

**ASSOCIAÇÃO BENEFICIÁRIOS DO PLANO DE
REGA DO SOTAVENTO ALGARVIO**

**ESTUDO PRÉVIO
E ESTUDO DE IMPACTE AMBIENTAL
DA BARRAGEM DA FOUPANA**

ESTUDO DE IMPACTE AMBIENTAL

RELATÓRIOS TÉCNICOS

**VOLUME 2 – SISTEMAS DE TRANSPONIBILIDADE
PISCÍCOLA**

JULHO 2026

INFORMAÇÃO DO PROJETO

Cliente: Associação de Beneficiários do Plano de Rega do Sotavento do Algarve (ABPRSA)

Nome do Projeto: Estudo Prévio e Estudo de Impacte Ambiental da Barragem da Foupana

RFP N.º: Processo 1 / 2024

País: Portugal

Data de Assinatura do

Contrato: 20 de maio de 2024

Autores: AQUALOGUS, Engenharia e Ambiente, Lda. (AQUALOGUS)

INFORMAÇÃO DO ENTREGÁVEL

Entregável: **Estudo de Impacte Ambiental Condicionado**

Escrito em: Português

Preparado por: AQUALOGUS

Rev. N.º	Ref.:	Data	Elaborado	Verificado	Aprovado
0	332.01.02	13/12/2024	FMR, FNG, IFP, PAP	DGE, FMR	FMR
1	332.01.02	30/07/2026	FMR, FNG, IFP, PAP	PAP	FMR

ÍNDICE GERAL

ÍNDICES

TEXTO

ÍNDICES

**ASSOCIAÇÃO DE BENEFICIÁRIOS DO PLANO
DE REGA DO SOTAVENTO DO ALGARVE
BARRAGEM DA FOUPANA**

ESTUDO DE IMPACTE AMBIENTAL

ÍNDICE DE VOLUMES

RELATÓRIO

VOLUME 1 – PEÇAS ESCRITAS

TOMO 1 – CAPÍTULOS INTRODUTÓRIOS

TOMO 2 – CARACTERIZAÇÃO DA SITUAÇÃO DE REFERÊNCIA

TOMO 3 – AVALIAÇÃO DE IMPACTES

TOMO 4 – MITIGAÇÃO, MONITORIZAÇÃO E CONCLUSÕES

VOLUME 2 – PEÇAS DESENHADAS

RELATÓRIOS TÉCNICOS

VOLUME 1 – REGIME DE CAUDAIS DE MANUTENÇÃO ECOLÓGICA

VOLUME 2 – SISTEMAS DE TRANSPONIBILIDADE PISCÍCOLA

VOLUME 3 – SIMULAÇÃO DE QUALIDADE DA ÁGUA DA ALBUFEIRA DA FOUPANA

VOLUME 4 – SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL

RESUMO NÃO TÉCNICO

**ASSOCIAÇÃO DE BENEFICIÁRIOS DO PLANO DE REGA
DO SOTAVENTO DO ALGARVE
BARRAGEM DA FOUPANA
ESTUDO DE IMPACTE AMBIENTAL**

**RELATÓRIOS TÉCNICOS
VOLUME 2 – SISTEMAS DE TRANSPONIBILIDADE PISCÍCOLA**

ÍNDICES

TEXTO	Pág.
1 ENQUADRAMENTO	5
2 OBJETIVOS DOS SISTEMAS DE TRANSPOSIÇÃO PISCÍCOLA.....	7
3 COMUNIDADE ICTIOFAUNÍSTICA ALVO.....	9
4 SOLUÇÕES PARA TRANSPOSIÇÃO PISCÍCOLA.....	11
4.1 BACIAS SUCESSIVAS	11
4.2 DEFLECTORES OU PASSAGENS DO TIPO DENIL	12
4.3 ECLUSAS.....	13
4.4 ASCENSORES.....	14
4.5 PASSAGENS NATURALIZADAS.....	16
4.6 PASSAGENS PARA ENGUIAS	17
4.7 FISH TUBES - CANHÕES	19
4.8 SISTEMAS COMBINADOS.....	19
4.9 TRANSLOCAÇÃO DE EXEMPLARES PISCÍCOLAS.....	22
4.10 SÍNTESE	23
5 APLICAÇÃO À BARRAGEM DA FOUPANA.....	25
5.1 REQUISITOS BIOLÓGICOS E HIDRÁULICOS PARA IDENTIFICAÇÃO DE SOLUÇÕES.....	25
5.2 SOLUÇÃO 1: BACIAS SUCESSIVAS.....	25
5.3 SOLUÇÃO 4: ENCLUSAS E OU ASCENSORES.....	26
5.4 SOLUÇÃO 3: PASSAGEM NATURALIZADA	27
5.5 SOLUÇÃO 4: SISTEMA COMBINADO (BACIAS SUCESSIVAS E TRANSPORTE)	29
5.6 SOLUÇÃO 5: TRANSLOCAÇÃO DE EXEMPLARES PISCÍCOLAS	32
5.7 CONCLUSÃO.....	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

QUADROS

Pág.

Quadro 3.1 – <i>Taxa nativos</i> potenciais e confirmadas para a área de estudo.	9
Quadro 4.1 - Tipologias de dispositivos de transposição e suas vantagens e desvantagens.	24
Quadro 5.1 - Critérios hidráulicos de dimensionamento por tipo de espécie migradora (valores de referência apontados por Larineir <i>et al.</i> , 2006).	25
Quadro 5.2 – Épocas de migração por espécie alvo (assinaladas a verde).	25

FIGURAS

Pág.

Figura 4.1 – Localização (à esquerda) da eclusa de Borland de Crestuma- Lever (Adaptado de Google Earth Pro™) e pormenores do dispositivo à direita.	14
Figura 4.2 – Exemplares piscícola a utilizarem o ascensor de Touvedo. (Fonte: Santos <i>et al.</i> , 2014)	16
Figura 4.3 – Representação esquemática de um sistema <i>trap and truck</i> (adaptado de Martins, 2004).	21
Figura 5.1 – Barragem de Pretarouca. Dispositivo de transposição piscícola. (Fonte: https://teixeiraduarteconstrucao.com/projetos/barragem-de-pretarouca/).	26
Figura 5.2 – Perfil Secção tipo ilustrativos de passagem naturalizada.	27
Figura 5.3 – Localização ilustrativa da solução Tipo 1 em canal naturalizado.	28
Figura 5.4 – Local proposto para a instalação do dispositivo fixo de captura.	30
Figura 5.5 – Solução-tipo do dispositivo fixo de captura proposto.	31

TEXTO

1 ENQUADRAMENTO

Um dos principais impactes ecológicos associados à construção de uma barragem resulta do efeito de barreira que as infraestruturas transversais impõem, em particular para a deslocação da ictiofauna (e.g., Petts, 1984; Marmulla, 2001), cujos movimentos ficam restringidos ao longo dos sistemas fluviais. O efeito de barreira é maior para as espécies piscícolas migradoras, em particular para as diádromas (catádromas e anádromas), que necessitam de se deslocar ao longo dos sistemas aquáticos (mar-estuário-rio) para completar o seu ciclo de vida, mas pode também ser relevante para as espécies de cariz potamódromo (i.e., que realizam movimentos reprodutivos restritos ao longo do sistema dulçaquícola). Além das características ecológicas dos *taxa* alvo potencialmente presentes, o efeito de barreira é influenciado pela altura do obstáculo e pelo seu local de implantação na rede hidrográfica, para além do impacto cumulativo de outras eventuais infraestruturas hidráulicas transversais existentes.

O impacte das barragens sobre a comunidade ictiofaunística tem sido alvo de extensa atenção na bibliografia, particularmente no que se refere à biologia reprodutiva das espécies anádromas, pela sua relevância económica (Petts, 1984; Nicola *et al.*, 1996; Marmulla, 2001) e Categoria de Ameaça. Por exemplo, o decréscimo dos efetivos populacionais, ou a extinção local, de espécies migradoras como o salmão do Atlântico (*Salmo salar*), conduziram à construção e desenvolvimento de diversos dispositivos de transposição piscícola em obras fluviais no sentido jusante-montante (e.g., Clay, 1995; Jungwirth, 1998; Lucas e Baras, 2001; Silva *et al.* 2018), genericamente identificados como de Passagens Para Peixes (PPP). Estes dispositivos pretendem minimizar as consequências do efeito barreira nas comunidades ictiológicas, permitindo o restabelecimento, pelo menos parcial, do contínuo longitudinal nos sistemas fluviais (Jungwirth, 1998).

Para além da migração de montante para jusante, nas últimas décadas tem vindo a granjear muita atenção de técnicos e investigadores a transposição no sentido descendente (montante-jusante).

A nível de legislação nacional, a Lei da Pesca em Águas Interiores (Lei n.º 7/2008, de 15 de fevereiro, com as alterações introduzidas pelo Decreto-Lei n.º 221/2015, de 8 de outubro e revisto pelo Decreto-Lei n.º 112/2017, de 6 de setembro), assinala a obrigatoriedade de promover a circulação da ictiofauna, já que o n.º 1 do Artigo 13º – Circulação das espécies aquícolas refere explicitamente que “*As obras a construir nos cursos de água que possam constituir obstáculo à livre circulação das espécies aquícolas devem ser equipadas com dispositivos que permitam assegurar a sua transposição pelas referidas espécies, devendo o seu funcionamento eficaz ficar assegurado a título permanente*”.

Importa ainda referir que a Diretiva-Quadro da Água (DQA, Directiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro de 2000) incorporou no sistema jurídico europeu – transposta para o ordenamento jurídico interno pela Lei da Água (Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro, na sua redação atual) – o conceito de estado ecológico das massas de água de superfície, estabelecendo que fosse atingido em 2015 o bom estado/potencial ecológico dos troços situados a jusante das barragens, com possíveis prorrogações e derrogações para 2021 e 2027. Assim, implicitamente, a temática dos dispositivos de transposição piscícola está consagrada na legislação pela necessidade de atingir o bom estado/potencial ecológico dos ecossistemas aquáticos sendo, para o efeito, fundamental garantir a conectividade longitudinal para a ictiofauna, já que a fauna piscícola é um dos elementos biológicos de classificação.

A inclusão de dispositivos de transposição piscícola é uma das medidas obrigatórias identificadas na tabela – *Mitigation Measures Library*¹ – complementar ao Guia nº 37: *Steps for defining and assessing ecological potential for improving comparability of Heavily Modified Water Bodies* –, elaborado pela União Europeia.

