucionais dirigidas no sentido de uma acção conjunta de gestão. Globalmente, estes dois tipos de acções de gestão hídrica assumem aspectos de conflito de interesses, exemplificado pela frequente diminuição dos níveis da água durante a época de desovas, com consequências importantes a nível dos recrutamentos.

3.3 - Medidas a implementar

As principais medidas a que se julga ser necessário implementar a curto prazo são:

- Definição de uma tipologia ecológica de albufeiras e das interacções desta com o seu uso hidráulico e implementação de uma monitorização ecológica, instrumento-base da gestão individualizada e integrada de albufeiras.
- Concertação anual do regime de descargas com a gestão das populações piscícolas, nomeadamente evitando grandes descargas em épocas de desova e promovendo a retenção da água em épocas de recrutamento. Ambas estas acções a serem desenvolvidas pelo usufrutuário, sob fiscalização da DGF e DRA's.
- Concertação das acções de gestão de recursos hídricos, de gestão ecológica e gestão piscícola, para cada albufeira, através de um quadro legislativo e administrativo apropriado, que poderia passar por activar estruturas ou legislação já existentes, como as Comissões Regionais de Pesca ou os Planos de Ordenamento de Albufeiras Classificadas.
- Profilaxia e controle das cargas nutritivas afluentes e do processo de eutrofização. A maior parte das acções deste item dizem respeito ao controle de actividades poluidoras na bacia de drenagem (e em consequência transcendem o âmbito ecohidráulico). Contudo, parece também essencial garantir a possibilidade de descargas de água a várias alturas, por forma a ser descarregada água epilimnética, quente e exportadora de microorganismos, e não água hipolimnética, fria e com elevada carga de nutrientes inorgânicos

4 - CAUDAIS ECOLÓGICOS

4.1 - Enquadramento ecológico temático

Muitas zonas da Península Ibérica apresentam grande irregularidade hídrica, daí resultando uma distribuição dos recursos hídricos potenciais menos adequada, no tempo e no espaço, às actividades humanas, sejam estas produção hidroeléctrica, regadio ou abastecimento de água potável. Este facto motivou a construção de um número significativo de barragens (mais de 1100 grandes barragens, num território quase sem grandes lagos naturais, excepção feita aos de Sanábria e Bañolas), a maioria delas criando albufeiras de regularização.

Entre os vários tipos de alterações ecológicas provocadas pelas albufeiras, um dos mais importantes é a alteração profunda do regime de caudais a jusante, nomeadamente a redução

em frequência e em magnitude dos caudais de cheia, a manutenção de caudais estivais superiores aos naturais e, de uma forma geral, a desvirtuação do regime natural de caudais anteriormente existente (PETTS, 1988). Face à progressiva constatação das alterações ecológicas verificadas (JALON *et al.*, 1992; FERREIRA e OLIVEIRA, 1997), na sua maior parte lesivas das espécies e ecossistemas, a imposição de caudais ecológicos nos cursos de água tem vindo, cada vez mais, a ser reconhecida como uma necessidade.

A noção de caudal ecológico está hoje associada a uma série temporal de valores de caudal que tem em conta as necessidades das espécies ao longo dos seus ciclos de vida, de acordo com o regime hidrológico natural (STALNAKER, 1987; GORE E NESTLER, 1988; GORE *et al.*, 1992), pelo que será mais correcto referir-se um *regime de caudais ecológico*.

Os caudais ecológicos tem sido calculados essencialmente através de métodos baseados em registos de caudais, na relação entre certos parâmetros hidráulicos e o caudal, e na relação entre parâmetros habitacionais e o caudal. A maioria dos métodos de determinação de caudais ecológicos foi inicialmente desenvolvida para rios salmonícolas nas décadas de 60 e 70. Contudo, enquanto os métodos mais antigos tinham pouco em conta a especificidade ecológica das populações piscícolas a que se destinavam, a maior parte das alternativas de métodos mais recentes reivindica uma base ecológica estrutural, nomeadamente a metodologia incremental e o método do caudal base (e.g. GORDON *et al.*, 1992; PALAU e ALCAZAR, 1996), aliás frequentemente posta em causa, sobretudo para populações não salmonícolas e para rios de zonas temperadas quentes (e. g. ZORN e SEELBACH, 1995).

