

**MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE 2017/2018**

**POTENCIAÇÃO DA CONECTIVIDADE FLUVIAL NOS AH DA EDPP:  
ANÁLISE E PROPOSTA DE SOLUÇÕES PARA TRANSPOSIÇÃO DE  
ICTIOFAUNA**

**ANA LUÍSA OLIVEIRA ALVES**

Dissertação submetida para obtenção do grau de  
**MESTRE EM ENGENHARIA DO AMBIENTE**

---

**Orientador académico:** Rodrigo Jorge Fonseca de Oliveira Maia  
(Professor Associado do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de  
Engenharia da Universidade do Porto)

**Orientador na empresa:** Raquel Pinheiro de Moura  
(Técnica Superior Especialista pela Direção de Sustentabilidade da EDP – Gestão da  
Produção de Energia, S.A.)

*julho, 2018*



## Agradecimentos

Não podia terminar esta etapa sem agradecer àqueles que contribuíram para a minha felicidade e sucesso. Uma vez que cada um teve o seu papel e importância, seguem sem qualquer ordem específica e com um bocadinho de cliché que está sempre intrínseca a esta parte.

Ao meu orientador académico, Professor Doutor Rodrigo Maia, a quem agradeço a orientação ao longo deste trabalho e as sugestões dadas que contribuíram para a elevação do mesmo.

À minha orientadora na EDP Produção, Eng<sup>a</sup> Raquel Moura, pelo companheirismo ao longo deste trabalho. Agradeço o pensamento crítico incutido e todas as sugestões que foram essenciais no desenvolver desta dissertação, sem esquecer todo o apoio, motivação e segurança transmitidos ao longo destes meses.

À EDP Produção pelas condições de trabalho fornecidas e por todas as oportunidades de acompanhar saídas de campo.

Ao Professor Doutor Nuno Formigo que, apesar de não ter sido meu professor, mostrou-se sempre disponível para colaborar neste projeto, partilhando a sua opinião e conhecimentos.

Um agradecimento particular ao João Pádua, pela disponibilidade em transmitir a sua experiência, opiniões e conhecimentos.

A todos os colegas com quem tive contacto na EDP Produção por me acolherem tão bem e me darem a possibilidade de conhecer e experienciar tanto durante estes meses.

À família da propulsão que criamos na Boa União. Ainda temos muitos pratos para limpar e polir.

Às minhas amigas que mais parecem minhas irmãs, Mafalda e Sofia, obrigada por me apoiarem incondicionalmente, sem esquecer as noites a divagar sobre situações cósmicas seguidas de tardes no terraço. Sei que posso contar sempre convosco.

À minha mãe por todo o carinho e motivação, por me lembrar que tudo acontece por um motivo e por me ensinar a procurar sempre o lado bom do que parece menos bom.

Ao meu pai por todo o mimo e sentimento de orgulho em mim.

À minha irmã por, de alguma forma, conseguir arrancar-me sempre uma gargalhada nos dias em que cheguei a casa menos animada (rabugenta, quero eu dizer). Serás sempre a minha maninha mais nova por mais que cresças.

Ao Gonçalo, por toda a paciência, amor, dedicação, companheirismo e força transmitida. Obrigada por me fazeres acreditar em mim quando duvidei e por aturares este mau feitio que nestes últimos meses não deve ter sido pêra doce. Inspiras-me a ser melhor a cada dia e espero poder retribuir-te tudo o que me tens dado.



## Resumo

A construção de barragens para fins de aproveitamento hidroelétrico aumentou exponencialmente nas últimas décadas e, de forma a mitigar o efeito barreira à migração piscícola, surgiram os sistemas de transposição de ictiofauna.

No entanto, ainda existem muitas barreiras nos rios que não permitem a livre circulação dos peixes. Assim, o presente trabalho teve como objetivo a elaboração de uma proposta de sistemas de transposição de ictiofauna para aproveitamentos hidroelétricos pertencentes à EDP Produção, para serem aplicados nos casos em que tal seja aconselhado no Plano de Gestão de Região Hidrográfica, de forma a impulsionar a potenciação da conectividade fluvial nos rios portugueses.