No presente documento é efetuada a avaliação das questões associadas à transposição piscícola da barragem da Foupana, identificando os diferentes tipos de sistemas de transposição piscícola e analisando, sucintamente, a eficácia e utilidade das alternativas passíveis de implementação face à localização da barragem da Foupana na rede hídrica e à comunidade piscícola presente. O presente documento considera os seguintes capítulos:

No **capítulo 2** são identificados os objetivos gerais da implementação de sistemas de transposição piscícola nos ecossistemas fluviais.

No **capítulo 3** é efetuada uma descrição da comunidade piscícola que potencialmente poderá utilizar o sistema de transposição a implementar na barragem da Foupana, tendo por base os dados bibliográficos de cariz técnico-científico, complementado com amostragens de campo efetuadas no decurso da elaboração do EIA da barragem da Foupana.

No **capítulo 4** são apresentadas as principais tipologias de soluções de transposição piscícola existentes a nível global e que foram equacionadas como potenciais para a barragem da Foupana.

O **capítulo 5** identifica as alternativas possíveis a aplicar ao caso da barragem da Foupana.

Por fim, o último capítulo – não numerado – apresenta as referências bibliográficas consultadas para a elaboração do presente documento.

¹ Versão de fevereiro de 2020, disponível em *Guide - Water Framework Directive - Environment - European Commission* (europa.eu), e consultado em novembro de 2024.

2 OBJETIVOS DOS SISTEMAS DE TRANSPosição PISCÍCOLA

Em termos genéricos, uma estrutura de transposição pode ser definida como um caminho artificial, alternativo ao curso de água onde foi edificada uma barreira intransponível (ou dificilmente superável) pela ictiofauna (Silva *et al.* 2018). O princípio geral de funcionamento dos sistemas clássicos consiste em atrair os peixes em deslocação a um ponto do sistema fluvial, situado a jusante do obstáculo, e: i) incitá-los a deslocarem-se para montante através de uma estrutura onde circule água – PPP em sentido restrito (bacias sucessivas ou deflectores), ou ii) capturá-los numa cuba, que, após elevação mecânica ou transporte de outra natureza, os liberte a montante – ascensores, eclusas e sistemas fixos de captura com transporte ativo (Marmulla, 2001; Larinier, 2002).

Para além dos dispositivos clássicos de transposição, existem também procedimentos sistematizados que, embora não integrando qualquer estrutura fixa, permitem mitigar o efeito de barreira das barragens através da captura (*e.g.*, através de pesca elétrica), transporte e devolução dos exemplares capturados.

Os objetivos dos sistemas de transposição piscícola variam em função do local onde a estrutura hidráulica é implantada relativamente à rede hídrica e das espécies/comunidades migradoras alvo, nomeadamente quando se está na presença de ciprinídeos, leuciscídeos, salmonídeos ou de migradores diádromos. Porcher e Travade (2002) referem que no caso dos ciprinídeos e leuciscídeos sem comportamento potamódromo, o principal propósito destes dispositivos é o de evitar o isolamento populacional e consequente formação de metapopulações, assegurando a manutenção de fluxos genéticos apropriados.

Desta forma, como objetivo primordial deve ser assegurado que uma fração da população migre para montante, não sendo necessário garantir que todos os exemplares ultrapassem o obstáculo.

Pelo contrário, relativamente aos *taxa* anádromos pretende-se que o maior número possível de indivíduos supere o obstáculo, com a finalidade de manter a dimensão dos *stocks* reprodutivos a montante, durante a época da reprodução (Marmulla, 2001; Porcher e Travade, 2002).

Também para os *taxa* catádromos, como a enguia-europeia (*Anguilla anguilla*), é relevante garantir a deslocação para montante dos juvenis que se deslocam do estuário, permitindo a colonização dos habitats utilizados por estes espécimes para se desenvolverem.

Para os vários *taxa* piscícolas terão adicionalmente de ser asseguradas condições para a migração descendente, evitando o isolamento genético, garantindo a colonização dos sectores a jusante da barreira e/ou permitindo a migração dos exemplares catádromos e anádromos em direção a ambientes estuarinos ou de água salgada.

O dimensionamento de um dispositivo de transposição piscícola deve considerar determinados aspetos comportamentais das espécies alvo. Assim, as velocidades de escoamento na passagem para peixes devem, simultaneamente, ser compatíveis com as capacidades natatórias e ter a capacidade de atrair as espécies piscícolas consideradas, face aos caudais que circulam no rio.

3 COMUNIDADE ICTIOFAUNÍSTICA ALVO

Em termos de composição, as comunidades dulçaquícolas nativas da bacia do Guadiana e presentes na área de influência da ribeira da Foupana (ver caracterização no **Tomo 2 do Volume 1 do EIA**) são claramente dominadas pela ordem Cypriniformes, incluindo vários barbos – barbo do Sul (*Luciobarbus sclateri*), barbo-de-cabeça-pequena (*L. microcephalus*), cumba (*L. comizo*) e barbo de Steindachner (*L. steindachneri*) – a boga do Guadiana (*Pseudochondrostoma willkommii*), o escalo do Sul (*Squalius pyrenaicus*) e o bordalo (complexo de *Squalius alburnoides*), a generalidade delas com Grau de Ameaça relevante.

Existem duas outras espécies da ordem Cypriniformes referenciados para a bacia do Guadiana, o saramugo – um endemismo restrito à bacia do Guadiana e do Guadalquivir – e a boga-de-boca-arqueada (*Iberochondrostoma lemmingii*), bem como um blenídeo, o caboz-de-água-doce (*Salariopsis fluviatilis*), todos com grau de ameaça de “Em Perigo” e referenciados para a sub-bacia hidrográfica da ribeira de Odeleite; não obstante, não existem registos recentes destas espécies no troço final da ribeira da Foupana.

A proximidade ao rio Guadiana e a massas de água de transição e costeiras confinantes, faz com que a rede hídrica da Área de Estudo do EIA seja também relevante para as espécies piscícolas diádromas (catádromas e anádromas), que necessitam de se deslocar ao longo dos sistemas aquáticos (mar-estuário-rio) para completar o seu ciclo de vida. Nestas, importa sobretudo destacar a enguia-europeia (*Anguilla anguilla*), a lampreia-marinha (*Petromyzon marinus*), o sável (*Alosa alosa*) e a savelha (*A. fallax*), todas elas com relevância conservacionista (Categoria de Ameaça de Em Perigo e Vulnerável), a que acrescem os mugilídeos – nomeadamente o muge (*Chelon ramada*) – que são anfídromos e apresentam genericamente elevada abundância.

Em síntese, a sumula da informação obtida é a apresentada no **Quadro 3.1**.

Quadro 3.1 – Taxa nativos potenciais e confirmadas para a área de estudo.

Taxa	Categoria de Ameaça (Magalhães et al., 2023)	Estado de Conservação-mediterrâneo (2013-2018)	Presença na bacia do Guadiana	Presença na sub-bacia da ribeira da Odeleite	Presente na Área de Estudo do EIA
Petromyzontidae					
<i>Petromyzon marinus</i>	VU	U1			
Anguillidae					
<i>Anguilla anguilla</i>	EN	Não Avaliado			Confirmado
Clupeidae					
<i>Alosa alosa</i>	EN	U2			
<i>Alosa fallax</i>	VU	U2			
Cyprinidae					
<i>Luciobarbus comizo</i>	NT	U2			

Taxa	Categoria de Ameaça (Magalhães et al., 2023)	Estado de Conservação-mediterrâneo (2013-2018)	Presença na bacia do Guadiana	Presença na sub-bacia da ribeira da Odeleite	Presente na Área de Estudo do EIA
<i>Luciobarbus microcephalus</i>	VU	U2			
<i>Luciobarbus sclateri</i>	NT	U1			Confirmado
<i>Luciobarbus steindachneri</i>	NT	U1			Confirmado
<i>Carassius</i> spp.	Exótica				
<i>Cyprinus carpio</i>	Exótica				
Leuciscidae					
<i>Anaocypris hispanica</i>	EN	U2			
<i>Pseudochondrostoma willkommii</i>	VU	U2			Confirmado
<i>Iberochondrostoma lemmingii</i>	EN	U2			
<i>Squalius pyrenaicus</i>	VU	Não Avaliado			Confirmado
<i>Squalius alburnoides</i>	LC	U1			Confirmado
Cobitidae					
<i>Cobitis paludica</i>	LC	U2			Confirmado
Blennidae					
<i>Salariopsis fluviatilis</i>	EN	Não Avaliado			
Mugilidae					
<i>Chelon ramada</i>	LC	Não Avaliado			Confirmado
<i>Mugil cephalus</i>	DD	Não Avaliado			

Face à comunidade ictiofaunística presente, ou potencialmente presente, na área de influência da futura barragem da Foupana e à posição desta na rede hidrográfica – setor terminal da ribeira da Foupana e da sub-bacia de Odeleite, a que acresce a proximidade ao estuário do Guadiana – as espécies piscícolas mais relevantes para a definição do dispositivo de transposição serão os migradores potamódromos [boga do Guadiana e os barbos (*Luciobarbus* spp)] e diádromos, nestes últimos considerando sobretudo a catádroma enguia-europeia e a anádroma lampreia-marinha.

4 SOLUÇÕES PARA TRANSPosição PISCÍCOLA

4.1 BACIAS SUCESSIVAS

As passagens de bacias sucessivas foram o primeiro tipo de dispositivo de transposição construído para fazer face a obstáculos naturais ou artificiais, sendo frequentemente utilizadas em França durante o século XIX (e.g., Marmulla, 2001; Larinier e Marmulla, 2004). São vulgarmente denominadas por escada de peixes, dada a sua configuração se basear em bacias escalonadas em forma de degraus, formando um canal transponível pelos peixes em migração. O princípio geral do funcionamento consiste em dividir o desnível a vencer em várias quedas consecutivas de menor dimensão, através da construção de pequenas bacias que escoam água entre si de montante para jusante (FAO, 2002).

Existem dois tipos base de passagens por bacias sucessivas. Um, no qual a comunicação entre bacias é efetuada por descarregadores de superfície e orifícios de fundo, ficando estas estruturas instaladas no septo que divide as bacias consecutivas; e outro, no qual a deslocação pode ser realizada por fendas verticais, existentes ao longo do septo.

Os indivíduos transpõem as bacias nadando na coluna de água, ou em algumas situações por salto, sendo que estas alternativas derivam do tipo de descarregador instalado. Para além de permitirem a comunicação entre bacias, os descarregadores apresentam outras funções, nomeadamente a disponibilização de áreas de repouso para os peixes, para além de assegurarem a dissipação da energia da água, evitando o seu transporte ao longo do dispositivo (e.g., Marmulla, 2001; Larinier, 2002a; Alvarez-Vázquez, *et al.*, 2008).