4.2 - Diagnóstico da situação existente em Portugal

A obrigatoriedade de manutenção de regimes de caudais ecológicos não está prevista na legislação portuguesa de forma explícita, embora a necessidade de ter em conta a conservação dos ecossistemas aquáticos conste do articulado da Lei de Bases do Ambiente (Lei nº11/87 de 7 de Abril), do articulado do Decreto-Lei nº70/90 de 2 de Março e do Decreto-Lei nº44623 de 10 Outubro de 1962, que regulamenta a Pesca em Águas Interiores, bem como se encontra implícita nas atribuições do Instituto da Água e das DRARN's expressas nos Decretos-Lei nº 191/93 e 190/93, de 24 de Maio, respectivamente.

O método correntemente utilizado em Portugal baseia-se na análise do registo de caudais, indicando como valor a seguir 2 a 5% do caudal modular do curso de água, a ser mantido em todos os meses do ano (HENRIQUES e ALVES, 1995). Embora seja tacitamente obrigatória a inclusão do caudal ecológico nos actuais projectos de engenharia hidráulica, não se encontra expressa na legislação uma metodologia recomendada para a sua determinação, nem tão pouco a obrigatoriedade da sua verificação durante a exploração da obra, pelo que as acções fiscalizadoras da DGF são pontuais e inevitavelmente não conclusivas, e a prevaricação não é demonstrável, não sendo, por isso, passível de punição.

Embora se aceite a necessidade de implementação de um regime de caudais ecológicos para cada sistema fluvial, ou seja, um conjunto de caudais médios de base mensal que contemple a manutenção da variação sazonal natural de dado curso de água, não foi até ao momento definido em Portugal sequer o método recomendado para a sua determinação. Entre os métodos testados, encontra-se apenas a aplicação da metodologia incremental no rio Guadiana em 1985 (COSTA, 1988; COSTA *et al.*, 1988) e mais recentemente no rio Tuela (Douro) (ALVES, 1993). Encontram-se igualmente em curso estudos sobre caudal ecológico financiados pelo INAG, nomeadamente de colaboração com a Universidade de Évora e outras Instituições (VALENTE *et al.*, 1997), e no âmbito do Prémio Água e Progresso da APRH,

com o objectivo de testar a metodologia incremental e outras, e definir uma metodologia apropriada para a determinação do regime de caudais ecológicos a implementar em Portugal.

4.3 - Medidas a implementar

As principais medidas a que se julga ser necessário implementar a curto prazo são:

- Adopção legal de uma metodologia de determinação de regimes de caudais ecológicos para rios portugueses, tendo em conta que a maior parte dos sistemas fluviais portugueses são de carácter ciprinícola ou misto e, portanto, é pouco provável a possibilidade de importação directa de metodologias específicas para rios salmonícolas.
- Criação dos instrumentos legais de actuação, nomeadamente a(s) metodologia(s) recomendada(s) e as situações fluviais em que se aplicam, a obrigatoriedade de incluir no projecto das obras hidráulicas de retenção e derivação órgãos hidromecânicos específicos para caudais ecológicos e ainda a obrigatoriedade de criar esquemas de registo permanente de caudais ecológicos nas obras a construir e também nas obras já existentes em que tal seja julgado pertinente, que seriam analisados por uma entidade fiscalizadora, nomeadamente a DGF.

5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Do anteriormente exposto, ressalta o longo caminho que ainda há a percorrer, e mesmo a traçar, no domínio da gestão ecohidráulica dos sistemas hídricos. Para o conseguir, haverá que incentivar o estudo das questões que se levantam dos pontos de vista científico e técnico, incentivo esse que deverá estar inserido numa política mais vasta, a definir claramente pelo Governo, que vise a racional protecção ambiental e que esteja baseada numa vontade firme de alterar procedimentos instalados e práticas menos adequadas.