Após análise dos Planos de Gestão de Região Hidrográfica e do Plano de Gestão da Enguia, foram usados como casos de estudo para o presente trabalho os Aproveitamentos Hidroelétricos de Raiva e da Aguieira, ambos pertencentes à Região Hidrográfica 4: Vouga, Mondego e Lis.

Procedeu-se ao estudo de casos de interesse, isto é, barragens em que a implementação de um dispositivo de passagem de peixes ocorreu posteriormente à sua construção, para averiguar a sua aplicabilidade aos casos de estudo deste trabalho.

Através da avaliação dos mesmos e tendo em conta a altura das barragens em estudo, concluiu-se que a solução mais vantajosa em termos de impulsionamento da conectividade fluvial é a translocação manual.

Tendo por base as condicionantes verificadas propôs-se a translocação manual de Lampreia marinha (*Petromyzon marinus*), Barbo-comum (*Luciobarbus bocagei*), Boga-comum (*Pseudochondrostoma polylepis*), Truta-de-rio (*Salmo trutta*) e Enguia europeia (*Anguilla anguilla*).

Verificou-se e estudou-se a existência de um afluente com condições para desova entre a Barragem de Raiva e a Barragem da Aguieira, nomeadamente a Ribeira de Mortágua.

Assim, em conformidade com o objetivo de promover a continuidade fluvial, propôs-se não só a translocação no sentido jusante-montante, com locais de libertação a montante da Barragem da Aguieira e na Ribeira de Mortágua, mas também no sentido montante-jusante, com captura a montante da Barragem da Aguieira e libertação a jusante da Barragem de Raiva.

**PALAVRAS-CHAVE:** Conectividade fluvial; Sistemas de Transposição de Peixes; Migração de Peixes; Translocação Manual



## Abstract

The construction of dams for hidropower purposes has grown in the last few decades and so, in order to mitigate the barrier effect, the fish passages appeared.

However, there are still a lot of barriers that don't allow fish migration. Therefore, the present work aims to elaborate of a proposal for systems of transposition of ichthyofauna for hydroelectric powerplants belonging to EDP Produção that are advised to do so by the Hydrographic Region Management Plan, in order to boost the potentiation of connectivity in the portuguese rivers.

Through the analysis of the Hydrographic Region Management Plan and the Eel Management Plan, the case studies selected were Raiva Hydroelectric Powerplant and Aguieira Hidroeletric Powerplant, both in the Hydrographic Region 4: Vouga, Mondego and Lis.

Through the analysis of cases of interest (dams in which the implementation of a fishway was posteriorly it's construction) and taking into account the height of the dams under study, it was concluded that the most advantageous solution in terms of fluvial connectivity is manual translocation.

Based on the verified facts, it was proposed the manual translocation of Sea lamprey (*Petromyzon marinus*), Iberian barbel (*Luciobarbus bocagei*), Iberian nase (*Pseudochondrostoma polylepis*), Atlantic trout (*Salmo trutta*) and European eel (*Anguilla anguilla*).

It was verified and studied the existence of a tributary with conditions for spawning between the Raiva Dam and the Aguieira Dam, namely Ribeira de Mortágua.

Thus, in accordance with the objective of promoting river continuity, it was proposed not only the downstream-upstream translocation, with liberation sites upstream of the Aguieira Dam and in Ribeira de Mortágua, but also upstream-downstream translocation, with capture upstream of the Aguieira Dam and liberation downstream of the Raiva Dam.