Este tipo de passagem para peixes é indiscutivelmente o de utilização mais comum em Portugal, sobretudo quando se pretende vencer desníveis pouco pronunciados, como acontece na generalidade dos pequenos aproveitamentos hidroelétricos (i.e., mini-hídricas). No entanto, não são adequadas para ultrapassar grandes desníveis (> 15 m) pois teriam de possuir um número de bacias muito elevado, aumentando os custos e dificultando a progressão dos exemplares piscícolas.

Num trabalho de revisão sobre as PPP existentes em Portugal (Santos *et al.*, 2025) foi claramente demonstrado que é a tipologia com maior disseminação no nosso país, existindo 65 passagens por bacias sucessivas (≈67%) nos dispositivos inventariados até ao final de 2024, estando alguns dos exemplos ilustrados na **Foto 4.1**.



Foto 4.1 – Exemplos de passagens por bacias sucessivas em Portugal.

4.2 DEFLECTORES OU PASSAGENS DO TIPO DENIL

Os deflectores do tipo Denil começaram a ser utilizados na Bélgica, a partir da segunda década do século XX, sendo caracterizados por apresentarem um canal retilíneo de secção retangular, construído em betão. Possuem um declive acentuado – entre 12% a 20% – e nas paredes e/ou fundo são implantados deflectores com o objetivo de reduzirem a velocidade média do escoamento (Clay, 1995; Larinier, 2002b). Os deflectores apresentam frequentemente a forma de U, sendo dispostos num ângulo com aproximadamente 45°.

O escoamento apresenta uma elevada velocidade e turbulência, o que por vezes conduz à construção de bacias de repouso (Larinier, 2002b), sensivelmente a meio do obstáculo, de forma a possibilitar aos indivíduos em migração a recuperação do intenso esforço realizado. Como tal, é um tipo de PPP muito seletivo, dirigido maioritariamente para *taxa* que apresentem elevadas velocidades de natação e grande resistência, nomeadamente os salmonídeos (e.g., Larinier, 2008). A sua utilização por espécies de menores dimensões e com baixa capacidade natatória é improvável (e.g., Larinier, 1998; 2002b; Mallen-Cooper e Stuart, 2007).

É um tipo de PPP adequado para a transposição de obstáculos de pequena dimensão, em locais onde a disponibilidade de espaço seja um fator limitante, apresentando usualmente caudais de atração facilmente identificáveis pela ictiofauna.

Atualmente não existe nenhuma passagem desta tipologia em Portugal, tendo originalmente sido instalado um na barragem de Belver – décadas de quarenta e cinquenta – do século XX, posteriormente destruído e substituído por uma eclusa de Borland devido à sua ineficácia.

4.3 ECLUSAS

A entrada em funcionamento destes dispositivos remonta à década de vinte do século passado. Existem vários modelos, sendo o de utilização mais frequente denominado de eclusa de Borland. Uma eclusa para peixes é constituída por duas bacias ou câmaras, uma a jusante do obstáculo a transpor, habitualmente de maiores dimensões, e outra a montante, sendo a comunicação entre elas efetuada por intermédio de uma conduta inclinada, ou alternativamente por um poço vertical (Clay, 1995; Travade e Larinier, 2002).

Segundo Clay (1995) o princípio de funcionamento consiste em elevar o nível da água numa câmara onde os peixes são induzidos a entrar, que é periodicamente fechada e após atingir um patamar superior – sensivelmente idêntico ao nível da água a montante –, os liberta com o intuito de poderem nadar livremente para a albufeira. O funcionamento deste dispositivo é baseado num ciclo de quatro períodos distintos:

- atração: comporta inferior aberta, onde o caudal controlado pela comporta de montante transita dentro da eclusa e passa para jusante, atraindo os peixes para a câmara inferior;
- enchimento: comporta de jusante encontra-se fechada e o caudal que passa pela de montante permite o enchimento da eclusa, sendo a subida dos peixes efetuada paralelamente à elevação do nível da água;
- passagem ou saída: abertura da comporta de montante para permitir a saída dos peixes, que são incitados por uma corrente de atração estabelecida aquando da abertura de uma válvula existente na câmara inferior da eclusa;
- esvaziamento: comporta de montante fechada e o esvaziamento da eclusa processa-se através da conduta presente na câmara inferior.

A duração de cada ciclo é determinada em função das espécies alvo e da quantidade de peixes presentes (e.g., Bochechas, 1995; Travade e Larinier, 2002; Stuart *et al.*, 2007).

As eclusas são fundamentalmente utilizadas quando se pretende vencer desníveis elevados e onde o escoamento e espaço disponíveis sejam fatores limitantes (FAO, 2002; Stuart *et al.*, 2007).

Um dos principais inconvenientes reside no facto da capacidade de passagem ser baixa, em virtude do carácter descontínuo do seu funcionamento (Bochechas, 1995; Stuart *et al.*, 2007). As eclusas apenas efetuam atracção piscícola durante um curto espaço temporal – período de atracção –, enquanto nas restantes três fases do seu ciclo de funcionamento qualquer peixe

que se aproxime do dispositivo não tem possibilidade de aceder à câmara. Em simultâneo, é de registar que os peixes que entrem na câmara podem abandoná-la antes que o período de atração esteja concluído (e.g., Bochechas, 1995).

Este sistema apresenta elevados custos de construção e manutenção, para além da sua conceção ser tecnicamente bastante exigente. Devido à baixa eficiência, estas infraestruturas têm sido substituídas, essencialmente, por ascensores.

Existem atualmente em território nacional seis eclusas de Borland, cinco delas nas barragens do curso principal do rio Douro – Pocinho, Valeiro, Régua, Carrapatelo e Crestuma-Lever (**Figura 4.1**) – e a outra na barragem de Belver, no rio Tejo.



Figura 4.1 – Localização (à esquerda) da eclusa de Borland de Crestuma-Lever (Adaptado de Google Earth Pro™) e pormenores do dispositivo à direita.

4.4 ASCENSORES

Um ascensor para peixes é um sistema mecânico desenvolvido nos EUA – a primeira aplicação na Europa remonta a 1933 na Finlândia (Martins, 2004) – e o seu princípio de funcionamento consiste na captura de peixes numa cuba a jusante do obstáculo, para a qual os peixes são atraídos através da descarga localizada de uma determinada quantidade de água. Posteriormente, os peixes são içados por intermédio de um sistema mecânico e libertados a montante, num canal ou diretamente na própria albufeira (Travade *et al.*, 1992;

Travade e Larinier, 2002). O ascensor funciona por ciclos, com fases de captura, ascensão e libertação, sendo que a duração dos ciclos deve ser regulada em função da quantidade de peixes que tenta transpor o obstáculo, em determinada época do ano (FAO, 2002).

As principais vantagens derivam da sua construção ser, em princípio, menos onerosa que a das eclusas de Borland, para além de ocuparem pouco espaço, adaptarem-se bem a muitas obras fluviais e não serem dependentes da altura do obstáculo a transpor – sendo o mais indicado, do ponto de vista ecológico e económico, para desníveis superiores a 15 m (FAO, 2002). São igualmente pouco sensíveis a variações no nível de água a montante (Marmulla, 2001; Travade e Larinier, 2002). Como mencionado anteriormente, do ponto de vista de engenharia a altura da barreira a transpor não é um fator que impossibilite a construção do elevador, podendo, no entanto, apresentar custos muito elevados de construção e funcionamento, além de eventuais limitações do ponto de vista ecológico.

Como principais condicionalismos estão identificados: a atração dos peixes para o interior da cuba, o impedimento da sua saída antes do encerramento da cuba, a baixa eficiência para indivíduos de pequenas dimensões, bem como os elevados custos de operação e manutenção (Larinier, 1998; Marmulla, 2001; Travade e Larinier, 2002; Larinier e Marmulla, 2004).

Em Portugal existem dois sistemas de transposição constituídos exclusivamente por ascensor, um na barragem de Touvedo (rio Lima, ver **Figura 4.2**) e outro na barragem de Pedrão (rio Guadiana).



Bogas do Norte (*Pseudochondrostoma duriense*).



Barbo-comum.



Lampreia-marinha (*Petromyzon marinus*)

Truta-de-rio (*Salmo trutta*)

Figura 4.2 – Exemplares piscícola a utilizarem o ascensor de Touvedo.
(Fonte: Santos *et al.*, 2014)

4.5 PASSAGENS NATURALIZADAS

As passagens naturalizadas ou *bypass* proporcionam uma alternativa face às estruturas de transposição tradicionais por bacias sucessivas, mimetizando um curso de água natural (Eberstaller *et al.*, 1998; Parasiewicz *et al.*, 1998; FAO, 2002; Wildman *et al.*, 2002). Estes tipos de dispositivos são preferencialmente direcionados para as comunidades ictiofaunísticas, mas podem ser utilizados também por macroinvertebrados e mesmo por mamíferos (e.g., Parasiewicz *et al.*, 1998).

No seu planeamento são considerados pressupostos ecológicos, maioritariamente a manutenção da conectividade fluvial para todas as espécies e estados de maturidade, para além da capacidade de proporcionarem um habitat colonizável pelas diferentes comunidades. Um dos principais condicionalismos decorre da necessidade de serem aplicadas com declives pouco acentuados, preferencialmente 1-2%, podendo atingir no máximo os 5% (Gebler, 1998; Marmulla, 2001), o que limita a utilização deste tipo de estruturas para a transposição piscícola de grandes obstáculos. As principais vantagens derivam da facilidade com que a fauna aquática utiliza estas estruturas em ambos os sentidos (e.g., Calles e Greenberg, 2009), sendo de salientar que se apresentam como o tipo de passagens para peixes que possibilita a realização de migrações descendentes sem perigos acrescidos para as diversas comunidades dulçaquícolas.

Segundo FAO (2002), são considerados três tipos de passagens naturalizadas: canais naturalizados ("*bypass*"), rampas e declives ("*bottom ramps and slopes*") e rampas para peixes ("*fish ramps*").

Os canais naturalizados são os de utilização mais vulgar e habitualmente designados de *bypass*. Consistem num canal que rodeia o obstáculo, sendo similar a um afluente ou canal lateral do rio principal (Gebler, 1998; FAO, 2002).

As rampas e declives (*bottom ramps and slopes*) são caracterizadas pela construção de um conjunto de pequenos açudes com material rochoso, que se estende por toda a largura do curso de água. O objetivo primordial é a suavização do gradiente hidráulico ao longo de uma secção do perfil longitudinal do curso de água (Heimerl *et al.*, 2008), de forma a facilitar a mobilidade piscícola.

Por fim, as rampas de peixes (*fish ramps*) correspondem a estruturas integradas no próprio obstáculo a transpor (FAO, 2002). A base é revestida por substrato grosseiro (e.g., blocos, calhaus e pedras), espaçado com o intuito de criar pequenas cascatas que atenuam a velocidade da corrente, facilitando as deslocações dos exemplares ictiofaunísticos.