No seguimento da processo legislativo que deverá enquadrar a política de gestão ecohidráulica, e sem o qual o quadro actual não se deverá alterar significativamente, no que se refere aos níveis de actuação que poderão ser rapidamente implementados, face ao conhecimento científico já acumulado, deverão ser tomadas as necessárias medidas orgânicas e orçamentais. Em relação aos níveis de actuação cuja implementação carece de ser ensaiada e a outros que ainda necessitem de investigação, deverão ser tomadas as medidas que estimulem as instituições e os organismos de investigação competentes a encontrar as respostas mais adequadas.

O processo de planeamento dos recursos hídricos, que presentemente se está iniciar, e que irá contribuir para um melhor conhecimento dos ecossistemas aquáticos e dos condicionamentos à utilização daqueles recursos, poderia e deveria ser aproveitado para lançar as bases de tal política .

6 - BIBLIOGRAFIA

- AITKEN, P.L., DICKERSON, L.H. e MENZIES, W.J.M. (1966) – “Fish Passes and Screens at Water Power Works”. *Proc.Inst. Civ. Eng.*, 35:29-57.
- ALEXANDRINO, P. (1990) – “Dispositivos de Transposição de Barragens para Peixes Migradores em Deslocação para Montante”. Trabalho de síntese para efeitos do disposto no número 2 do artigo 58º do Decreto-Lei 448/79 de 13 de Novembro, Porto.
- ALVES, M.H. (1993) – “Métodos de Determinação do Caudal Ecológico”. Tese de Mestrado. Instituto Superior Técnico. 162 p.
- BOCHECHAS, J. (1997) - “As Passagens para Peixes como Medida Mitigadora de Impactes das Barragens nas Populações Piscícolas”. *Actas do IV Simpósio Luso-Brasileiro de Recursos Hídricos (III Silubesa)*. Volume I. Maputo. 6 p.
- BOCHECHAS, J. (1996) – “Condições de Funcionamento e de Eficácia de Eclusas para Peixes: Casos das Barragens de Crestuma-Lever e de Belver”. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Hidráulica e Recursos Hídricos. Instituto Superior Técnico, Lisboa.
- CLAY, C.H. (1961) - “Design of Fishways and other Fish Facilities”. Department of Fisheries of Canada (Publ.), Ottawa, 301p.
- CORTES, R.M., FERREIRA, M.T. e PINHEIRO, A.N. (1997) - “Efeitos de Pequenas Obras Transversais sobre os Ecossistemas Fluviais: Os Casos dos Açudes dos Rios Poio e Balsemão”. *Actas do Simpósio sobre Aproveitamentos Hidroeléctricos*. Associação Portuguesa de Recursos Hídricos. Lisboa. 10 p.
- CORTES, R.M., FERREIRA, M.T., PINHEIRO A., VIEIRA P.A., SAMPAIO A. e RELVAS, A. (1996) - “Avaliação do Impacte Ecológico de Pequenas Obras Transversais em Cursos de Água”. *Actas do 3º Congresso da Água*, pp. 222-228.
- COSTA, M.J., GOMES, J.M., BRUXELAS, A. e DOMINGOS, M.J. (1988) - “Efeitos previsíveis da construção da barragem do Alqueva sobre a ictiofauna do rio Guadiana”. *Revista de Ciências Agrárias*, 11:144-163
- COSTA, M.J. (1988) – “Utilização de Curvas de Probabilidade de Uso de Habitat em Estudos de Determinação de Impacte Ambiental nos Peixes”. *Actas do Colóquio Luso-Espanhol sobre Ecologia das Bacias Hidrográficas e Recursos Zoológicos*. Faculdade de Ciências do Porto, Maio, pp. 73-79
- FERREIRA, M.T. e OLIVEIRA, J.M. (1995-1996) - “Gestão de Lampreia Marinha *Petromyzon marinus* no Rio Tejo”. *Anais do Instituto Superior de Agronomia*, 45:401-439
- FERREIRA, M.T., GODINHO, F.N. e ALBUQUERQUE, A. (1997) - “Formas de Uso Sustentado das Comunidades Piscícolas em Albufeiras e sua Conciliação com Outros Usos”. *Actas do Simpósio sobre Aproveitamentos Hidroeléctricos*. Associação Portuguesa de Recursos Hídricos. Lisboa. 14 p.
- GODINHO, F.N. e FERREIRA, M.T. (1994) - “Diet Composition of Largemouth Black Bass, *Micropterus salmoides*, in Southern Portuguese Reservoirs”. *Fisheries Management and Ecology* 1: 129-137.
- GORDON, N.D., MACMAHON, T.A. e FINLAYSON, B.L. (1992) – “Stream Hydrology: An Introduction for Ecologists”. John Wiley & Sons. Chichester.
- GORE, J.A. e NESTLER, J.M. (1988) - “Instream Flow Studies in Perspective”. *Regulated Rivers. Research and Management*, 2:93-101.
- GORE, J.A., LAYZER, J.B. e RUSSEL, I.A. (1992) - “Non-Tradicionnal Applications of Instream Flow Techniques for Conserving Habitat of Biota in the Sabie River of Southern Africa”. In Boon, P.J., Calow, P. e Petts, G.E. *River Conservation and Management*. John Wiley & Sons. Chichester. pp. 161-177.