KEY-WORDS: River Connectivity; Fish Migration; Fish Passes; Manual Tranlocation



# Índice

|                                                                          |             |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>Agradecimentos .....</b>                                              | <b>iii</b>  |
| <b>Resumo .....</b>                                                      | <b>v</b>    |
| <b>Abstract.....</b>                                                     | <b>vii</b>  |
| <b>Índice.....</b>                                                       | <b>ix</b>   |
| <b>Lista de figuras .....</b>                                            | <b>xi</b>   |
| <b>Lista de tabelas .....</b>                                            | <b>xiii</b> |
| <b>Abreviaturas e Símbolos .....</b>                                     | <b>xv</b>   |
| <b>1. Introdução .....</b>                                               | <b>1</b>    |
| 1.1 Enquadramento.....                                                   | 1           |
| 1.2 Âmbito e Objetivos da Dissertação .....                              | 2           |
| 1.3 Estrutura da dissertação .....                                       | 2           |
| <b>2. Migração de peixes e a influência antropogénica .....</b>          | <b>5</b>    |
| 2.1. Migração piscícola.....                                             | 5           |
| 2.1.1. Fatores condicionantes para a migração.....                       | 6           |
| 2.1.2. Classificação das espécies quanto ao tipo de migração .....       | 7           |
| 2.1.3. Comportamentos migratórios .....                                  | 8           |
| 2.2. Capacidades Natatórias .....                                        | 9           |
| 2.2.1. Velocidade e resistência .....                                    | 9           |
| 2.2.2. Relação entre regime de natação e tipo de músculo .....           | 10          |
| 2.2.3. Influência da temperatura.....                                    | 10          |
| 2.2.4. Influência do caudal .....                                        | 11          |
| 2.2.5. Influência da amplitude e frequência do batimento de cauda .....  | 11          |
| 2.3. Impactes de origem antropogénica .....                              | 12          |
| <b>3. Sistemas de transposição de ictiofauna .....</b>                   | <b>15</b>   |
| 3.1. Tipos de sistemas de transposição da ictiofauna.....                | 15          |
| 3.1.1. Passagens de peixes naturais .....                                | 16          |
| 3.1.2. Passagens de peixes técnicas .....                                | 17          |
| 3.1.3. Passagens de peixes especiais .....                               | 19          |
| 3.2. Eficácia e eficiência de um dispositivo de passagem de peixes ..... | 22          |
| 3.2.1. Atratividade .....                                                | 23          |
| 3.2.2. Características hidráulicas .....                                 | 24          |
| 3.3. Monitorização .....                                                 | 24          |
| 3.3.1. Controlo do funcionamento hidráulico e mecânico .....             | 25          |
| 3.3.2. Recolha de informação de carácter biológico.....                  | 25          |
| 3.4. Casos de interesse .....                                            | 29          |
| 3.4.1. Introdução .....                                                  | 29          |
| 3.4.2. Aproveitamento Hidroelétrico Kurichhu .....                       | 30          |