É uma tipologia de dispositivos de transposição que tem registado um grande incremento nos últimos anos em Portugal (**Foto 4.2**), sendo que no final de 2024 já existiam 18.



Foto 4.2 – Passagens naturalizadas no rio Mondego (à esquerda) e Águeda (à direita).

4.6 PASSAGENS PARA ENGUIAS

Os dispositivos específicos que possibilitam a transposição de obstáculos pelas enguias (no sentido jusante-montante) são vulgarmente denominados na bibliografia como “*eel ladders*”,

apresentando duas grandes tipologias de estruturas (Clay, 1995; Knights e White, 1998; Thorncraft e Harris, 2000; FAO, 2002; Porcher, 2002; Solomon e Beach, 2004):

- Pequenos canais revestidos de adaptações como escovas ou gravilha, atravessados por uma pequena lâmina de água, suficiente para permitir a passagem de enguias
- Canos revestidos de pequenas escovas, mato, galhos ou gravetos, inseridos na própria estrutura do açude, que assumem a designação de “eel pipes”

Este tipo de estrutura apresenta como desvantagem a tendência para ficar obstruído com facilidade, para além de incrementar o risco de predação aquando da sua utilização; deve ainda ser referido como desvantagem só poder ser utilizado pela enguia. Todavia, as suas principais vantagens incidem no baixo custo de construção, associado ao pouco espaço e aos baixos escoamentos necessários para a sua implantação.

Do ponto de vista estrutural, estas infraestruturas são genericamente compostas por duas secções: i) rampa ascendente e ii) “ligação” à zona da albufeira.

No que respeita à rampa, terá de se manter húmida através do fornecimento de água da albufeira de montante (por gravidade) ou por aspersores, sendo indispensável um caudal mínimo na base da rampa para promover a sua atratividade. A largura das rampas geralmente está compreendida entre os 20 e os 100 cm enquanto os declives podem variar entre os 5 e os 45%. A base das rampas é constituída por substratos naturais ou artificiais (e.g., escovas, relva artificial), sendo preferível os artificiais visto serem de mais fácil manutenção. Porcher (2002) descreve este tipo de substratos como adequado a diferentes tamanhos de juvenis que irão usar a estrutura.

No que respeita à “ligação” da secção terminal do dispositivo de transposição piscícola com a albufeira, será desejável que a mesma fique localizada nas imediações das margens e em zonas de baixa corrente, uma vez que as enguias de menor dimensão apenas usam as camadas superficiais da massa de água.

Esta estrutura tem como principal problema as flutuações no nível da água, que poderão induzir situações alternadas de passagens secas e de excessiva velocidade da água. Para contrariar estas situações Porcher (2002) sugere duas medidas: a rampa ascendente deve ter uma inclinação lateral que possibilite absorver variações do nível da água de montante da ordem dos 20 cm, mantendo uma zona de baixa profundidade que possibilitará a migração; o canal de saída, deverá ficar situado acima do nível máximo da coluna de água, e terá aspersores ligados a um pequeno sistema de bombagem de modo a poder ser utilizado pelas enguias. As enguias ao atingirem o extremo superior do canal serão encaminhadas por uma queda de água, diretamente para a albufeira.

Em Portugal existe apenas um destes dispositivos, instalado no Açude Ponte de Coimbra, no rio Mondego.



Foto 4.3 – Passagem de enguias do Açude Ponte de Coimbra.

4.7 FISH TUBES - CANHÕES

Vulgarmente designados por canhões, são utilizados habitualmente no continente americano para os salmões pelo elevado valor comercial e de conservação que apresentam. Foi uma invenção de meados da década passada, tendo sido apresentada comercialmente pela Whooshh Innovations™.

Consiste genericamente num tubo de plástico flexível ligado a uma bomba de ar motorizada, em que a extremidade de jusante se localiza junto à barragem, enquanto a outra extremidade se localiza na albufeira. Os peixes são “carregados” manualmente na extremidade inferior do sistema, onde a pressão de ar mais baixa no interior (diferença de pressão de cerca de 2 PSI), os suga e eleva, a uma velocidade de 5 a 10 m/s até à albufeira.

O sistema, além de ser muito dispendioso a nível de aquisição e instalação, também o é do ponto de vista de recursos humanos, pois os peixes têm de ser “carregados” manualmente no tubo, para além de ser stressante para os peixes.

Não existem destes dispositivos em Portugal.

4.8 SISTEMAS COMBINADOS

Mais recentemente, com a evolução do conhecimento adquirido nas várias tipologias de dispositivos, têm vindo a ser aplicados dispositivos de transposição híbridos, compostos por pelo menos dois dos tipos de sistemas já descritos.

De forma a ilustrar alguns dos possíveis dispositivos de transposição híbridos, são apresentados, em seguida, exemplos de projetos que resultaram na integração de sistemas distintos (fixos e fixos/móveis).

No século XXI foi instalado um teleférico para peixes na barragem de Frieira (**Foto 4.4**), localizada no rio Minho em território espanhol, que corresponde à infraestrutura transversal situada mais a jusante neste rio, tendo a respetiva construção sido cofinanciada no âmbito de

um projeto comunitário LIFE para recuperação do rio Minho e das populações de espécies migradoras. O dispositivo integra uma passagem para peixes, instalada na margem esquerda, com nove bacias sucessivas, sendo que na bacia terminal existe uma cuba onde os peixes ficam retidos. A cuba é depois transportada longitudinalmente para montante através de um teleférico, que contorna a barragem.



Foto 4.4 – Teleférico de peixes instalado na barragem da Frieira (à esquerda pormenor das bacias e à direita cabos que transportam a cuba e contornam a barragem).

Um outro sistema desta natureza integra também uma estação fixa de captura (cuba), para onde os peixes são atraídos com recurso a um caudal de atração, sendo os exemplares capturados posteriormente elevados até um reservatório/tanque ou depositados diretamente num veículo (**Figura 4.3**). A fase seguinte corresponde ao transporte para montante por intermédio de veículos monitorizados, sendo a presente metodologia conhecida genericamente como *trap and truck* (e.g., Clay, 1995, Larinier e Marmulla, 2004) ou *trap and haul* (Kock *et al.*, 2021).

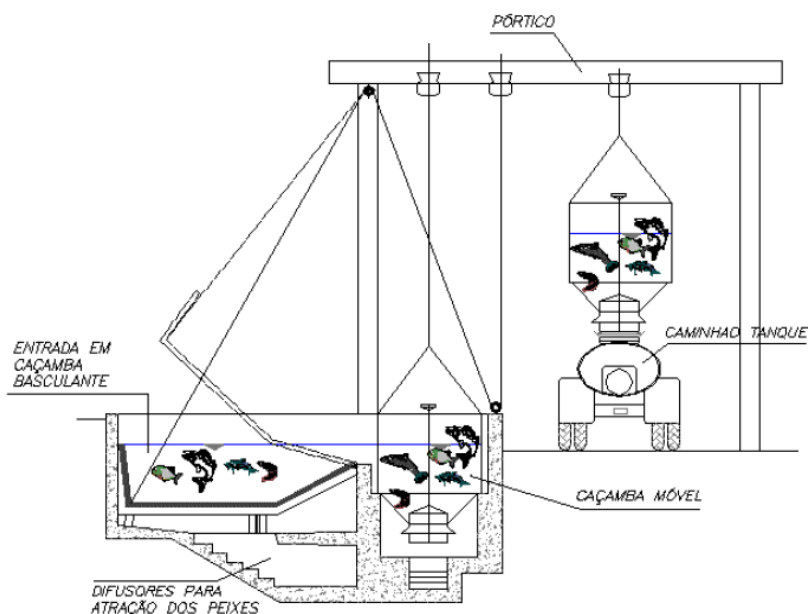


Figura 4.3 – Representação esquemática de um sistema trap and truck (adaptado de Martins, 2004).

Existem diversos exemplos (**Foto 4.5**) de aplicação desta metodologia distribuídos pela Europa, América do Sul e América do Norte (e.g., *Office of Technology Assessment*, 1995; Larinier e Marmulla, 2004; Pompeu e Martinez, 2005a; 2005b; 2007).



Foto 4.5 – Exemplo de sistema de transposição trap and truck (Fontes: Hinze, 2007 à esquerda e Pompeu e Martinez, 2005a à direita).

A título de exemplo refere-se o sistema de transposição deste tipo instalado na barragem de Santa Clara (60 m de altura), no rio Mucuri – Brasil (Pompeu e Martinez, 2007). Este sistema apresenta a vantagem de não ser condicionado pela altura da barreira a transpor, para além de uma maior versatilidade no que respeita aos locais de libertação dos exemplares a translocar, podendo ainda garantir a seletividade das espécies a transpor. Durante a translocação deverão ser asseguradas as condições de comodidade para os exemplares

piscícolas, nomeadamente a nível do oxigénio dissolvido e temperatura da água, sendo necessário dispor de uma equipa de apoio às operações de translocação.

Em Portugal existiam até ao final de 2024 seis destes sistemas de transposição, de onde se podem destacar: i) mini-hídricas de Rebordelo e Bouçoais-Sonim (rio Rabaçal, bacia hidrográfica do rio Douro) onde o sistema de transposição piscícola contempla uma passagem por bacias sucessivas seguida de um ascensor; e ii) açude de Reconquinho que possui uma rampa para peixes e uma passagem por bacias sucessivas (**Foto 4.6**).



Foto 4.6 – Sistemas combinados de transposição instalados na barragem de Bouçoais-Sonim (à esquerda) e no açude do Reconquinho (à direita).

4.9 TRANSLOCAÇÃO DE EXEMPLARES PISCÍCOLAS

A translocação de exemplares piscícolas é uma ação que permite mitigar o efeito de barreira através da captura de exemplares piscícolas a jusante (ou montante) da infraestrutura, por exemplo através de pesca elétrica, e do respetivo transporte para montante (ou jusante) da barreira transversal.

Esta ação tem como grandes vantagens garantir a passagem de peixes não apenas no sentido de jusante para montante, mas também no sentido oposto, bem como a possibilidade de ser utilizada para ultrapassar qualquer desnível. Permite igualmente a seleção dos exemplares e das espécies a transportar para os locais recetores, por exemplo removendo os *taxa* de origem alienígena.

Apresenta também a possibilidade de obter os exemplares a translocar em vários locais, permitindo otimizar a eficácia do esforço de captura, sendo que as operações de captura são muitas vezes efetivadas em locais preferenciais de agregação, por exemplo a jusante da barragem construída ou abaixo de outras infraestruturas transversais existentes. O trabalho de Ebel (1985) destaca a eficácia deste sistema para algumas espécies de salmonídeos, enquanto Cada e Sale (1993) comentam a sua utilização em diversas barragens americanas.