- GRANADO-LORENCIO e SANCHO-ROYO, F. (1987) - "Produccion Piscicola en Site Embalses Españoles. Memoria de un Proyecto y Resultados Preliminares". *Actas del IV Congreso Español de Limnologia*: 359-368.
- GRANADO-LORENCIO, C. (1992) - "Fish Species Ecology in Spanish Freshwater". *Systems. Limnetica*, 8: 255-261
- GRANADO-LORENCIO, C. (1997) - "Ictiofauna de Embalses Españoles: Ideas para su Conservacion". In *Conservacion, Recuperacion y gestion de la ictiofauna continental Ibérica*. Editado por C. Granado-Lorencio. Publicaciones de la Estacion de Ecologia Aquatica. Sevilla.
- HENRIQUES, A.G. e ALVES, M.H. (1995) "O Caudal Ecológico como Medida de Minimização dos Impactes nos Ecosistemas Fluviais". 7 p. (dactilografado).
- JALON, D.G.; TANAGO, M.G.; CASADO, C. (1992) - "Ecology of Regulated Streams in Spain: An Overview". *Limnetica*, 8:161-167
- KUBECKA, J. (1992) - "Fluctuations in Fyke-Net Catches During the Spawning Period of the Eurasian Perch in the Rimov Reservoir". *Fish. Res.* 15: 157-167.
- LARINIER, M. (1992) - "Generalités sur les Dispositifs de Franchissement". *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 326-327: 15 -19.
- LARINIER, M. (1992) - "Passes à Bassins Successifs, Prébarrages et Rivières Artificielles". *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 326-327: 45 -72.
- LARINIER, M., (1983) - "Guide pour la Conception des Dispositifs de Franchissement des Barrages pour les Poissons Migrateurs". *Bull. Fr. Pisc.*, numéro spécial, 39 p.
- LENCASTRE, E., (1981) - "Apreciação ao Actual Funcionamento dos Dispositivos de Passagem para Peixes Existentes no Rio Douro - Sugestões para uma Eficiente Actividade e para o seu Controlo. In: Povoamento Piscícola do Rio Douro" - Ciclo de Palestras, Porto, Out. a Dez. de 1979, Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos, pp. 40 - 44.
- NORTHCOTE, T.G. (1978) - "Migratory Strategies and Production in Freshwater Fishes". In Gerking, S.D. *Ecology of Freshwater Fish Production*. Blackwell Scientific Publ. Oxford. pp. 326-359.
- PALAU, A. e ALCAZAR, J. (1996) - "The Basic Flow: An Alternative Approach to Calculate Minimum Environmental Instream Flow". *2nd International Symposium on Habitat Hydraulics*. Toronto. pp. A574-558
- PAVLOV, D.S. (1989) - "Structures Assisting the Migrations of Non-Salmonids: U.S.S.R.", *FAO Fisheries Technical Paper* 308, Rome, Italy, 97 p.
- PETTS, G. E. (1984) *Impounded Rivers. Perspectives for Ecological Management*. John Wiley & Sons. Chichester.
- PINHEIRO, A., FERREIRA, M.T. e QUINTELA, A.C. (1996) - "A Ecohidráulica e a Conciliação de Obras de Engenharia Fluvial com os Ecosistemas Aquáticos". *Actas do 3º Congresso Nacional da Água*, pp. 136-144.
- PRAT, n (1993) - "El Zoobenthos de los Lagos y Embalses Españoles". *Actas del VI Congreso Español de Limnologia. ICE* 13: 11-22.
- SCHWALME, K., MACKAY, W.C. e LINDNER, D. (1985) - "Suitability of Vertical Slot and Denil Fishway for Passing North-Temperate Non-Salmonid Fish". *Can. Journ. Fish Aquat. Sci.*, 42:1815-1822
- SILVA, J.M.D. (1991) - "Dispositivos para Passagem de Peixes nos Aproveitamentos Hidroeléctricos da EDP. Situação Existente e Perspectivas para o Futuro". EDP.
- STALNAKER, C.B. (1987) - "The Use of Habitat Structure Agenda for Establishing Flow Regimes for Maintenance of Fish Habitat". In Ward, J.V. e Stanford, J.A. *The Ecology of Regulated Rivers*. Plenum Press. New-York.