|                                                                  |           |
|------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.4.3. Barragem Cle Elum .....                                   | 30        |
| 3.4.4. Aproveitamento Hidroelétrico Gmunden .....                | 31        |
| 3.4.5. Aproveitamento Hidroelétrico do Baixo Sabor .....         | 33        |
| <b>4. Casos de Estudo.....</b>                                   | <b>35</b> |
| 4.1. Enquadramento Legislativo .....                             | 35        |
| 4.2. Processo de seleção dos casos de estudo .....               | 37        |
| 4.3. Sistema Agueira-Raiva.....                                  | 37        |
| 4.3.1. Aproveitamento Hidroelétrico da Agueira .....             | 38        |
| 4.3.2. Aproveitamento Hidroelétrico da Raiva.....                | 39        |
| 4.4. Caracterização a jusante do sistema Raiva-Agueira .....     | 40        |
| 4.5. Caracterização da ictiofauna .....                          | 43        |
| 4.5.1. Lampreia-marinha ( <i>Petromyzon marinus</i> ) .....      | 45        |
| 4.5.2. Sável ( <i>Alosa alosa</i> ) .....                        | 46        |
| 4.5.3. Savelha ( <i>Alosa fallax</i> ) .....                     | 47        |
| 4.5.4. Barbo-comum ( <i>Luciobarbus bocagei</i> ).....           | 48        |
| 4.5.5. Boga-comum ( <i>Pseudochondrostoma polylepis</i> ) .....  | 49        |
| 4.5.6. Truta-de-rio ( <i>Salmo Trutta</i> ) .....                | 50        |
| 4.5.7. Muge ( <i>Liza ramada</i> ).....                          | 51        |
| 4.5.8. Enguia-europeia ( <i>Anguilla anguilla</i> ).....         | 52        |
| <b>5. Proposta de medidas de transposição da ictiofauna.....</b> | <b>55</b> |
| 5.1. Objetivos e espécies alvo.....                              | 56        |
| 5.2. Locais de captura e libertação .....                        | 57        |
| 5.3. Metodologia de captura e translocação dos peixes .....      | 64        |
| 5.4. Monitorização.....                                          | 66        |
| <b>6. Considerações finais e propostas para o futuro .....</b>   | <b>67</b> |
| <b>Referências .....</b>                                         | <b>71</b> |
| <b>Anexos .....</b>                                              | <b>I</b>  |
| Anexo A - Processo de seleção dos casos de estudo .....          | III       |
| Anexo B - Aproveitamento Hidroelétrico do Alto Lindoso .....     | VII       |
| Anexo C - Ribeira de Mortágua .....                              | XI        |

## Lista de figuras

|                                                                                                                                                                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Mapa da costa Nordeste da América do Norte, demonstrando um exemplo das 3 grandes categorias de migração (fonte: <a href="http://oversights.org.uk/">http://oversights.org.uk/</a> ) .....                            | 7  |
| Figura 2 - Representação esquemática de um leito de rio modelado (Santo, 2005) .....                                                                                                                                             | 17 |
| Figura 3 - Representação esquemática de um canal lateral (Santo, 2005) .....                                                                                                                                                     | 17 |
| Figura 4 - Representação esquemática de passagens de bacias sucessivas. A - com fendas verticais; B - com descarregadores de superfície e orifícios submersos. (Bochechas, 1995).....                                            | 18 |
| Figura 5 - Representação esquemática de uma passagem do tipo Denil (Bochechas, 1995) ...                                                                                                                                         | 19 |
| Figura 6 - Representação esquemática de um ascensor de peixes (adaptado de FAO/DVWK, 2002) .....                                                                                                                                 | 20 |
| Figura 7 - Representação esquemática de uma eclusa para peixes tipo "Borland" (Bochechas, 1995).....                                                                                                                             | 20 |
| Figura 8 - Representação esquemática de um canal secundário com revestimento no fundo para a passagem de enguias (adaptado de Porcher, 2002) .....                                                                               | 21 |
| Figura 9 - Rampa com cerdas no fundo para facilitar a passagem de enguias (Fonte: <a href="http://www.rhpdm.uevora.pt/">http://www.rhpdm.uevora.pt/</a> ) .....                                                                  | 21 |
| Figura 10 - Medição do comprimento total de um barbo .....                                                                                                                                                                       | 27 |
| Figura 11 - PIT-tag .....                                                                                                                                                                                                        | 27 |
| Figura 12 - Inserção de um PIT-tag num barbo-comum .....                                                                                                                                                                         | 28 |
| Figura 13 - Sistema de bacias sucessivas no Aproveitamento Hidroelétrico de Kurichhu (fonte: SANDRP, 2014) .....                                                                                                                 | 30 |
| Figura 14 - Sistema de transposição da ictiofauna na Barragem de Cle Elum (fonte: Bureau of Reclamation, 2011) .....                                                                                                             | 31 |
| Figura 15 - Dispositivo de passagem de peixes "Fish Lift Juice" .....                                                                                                                                                            | 32 |
| Figura 16 - Imagens captadas pelas câmaras de monitorização do Fish Lift Sluice no AH Gmunden.....                                                                                                                               | 32 |
| Figura 17 - Barragem da Aguieira (fonte: edp.pt) .....                                                                                                                                                                           | 39 |
| Figura 18 - Barragem de Raiva (fonte: edp.pt) .....                                                                                                                                                                              | 40 |
| Figura 19 - Troço do rio Mondego alvo de reabilitação com a localização dos principais obstáculos à migração piscícola (PROMAR, 2016) .....                                                                                      | 41 |
| Figura 20 - Açude da Carvoeira (ou Açude de Reconquinho) (à esquerda: antes da intervenção; à direita: após a intervenção, caudal estival) (Fonte: <a href="http://www.rhpdm.uevora.pt/">http://www.rhpdm.uevora.pt/</a> ) ..... | 41 |