Em Portugal esta ação (Jorge Bochechas, ICNF comunicação pessoal) foi utilizada durante alguns anos (ver **Foto 4.7**) pelo Corpo Nacional de Guardas Florestais, da antiga Direcção-Geral de Florestas (atual ICNF), para limitar o efeito barreira do Açude-Ponte de Coimbra à migração da lampreia-marinha (*Petromyzon marinus*).

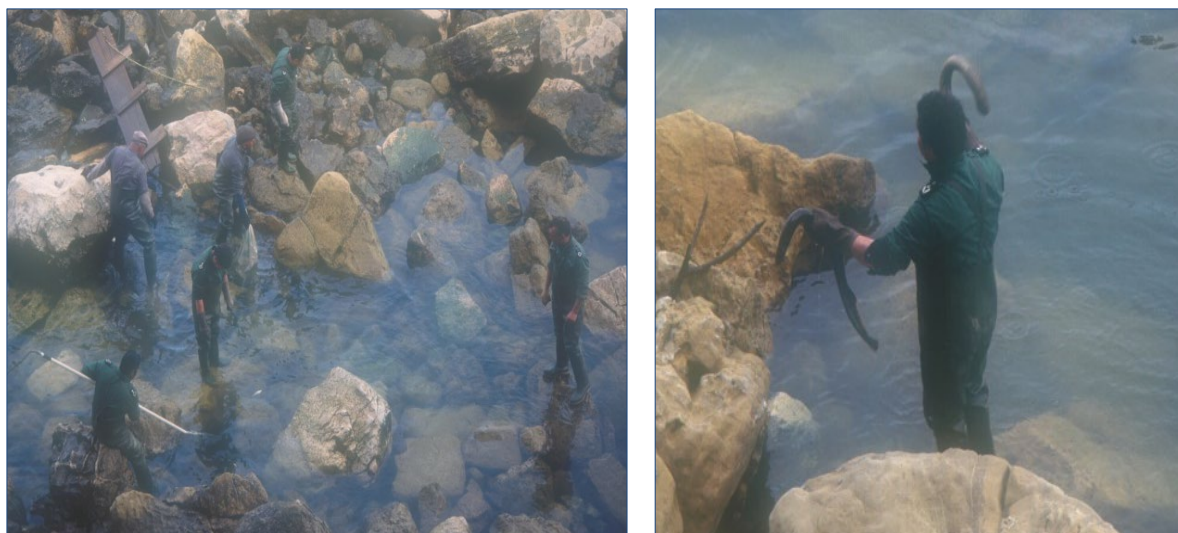


Foto 4.7 – Guardas-florestais a capturem *P. marinus* no rio Mondego a jusante do açude Ponte de Coimbra (fotografias cedidas pelo Eng.º. Jorge Bochechas).

Uma ação similar, incluindo espécies holobióticas, tem sido implementada em Portugal para reduzir o efeito de barreira das barragens de Foz Tua e de Ribeiradio, tendo sido proposta também nas DIAs de outros projetos associados ao Programa Nacional de Barragens com Elevado Potencial Hidroelétrico (PNBEPH), como o caso da Cascata do Tâmega, e outros que, apesar de terem tido avaliações ambientais favoráveis, não foram concretizados (Girabolhos, Fridão e Alvito, esta última no rio Ocreza, bacia hidrográfica do rio Tejo).

Durante a translocação, que pode ser realizada utilizando o tipo de veículo descrito antes para a solução *trap and truck*, é imprescindível serem asseguradas as condições de comodidade para os exemplares piscícolas, nomeadamente a nível do oxigénio dissolvido e temperatura da água, sendo necessário dispor de uma equipa de apoio (incluindo veterinários) às operações de translocação.

Estes sistemas ativos de translocação adequam-se a barreiras onde a construção de passagens para peixes é difícil e também em linhas de águas onde existem infraestruturas transversais consecutivas (e.g., Larinier e Marmulla, 2004).

4.10 SÍNTESE

No **Quadro 4.1** são sistematizados os diferentes sistemas de transposição piscícola existentes e antes descritos, incluindo uma síntese das suas vantagens e limitações.

Quadro 4.1 - Tipologias de dispositivos de transposição e suas vantagens e desvantagens.

Dispositivo de transposição	Vantagens	Limitações
Bacias sucessivas (fendas verticais ou descarregador + orifício de fundo)	Utilizados por um amplo leque de <i>taxa</i>.	- Inadequados para elevados desníveis. - Muita baixa eficácia para deslocações descendentes.
Defletores ou passagens do tipo Denil	- Adequado a situações onde a disponibilidade de espaço seja um fator limitante; - Preferencial para espécies com grande capacidade natatória	- Adequado para a transposição de obstáculos de pequena dimensão; - Ineficazes para deslocações descendentes
Eclusas e/ou Ascensores	- Adaptáveis à generalidade das infraestruturas hidráulicas. - Independentes da altura do obstáculo a transpor.	- Carácter descontínuo de funcionamento - Custos de operação e manutenção elevados - Ineficazes para deslocações descendentes.
Passagens naturalizadas (<i>bypass</i> ou <i>fish ramps</i>)	Deslocações em ambos os sentidos.	- Utilização preferencial para declives de 1-2% (máximo 5%). - Inadequados para elevados desníveis.
Passagem para Enguias	- Adaptáveis à generalidade das infraestruturas hidráulicas - Adequados para espaços limitados - Eficaz para espécie alvo	- Apenas utilizada pela enguia-europeia - Ineficazes para deslocações descendentes.
Fish Tubes	- Adequados para espaços limitados - Seleção de <i>taxa</i> a transpor. - Seleção de <i>taxa</i> a transpor	- Direcionados a salmonídeos. - Algumas espécies potenciais não são tolerantes à manipulação - Ineficazes para deslocações descendentes.
Sistema combinado (foi considerado dispositivo fixo de captura + transporte)	- Utilizados em qualquer desnível. - Seleção de <i>taxa</i> a transpor	- Ineficaz para deslocações descendentes. - Algumas espécies potenciais não são tolerantes à manipulação
Translocação de exemplares piscícolas	- Utilizados em qualquer desnível. - Seleção de <i>taxa</i> a transpor	- Eficácia dependente do esforço de captura empregue. - Requer equipa técnica de apoio especializada - Baixa eficácia para migrações descendentes de espécies diádromas

No capítulo seguinte avalia-se com maior detalhe os sistemas que potencialmente poderiam, eventualmente, ser adotados para a barragem da Foupana (assinalados a azul no Quadro 4.1).

5 APLICAÇÃO À BARRAGEM DA FOUPANA

5.1 REQUISITOS BIOLÓGICOS E HIDRÁULICOS PARA IDENTIFICAÇÃO DE SOLUÇÕES

Os requisitos a ter em consideração na conceção das soluções são a velocidade máxima de natação dos *taxa* alvo, a altura mínima de água que será necessário assegurar nas passagens a construir de forma a potenciar a transposição do obstáculo pela ictiofauna migradora, e a potência máxima dissipada.

Na análise das soluções foram considerados os critérios hidráulicos apresentados no **Quadro 5.1**² e os períodos de migração preferencial identificados no **Quadro 5.2**.

Quadro 5.1 - Critérios hidráulicos de dimensionamento por tipo de espécie migradora (valores de referência apontados por Larineir et al., 2006).

Espécies	Velocidade máxima (m/s)	Altura Mínima Água (cm)	Potencia máxima dissipada (Watts/m3)
Lampreia-marinha	2,5	0,4	500-600
Boga do Guadiana e <i>Luciobarbus</i> spp	2	0,3	300-450

Quadro 5.2 – Épocas de migração por espécie alvo (assinaladas a verde).

Espécies	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Lampreia-marinha												
<i>Luciobarbus</i> spp												
Boga do Guadiana												
Enguia-europeia												

De seguida, apresentam-se as avaliações efetuadas quanto à adequação de vários sistemas de transposição piscícola à barragem da Foupana, eliminado desde logo as utilizáveis apenas para uma espécie e/ou grupos, a saber enguia-europeia e salmonídeos. Por fim, apresenta-se a solução que se propõe implementar.

5.2 SOLUÇÃO 1: BACIAS SUCESSIVAS

A barragem da Foupana tem uma altura de 52,5 m acima do terreno natural. Uma eventual solução de bacias sucessivas terá que ser pensada para vencer este desnível, considerando para tal os critérios de dimensionamento para as espécies alvo (desnível entre bacias de 0,25 m e comprimento de cada bacia com 2,0 m).

Desta forma, uma passagem de bacias sucessivas seria constituída por cerca de 210 bacias, com mais de 420 m de extensão, dificultando a transposição dos exemplares piscícolas que a utilizassem.

² A enguia-europeia tem elevada capacidade de mobilidade e como tal não foi considerada como limitante para esta fase, e as condições requeridas pelos outros taxa alvo serão utilizados pelas enguias-europeias com relativa facilidade

Importa salientar que, em Portugal, a passagem para peixes de bacias sucessivas mais longa está instalada na barragem de Pretarouca – rio Balsemão, bacia hidrográfica do rio Douro –, apresentando uma extensão de 270 m, declive de 10% (desnível a vencer de 25,75 m) com quedas de 0,25 m entre bacias, perfazendo um total de 102 bacias (**Figura**).

Esta passagem foi dimensionada para salmonídeos – grupo com capacidade natatória e resistência elevados – no caso em apreço a truta-de-rio (*Salmo trutta fario*) – e até à data não se conhecem dados relativos à sua eficácia.



Figura 5.1 – Barragem de Pretarouca. Dispositivo de transposição piscícola. (Fonte: <https://teixeiraduarteconstrucao.com/projetos/barragem-de-pretarouca/>).

Tendo em conta o exposto e, considerando as espécies alvo para a Foupana (*Cypriniformes*), não se considera a solução de implantação de uma passagem de bacias sucessivas adequada para mitigar o efeito de barreira da barragem a implantar na ribeira da Foupana.

5.3 SOLUÇÃO 4: ENCLUSAS E OU ASCENSORES

A instalação de estruturas fixas do tipo **eclusas de Borland** ou **ascensores de peixes** é condicionada pela tipologia de barragem dimensionada para a ribeira da Foupana. A infraestrutura corresponde a uma barragem de enrocamento com núcleo betuminoso (consultar descrição da barragem do **Tomo 1** do **Volume 1** do **EIA**) e foi definida tendo em conta diversos fatores de projeto, tais como a orografia do vale e as condições geológicas e geotécnicas. Neste tipo de barragem, a incorporação de estruturas fixas em betão, no corpo da barragem, não é tecnicamente adequada devido às diferenças significativas de rigidez entre a barragem e estas estruturas. Esta discrepância dificulta a compatibilidade de deslocamentos nas interfaces, o que pode resultar em fissuras consideráveis e potenciais danos estruturais.