- TAVEIRA, A.A.S. (1981) - “Dispositivos de Transposição de Peixes Existentes no Rio Douro”. In: *Povoamento piscícola do rio Douro - Ciclo de palestras*, Porto, Out. a Dez. de 1979, Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos, pp. 25-38.
- THORNTON, K.W., KIMMEL, B.L. e PAINE, F.E. (1990) - *Reservoir Limnology. Ecological Perspectives*. Wiley-Interscience.
- TRAVADE, F. (1990) - “Monitoring techniques for Fish Passes Recently Used in France”. *Proc. Int. Symp. on Fishways*, Gifu, Japan, pp. 119-126.
- TRAVADE, F. e LARINIER, M. (1992) - “Écluses et Ascenseurs à Poissons”. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 326-327: 95 -110.
- TRAVADE, F. e LARINIER, M. (1992) - “Les Techniques de Contrôle des Passes à Poissons”. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 326-327: 151 -164.
- TRAVADE, F., LARINIER, M., TRIVELLATO, D. e DARTIGUELONGUE, J., (1992) – “Conception d’un Ascenseur à Poissons Adapté à Alose (*Alosa alosa*) sur un Grand Cours d’Eau: L’ascenseur de Golfech sur la Garonne”. *Hydroécol. Appl.* Tome 4 Vol 1, pp. 91-119.
- VALENTE, A, GONÇALVES, F. E MAIA, C. (1995) – “Controle do Dispositivo da Transposição da Barragem do Touvedo: Resultados Preliminares sobre a Componente Íctica do Rio Lima”. *Actas do III Congresso do Instituto de Conservação da Natureza. Ecossistemas Ribeirinhos*. Lisboa Novembro, pp.
- VALENTE, A., HENRIQUES, A.G., BERNARDO, J.M., RIBEIRO, L., ALVES, M.H., MATIAS, P. e MORAIS, S. (1997) “*Definição de uma Metodologia para Determinação de Caudais Ecológicos em Sistemas Fluviais Portugueses*”. Proposta de Trabalho para o Prémio Água e Progresso de 1996/97. APRH. Lisboa. (não paginado)
- VIEIRA, P.A., FERREIRA, M.T. e CORTES, R.M. (1996) - “Qualidade Biológica da Ribeira de Raia e Influência da Regularização Fluvial”. *Actas da 5ª Conferência Nacional da Qualidade do Ambiente*, pp. 134-140
- WILLIS, D. (1986) - “Review of Water Level Management on Kansas Reservoirs”. *Reservoirs Fisheries Management Strategies for the 80's*. American Fisheries Society, pp. 110-114.
- ZORN, T.G. e SEELBACH, P.W. (1995) – “The Relation Between Habitat Availability and Short-Term Carrying Capacity of a Stream Reach for Smallmouth Bass”. *North American Journal Fisheries Management*, 15(4):773-783