|                                                                                                                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 21 - Açude-Ponte de Coimbra (adaptado de Google Maps) .....                                                                                                                                    | 42 |
| Figura 22 - Açude de Penacova (à esquerda: antes do projeto; à direita: depois do projeto, caudal estival) (fonte: <a href="http://www.rhpdm.uevora.pt/">http://www.rhpdm.uevora.pt/</a> ) .....      | 42 |
| Figura 23 - Açude do Louredo (à esquerda: antes do projeto; à direita: depois do projeto, caudal estival) (Fonte: <a href="http://www.rhpdm.uevora.pt/">http://www.rhpdm.uevora.pt/</a> ) .....       | 43 |
| Figura 24 - Açude de Palheiros (à esquerda: antes do projeto; à direita: depois do projeto, caudal estival) (Fonte: <a href="http://www.rhpdm.uevora.pt/">http://www.rhpdm.uevora.pt/</a> ) .....     | 43 |
| Figura 25 - Açude da Formoselha (à esquerda: antes do projeto; à direita: depois do projeto, caudal estival) (Fonte: <a href="http://www.rhpdm.uevora.pt/">http://www.rhpdm.uevora.pt/</a> ) .....    | 43 |
| Figura 26 - Lampreia-marinha (Cardoso, 2014).....                                                                                                                                                     | 45 |
| Figura 27 - Sável (Cabral et al., 2005) .....                                                                                                                                                         | 46 |
| Figura 28 - Savelha (Cabral et al., 2005) .....                                                                                                                                                       | 47 |
| Figura 29 - <i>Barbo-comum</i> (Cardoso, 2014) .....                                                                                                                                                  | 48 |
| Figura 30 - <i>Boga-comum</i> (Cardoso, 2014) .....                                                                                                                                                   | 50 |
| Figura 31 - Truta marisca (Truta-de-rio) (Cabral et al., 2005) .....                                                                                                                                  | 51 |
| Figura 32 - Muge (fonte: <a href="http://www.masmar.net">masmar.net</a> ) .....                                                                                                                       | 52 |
| Figura 33 - Enguia-europeia (Cabral et al., 2005) .....                                                                                                                                               | 53 |
| Figura 34 - Ciclo de vida da enguia-europeia ( <i>Anguilla anguilla</i> ) (Fonte: Neto, 2008; adaptado de ICES, 2008) .....                                                                           | 53 |
| Figura 35 - Localização da Ribeira de Mortágua (fonte: GeoPRO) .....                                                                                                                                  | 57 |
| Figura 36 - Pontos potenciais de libertação de ictiofauna identificados a partir de ortofotomapas .....                                                                                               | 58 |
| Figura 37 - Pontos de interesse selecionados na Ribeira de Mortágua .....                                                                                                                             | 60 |
| Figura 38 - Local de Libertação 3 na Ribeira de Mortágua .....                                                                                                                                        | 61 |
| Figura 39 - Local de Libertação 4 na Ribeira de Mortágua .....                                                                                                                                        | 61 |
| Figura 40 - Local de Libertação 5 na Ribeira de Mortágua .....                                                                                                                                        | 62 |
| Figura 41 - Açude 1 na Ribeira de Mortágua .....                                                                                                                                                      | 62 |
| Figura 42 - Açude 2 na Ribeira de Mortágua .....                                                                                                                                                      | 63 |
| Figura 43 - Açude 3 na Ribeira de Mortágua .....                                                                                                                                                      | 63 |
| Figura 44 - Troço para captura com recurso à pesca elétrica (a azul) e troço para captura com recurso a redes de emalhar (a laranja), ambos a jusante do AH de Raiva (adaptado de GeoPRO, 2018) ..... | 65 |