Assim, esta solução não se considera viável para mitigar o efeito de barreira da barragem a implantar na ribeira da Foupana.

5.4 SOLUÇÃO 3: PASSAGEM NATURALIZADA

Para a implantação de uma passagem naturalizada na barragem da Foupana, existem duas soluções técnicas possíveis do ponto de vista construtivo:

- a primeira (**Tipo 1**) consiste na implantação do canal no alinhamento da orografia do terreno, conduzindo a um menor movimento de terras e a um menor número de obras anexas, tais como pontes-canal e ou túneis, para atravessamento de linhas de água e de zonas de orografia acentuada, de modo a vencer os desníveis naturais no terreno; e
- a segunda solução (**Tipo 2**) consiste na implantação da passagem num alinhamento retilíneo à custa da preconização de uma série de obras anexas (túneis e pontes) para atravessamento de linhas de água e atravessamento de zonas de orografia acentuada de modo a vencer mesmos os desníveis naturais no terreno.

Dada orografia muito acidentada da região onde insere a ribeira da Foupana (ver **Tomo 2 do Volume 1 do EIA**), optando-se pela solução do **Tipo 1** e tendo em conta a existência de uma linha de água afluente à ribeira da Foupana na margem direita a jusante do local de implantação do **Eixo 3** da barragem, afigura-se mais vantajosa a implantação do canal naturalizado na margem esquerda, permitindo a ligação entre a ribeira e a albufeira.

Para vencer o desnível de 52,5 m (altura da barragem de aterro) e tendo em consideração a inclinação máxima admissíveis para as espécies alvo de 2%, a extensão do canal seria da ordem dos 2625 m (**Figura 5.3**), com uma largura de 2,0 m e 1,0 m de profundidade até ao coroamento da barragem e entrada na albufeira (**Figura 5.2**).

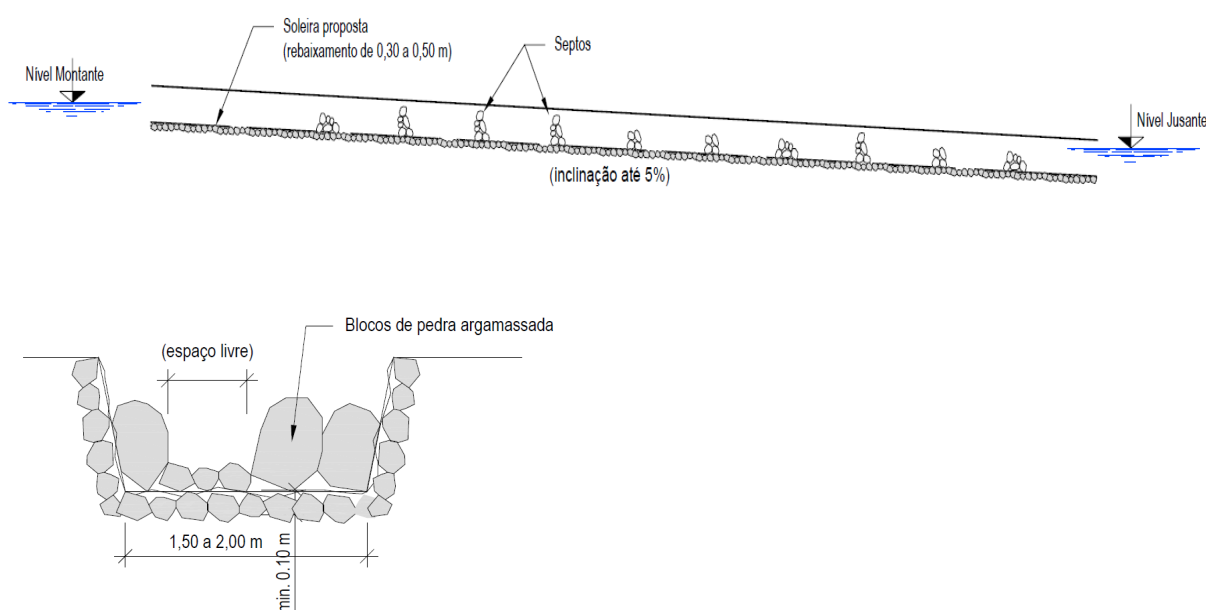


Figura 5.2 – Perfil Secção tipo ilustrativos de passagem naturalizada.

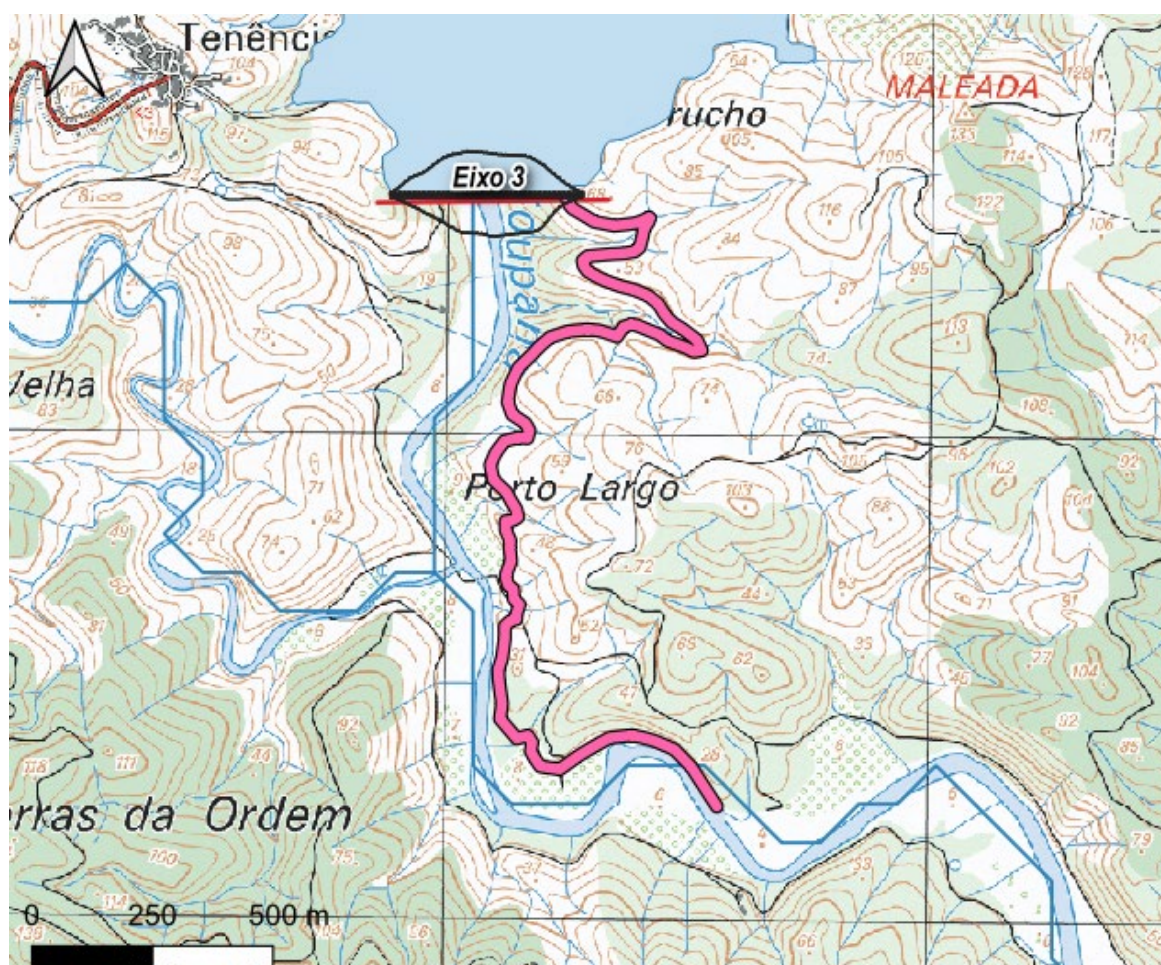


Figura 5.3 – Localização ilustrativa da solução Tipo 1 em canal naturalizado.

Como todos os dispositivos concebidos para transpor uma barragem, o canal desenhado pretende servir para possibilitar a passagem dos animais de um ponto a jusante da barreira para a albufeira gerada pela mesma.

A operação desta estrutura no local de montante (albufeira) é muito complexa, face à elevada variação dos níveis, inter-anual e intra-anual, da água armazenada.

A variação de níveis, faria com que o canal naturalizado só apresentasse escoamento de forma intermitente, nas situações em que a albufeira estivesse acima do nível para o qual o extremo de montante do canal fosse concebido.

Estes condicionalismos e limitações fizeram abandonar esta Solução – Passagem Naturalizada – para reduzir o efeito de barreira da barragem da Foupana sobre as espécies piscícolas.

5.5 SOLUÇÃO 4: SISTEMA COMBINADO (BACIAS SUCESSIVAS E TRANSPORTE)

Nesta solução, a transposição do obstáculo é concretizada através do transporte dos exemplares piscícolas em veículos apropriados, sendo estes recolhidos em dispositivo fixo de captura, conformando neste caso um sistema combinado.

Esta tipologia de sistema apresenta a vantagem de não ser condicionada pela altura da barreira a transpor, além de ser mais versátil no que respeita aos locais de libertação dos exemplares a translocar, permitindo ainda selecionar as espécies a transpor (o que não aconteceria nas soluções apresentadas anteriormente).

Desta forma, o sistema de transponibilidade da barragem da Foupana deste tipo incluirá:

- Dispositivo fixo de captura no troço fluvial a jusante da barragem da Foupana; e
- Transporte dos exemplares piscícolas alvo capturados nesse dispositivo para montante da infraestrutura em veículo motorizado.

O dispositivo fixo de captura proposto será constituído por um sistema por bacias sucessivas (interligadas entre si através de orifícios de fundo e descarregadores de superfície ou fendas verticais) a implantar no leito do rio junto à margem direita a jusante do descarregador de cheias, como ilustra a **Figura 5.4**. Este dispositivo será dotado de uma cuba amovível a instalar na bacia de montante que permitirá a captura das espécies para posterior translocação (**Figura 5.5**).

Dado que o dispositivo fixo será implantado no leito do rio, o desnível a vencer será da ordem de 1 a 2 m, o que conduz à execução de aproximadamente 4 a 8 bacias sucessivas com a extensão total de 8 a 16 m, considerando um desnível de cerca de 0,25 m e um comprimento de bacia de 2 m. A adução do caudal de atração ao dispositivo será realizada por uma conduta *by-pass* ao circuito de caudal ecológico da barragem da Foupana (**Figura 5.4**). A esta estrutura terá de ser garantido um acesso que permita quer as operações de translocação, quer as operações de manutenção e limpeza inerentes à existência deste tipo de estruturas.

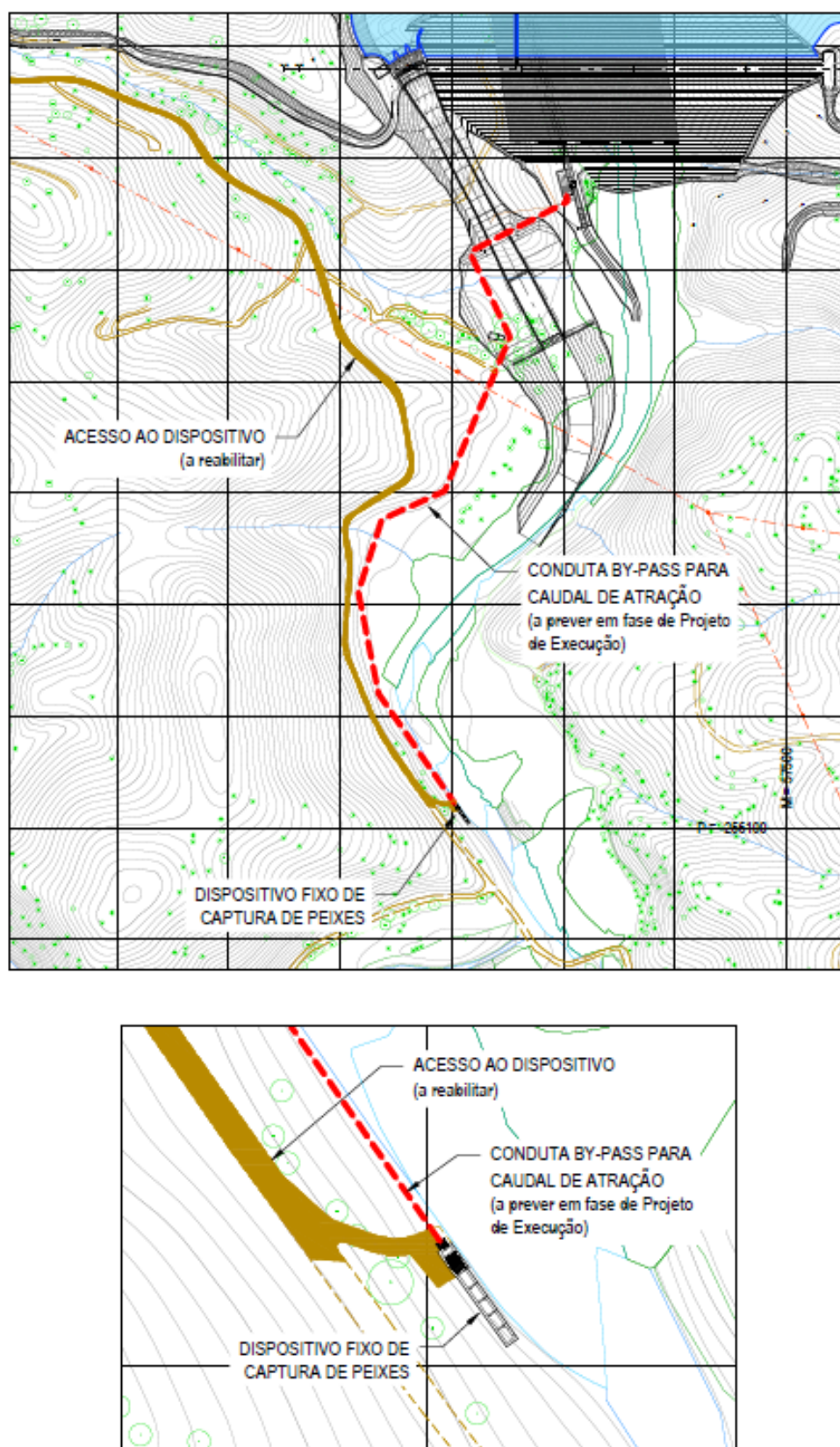


Figura 5.4 – Local proposto para a instalação do dispositivo fixo de captura.

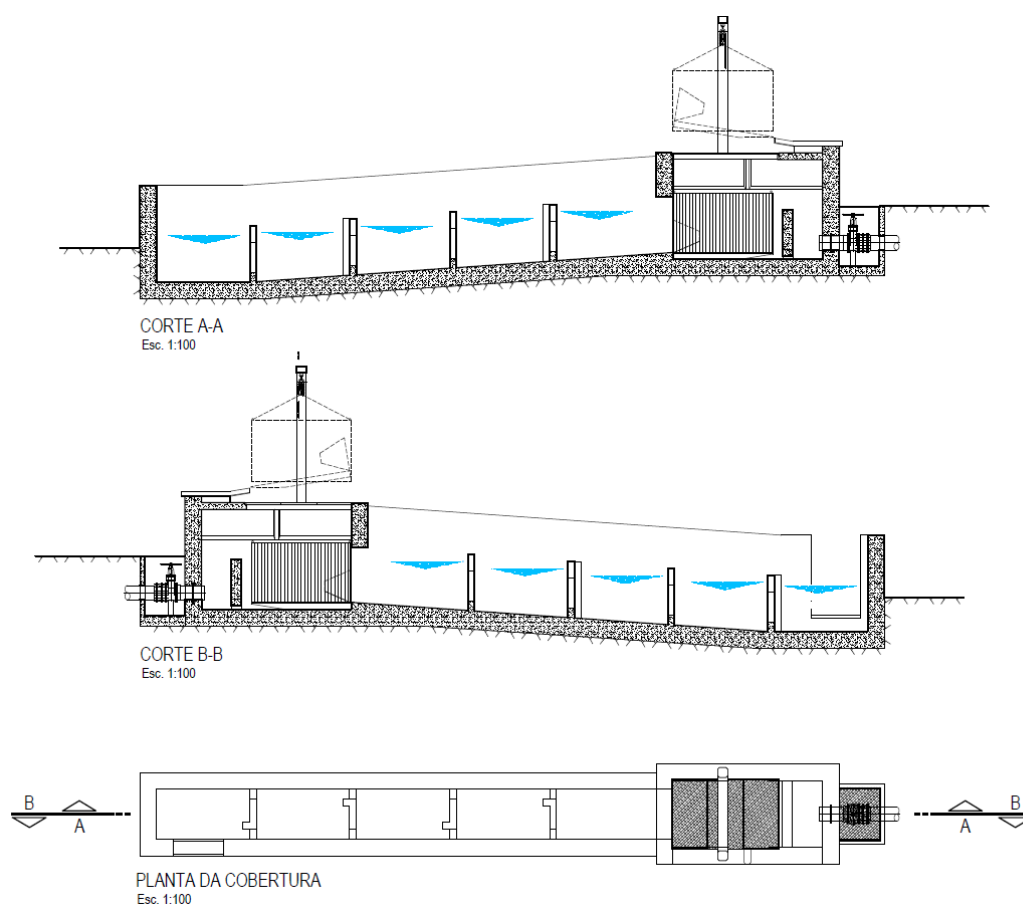


Figura 5.5 – Solução-tipo do dispositivo fixo de captura proposto.

Os exemplares capturados na estrutura fixa durante o período pré-reprodutivo/reprodutivo (identificados acima no **Quadro 5.2**) serão transportados para montante.

Numa primeira fase serão colocados em caixas/tanques arejados (com oxigenadores portáteis) e protegidos da influência direta dos raios solares. Posteriormente, e após seleção dos exemplares/espécies a translocar, serão transferidos para “veículos tanque” adequados ao transporte piscícola, que irão realizar a deslocação até ao local de libertação, a montante da futura barragem. Deverá ser garantido que os locais recetores dos exemplares translocados possuem condições adequadas de sobrevivência e para o êxito da reprodução.

Este processo deverá ser acompanhado por técnicos veterinários, sendo que todos os exemplares de espécies exóticas serão eutanasiados de acordo com procedimentos veterinários eticamente aceites. De forma a assegurar as condições adequadas de captura, manuseamento, transporte e devolução dos indivíduos ao meio aquático, serão salvaguardados, nomeadamente, os seguintes aspetos:

- Prevenção do stress fisiológico dos peixes capturados e subsequente manuseamento, realizando as capturas, transporte e devolução nos períodos do dia menos quentes (início e final do dia).

- Utilização de tanques de transporte providos de sistemas de arejamento (uso de oxigénio) durante o transporte das diferentes espécies, dimensionados para a carga piscícola a transportar.
- Devolução dos exemplares piscícolas ao meio aquático após observação do seu estado sanitário.
- Libertação dos exemplares em várias secções fluviais seleccionadas.
- Eutanásia de todos os exemplares de espécies alienígenas capturados.

Deverá também ser garantido que as translocações não provocam situações de desequilíbrio nas associações piscícolas presentes nos setores fluviais recetores, o que deverá ser acompanhado através de monitorização.

5.6 SOLUÇÃO 5: TRANSLOCAÇÃO DE EXEMPLARES PISCÍCOLAS

Os sistemas anteriormente descritos não contemplam as deslocações piscícolas de montante para jusante.

Em contraste, a captura e translocação ativa de exemplares piscícolas pode ser utilizada, quer nas deslocações ascendentes, quer nas deslocações descendentes.

Ou seja, poderá ser sempre utilizada para promover as deslocações de montante para jusante, uma vez que a sua eficiência será sempre menor que a da **Solução 4**, não sendo, portanto, tão adequada como hipótese para promoção das deslocações ascendentes. Assim, considera-se relevante contemplar um sistema de captura ativa de exemplares piscícolas alvo a montante da infraestrutura e posterior transporte em veículo motorizado para jusante da barragem.

5.7 CONCLUSÃO

Face à análise anterior, o sistema de transposição equacionado para barragem da Foupana (no EIA da barragem, em fase de Estudo Prévio) que em seguida se explicita considera, de forma integrada, a migração ascendente e descendente da comunidade piscícola presente no troço da ribeira da Foupana/rio Guadiana intercetado pela futura barragem.

Isto significa que nesta fase do projeto (barragem em fase de Estudo Prévio) se propõe a combinação da **Solução 4 - Sistema combinado (bacias sucessivas e transporte)**, para as deslocações no sentido ascendente e a **Solução 5 – Translocação de exemplares piscícolas**, para as deslocações no sentido descendente.

A migração ascendente incidirá na captura no dispositivo fixo a instalar na ribeira da Foupana e posterior transporte e libertação nos locais de destino. Os ciprinídeos e leuciscídeos nativos serão translocados para a própria ribeira da Foupana, a montante do limite do NPA da futura barragem da Foupana.

Em contraste, as diádromas que forem capturadas no dispositivo fixo, pela baixa probabilidade de migração descendente através da barragem da Foupana não deverão ser translocadas para montante da estrutura. Em alternativa, propõe-se a translocação dos exemplares destes *taxa* para outros cursos de água da bacia do Guadiana que permitam a prossecução dos seus ciclos vitais. Os exemplares destas espécies poderão ser translocados, por exemplo, para os setores intermédio e terminal do rio Vascão onde estas espécies têm presença confirmada.

A transposição descendente será garantida através da translocação de exemplares das espécies alvo capturados através de pesca elétrica, na ribeira da Foupana a montante da futura barragem, para setores lóticos da ribeira da Foupana a jusante da referida barragem; podendo também incluir o rio Guadiana e/ou a ribeira de Odeleite a jusante da barragem existente (massa de água PT07GUA1613).

Propõe-se concretizar a translocação descendente com uma periodicidade de 3 anos, eventualmente ajustável face aos resultados do **Plano de Monitorização** a implementar.

No que respeita aos Cypriniformes, e relativamente ao número de exemplares a translocar, deverá ter-se presente um dos pressupostos da genética de conservação, *one migration per generation rule* (e.g., Mills e Allendorf, 2005). Este pressuposto defende ser suficiente garantir a introdução na subpopulação de um reduzido número de exemplares reprodutores para limitar significativamente a perda de polimorfismos e heterozigotia entre populações, assegurando a diversidade genética.

Face à análise realizada, propõe-se que nas fases seguintes do projeto da barragem da Foupana sejam efetuados estudos de detalhe para desenvolvimento da solução proposta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez-Vázquez, L. J., Martínez, A., Vázquez-Méndez, M.E., e M. A. Vilar (2008). An optimal shape problem related to the realistic design of river fishways. *Ecological Engineering* **32**: 293-300.
- Bochechas, J. H. R. (1995). *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, Universidade Técnica de Lisboa.
- Cada, G. F. e M. J. Sale (1993). Status of fish passage facilities at non federal hydropower Projects. *Fisheries* **18**:4–12.
- Calles, O. e L. Greenberg (2009). Connectivity is a two-way street-the need for a holistic approach to fish passage problems in regulated rivers. *River Research and Applications* **25**(10): 1268-1285.
- Clay, C. H. (1995). *Design of fishways and other fish facilities* - 2nd Edition. Lewis Publishers, CRC Press, Inc.
- Ebel, W. J. (1985). Review of effects of environmental degradation on the freshwater stages of anadromous fish. In Alabaster, J. (Ed) *Habitat Modification and Freshwater Fisheries*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, pp 62-79.
- Eberstaller, J.; Hinterhofer, M. e P. Parasiewicz (1998). The effectiveness of two nature-like bypass channels in an upland Austrian river. In M. Jungwirth; S. Schmutz e S. Weiss (Edts.), *Fish migration and fish bypasses*. Vienna, Austria. pp 363-383.
- FAO (2002). *Fish passes - designs, dimensions and monitoring*. FAO, Rome.
- Gebler, R. J. (1998) Examples of near-natural fish passes in Germany: drop structure conversions, fish ramps and bypass channels. In M. Jungwirth; S. Schmutz e S. Weiss (Edts.), *Fish migration and fish bypasses*. Vienna, Austria. pp 403-419.
- Heimerl, S., Krueger, F. e H. Wurster (2008). Dimensioning of fish passage structures with perturbation boulders. *Hydrobiologia* **609**: 197-204.
- Jungwirth M. (1998). River continuum and fish migration - going beyond the longitudinal river corridor in understanding ecological integrity. In M. Jungwirth; S. Schmutz e S. Weiss (Edts.), *Fish migration and fish bypasses*. Vienna, Austria. pp 19-32.
- Knights, B. e E. M. White (1998). Enhancing immigration and recruitment of eels: the use of passes and associated trapping systems. *Fisheries Management and Ecology* **5**: 459-471.

- Kock, T.J., Ferguson, J.W., Keefer, M.L e C B. Schreck (2021). Review of trap-and-haul for managing Pacific salmonids (*Oncorhynchus* spp.) in impounded river systems. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* **31**: 53–94.
- Larinier, M. (2008). Fish passage experience at small-scale hydro-electric power plants in France. *Hydrobiologia* **609**:97-108.
- Larinier, M. (2002). Fishways - general considerations. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* **364**: 21-27.
- Larinier, M. (2002e). Baffle fishways. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* **364**: 83-101.
- Larinier, M. (2008). Fish passage experience at small-scale hydro-electric power plants in France. *Hydrobiologia* **609**:97-108.
- Larinier, M. e F. Travade (2002). Downstream migration; problems and facilities. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* **364**: 181-207.
- Larinier, L. e G. Marmulla (2004). Fish Passes: Types, Principles and Geographical Distribution – An Overview. In: Welcomme R. and T. Petr, eds., *Proceedings of the Second International Symposium on the Management of Large Rivers for Fisheries*. FAO Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok, Thailand. RAP Publication, 183-205 pp.
- Larinier, M.; Courret, D. e P. Gomes (2006). *Guide technique pour la Conception des passes naturelles*. CEMAGREF.
- Lucas, M. C. e E. Baras (2001). *Migration of freshwater fishes*. Blackwell Science, Oxford.
- Magalhães, M.F., Amaral, S.D., Sousa, M., Alexandre, C.M., Almeida, P.R., Alves, M.J., Cortes, R., Farrobo, A., Filipe, A.F., Franco, A., Jesus, J., Oliveira, J.M., Pereira, J., Pires, D., Reis, M., Ribeiro, F., Robalo, J.I., Sá, F., Santos, C.S., Teixeira, A., e I. Domingos (2023). *Livro Vermelho dos Peixes Dulciaquícolas e Diádmomos de Portugal Continental*. FCIências.ID & ICNF, I.P. Lisboa.
- Mallen-Cooper, M. e I. G. Stuart. 2007. Optimising Denil fishways for passage of small and large fishes. *Fisheries Management and Ecology* **14**(1):61-71.
- Marmulla, G. (Edt.) (2001). *Dams, fish and fisheries - opportunities, challenges and conflict resolution*. FAO Fisheries Technical Paper nº. 419. Rome, FAO.
- Martins, S. L. (2004). *Sistemas para a transposição de peixes*. Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Mestre em Engenharia. São Paulo.
- Mills, L. S. e F. W. Allendorf (2005). The one-migrant-per-generation rule in conservation and management. *Conservation Biology* **10**(6): 1509-1518.

Nicola, G. G.; Elvira, B. e A. Almodóvar (1996). Dams and fish passage facilities in the large rivers of Spain: effects on migratory species. *Archives Hydrobiology* **113**(1-4): 375-379.

Office of Technology Assessment (1995). *Fish Passage Technologies: Protection at Hydropower Facilities*. OTA-ENV-641

Parasiewicz, P.; Eberstaller, J.; Weiss, S. e S. Schmutz (1998). Conceptual guidelines for nature-like bypass channels. In M. Jungwirth; S. Schmutz e S. Weiss (Edts.), *Fish migration and fish bypasses*. Vienna, Austria. pp 348-362.

Petts, G. E. (1984). *Impounded rivers. Perspectives for ecological management*. John Wiley e Sons. Wiltshire.

Pompeu, P. S. e C. B. Martinez (2005a). *Study of the necessary mechanical modifications for the operational optimization of the Santa Clara dam's fish lift*. 18th International Congress of Mechanical Engineering. Ouro Preto, MG. 7p.

Pompeu, P. S. e C. B. Martinez (2005b). Estabelecimento da Regra Operativa de um Mecanismo de Transposição de Peixes do Tipo Elevador com Caminhão-Tanque. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* **10**(4): 31-42.

Pompeu, P. S. e C. B. Martínez (2007). Efficiency and selectivity of a trap and truck fish passage system in Brazil. *Neotropical Ichthyology* **5**(2):169-176, 2007

Porcher, J. P. (2002). Fishways for eels. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* **364**: 147-155.

Porcher, J. P. e F. Travade (2002). Fishways: biological basis, limits and legal considerations. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* **364**: 9-20.

Santos, J.M. (coord.), J.M. Oliveira, R. Rivaes, R.A. Pizarro, M.T. Ferreira, J. Pádua e C. Marin (2014). *Plano de Ação para a Otimização do Ascensor de Peixes do Aproveitamento Hidroelétrico de Touvedo*. Relatório Final. Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa e EDP Labelec, Lisboa

Santos, J. M., Quaresma, A. L., Romão, F., Amaral, S. D., Mameri, D., Santo, M., Bochechas, J., Telhado, A., Godinho, F. N., Pádua, J., Pinheiro, P. J., Silva, A. T., Viseu, T., Almeida, P. R., Ferreira, T., Pinheiro, A. N. e P. Branco (2025). Fishways in Portugal: status, main findings and research needs. *Water* **17**(19), 2898.

Silva, A. T., Lucas, M. C., Castro-Santos, T., Katopodis, C., Baumgartner, L. J., Thiem, J. D., Aarestrup, K., Pompeu, P. S., O'Brien, G. C., Braun, D. C., Burnett, N. J., Zhu, D. Z., Fjeldstad, H. P., Forseth, T., Rajaratnam, N., Williams, J. G. e S. J. Cooke (2018). The future of fish passage science, engineering, and practice. *Fish and Fisheries* **19**: 340-362.

Solomon, D. J. e M. H. Beach (2004). *Manual for provision of upstream migration facilities for Eel and Elver*. Environment Agency.

Stuart, I. G., Berghuis, A. P., Long, P. E. e M.Mallen-Cooper, (2007). Do fish locks have potential in tropical rivers? *River Research and Applications* **23**: 269-286

Thorncraft, G. e J. H. Harris (2000). *Fish passage and fishways in New South Wales: a status report*. Cooperative Research Centre for Freshwater Ecology, Technical Report 1/2000. Sydney.

Travade, F. e M. Larinier. (2002). Fish locks and fish lifts. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* **364**: 102-118.

Travade, F., Larinier, M., Trivellato, D. e J. Dartiguelongue (1992). Conception d'un ascenseur à poissons adapté à l'alose (*Alosa alosa*) sur un grand cours d'eau : l'ascenseur de Golfech sur la Garonne. *Hydroécologie Appliquée* **4**: 91-119.

Wildman, L., Parasiewicz, P., Katopodis, C. e U. Dumont (2002). *An Illustrative. Handbook on Nature-Like Fishways*. 21 pp.