## Lista de tabelas

|                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 - Espécies ictiofaunísticas existentes na área de influência do Açude-Ponte de Coimbra ..... | 44 |
| Tabela 2 - Espécies presentes nas imediações do sistema Raiva-Aguieira.....                           | 44 |
| Tabela 3 - Época de reprodução das espécies em estudo a jusante do AH de Raiva .....                  | 45 |



## Abreviaturas e Símbolos

|      |                                        |
|------|----------------------------------------|
| AH   | Aproveitamento Hidroelétrico           |
| BH   | Bacia Hidrográfica                     |
| LL   | Local de Libertação                    |
| PGE  | Plano de Gestão da Enguia              |
| PGRH | Plano de Gestão de Região Hidrográfica |
| RH   | Região Hidrográfica                    |

|   |                                                                     |
|---|---------------------------------------------------------------------|
| A | Distância percorrida (m)                                            |
| f | Frequência de ondulação do corpo e da barbatana caudal ( $s^{-1}$ ) |
| V | Velocidade de natação (m/s)                                         |



# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 Enquadramento

Desde há muito tempo que o Homem atua sobre os cursos de água, construindo barreiras à circulação dos peixes. Já os povos indígenas da costa do Pacífico e das regiões interiores da América do Norte construía açudes e outros artifícios para facilitar a captura do salmão, truta e outras espécies que introduziam na sua alimentação (Northcote, 1998).

Atualmente a construção de barragens e açudes está intimamente ligada ao abastecimento de água, ao aproveitamento hidroelétrico e também à retenção de água para rega (aproveitamentos hidroagrícolas). Os açudes ou barragens construídos para abastecimento de água para consumo podem ser de grande dimensão, construídos em betão ou em terra, dando origem à formação de uma albufeira onde importa a qualidade da água do ponto de vista do consumo doméstico ou industrial. Nestes casos, a água será consumida e, portanto, não será restituída ao curso de água (Santo, 2005).

No que toca aos aproveitamentos hidroelétricos, estes são mais comuns no Norte do país, onde as disponibilidades hídricas se coadunam com este tipo de obras. Neste caso, os açudes/barragens são construídos para retenção de água a determinada cota, a ser canalizada para um nível inferior, para poder transformar a energia potencial gravitacional em energia cinética, e esta em energia elétrica. Esta utilização exige um desnível entre a tomada de água e as turbinas, que por vezes resulta apenas da altura do açude, e neste caso a central hidroelétrica situa-se junto do açude/barragem. No entanto, é vulgar que o desnível provocado seja superior à altura da barreira imposta, sendo que nestes casos a central hidroelétrica se situa distanciada do açude, sempre a uma cota significativamente mais baixa. No caso dos aproveitamentos hidroelétricos, toda a água captada é restituída ao curso de água, podendo até sê-lo num curso de água diferente daquele em que foi captada (Santo, 2005).

Naturalmente, a construção de uma barragem/açude traz vários impactes negativos que vêm interferir no equilíbrio natural do ecossistema em que se insere, causando alterações na flora e na fauna terrestre e aquática, muitas vezes de modo irreversível (Soares, 2012). Entre os efeitos negativos provocados pela construção de barragens e açudes destacam-se a alteração das características físicas e químicas das águas e o efeito barreira, responsável pela quebra do *continuum* fluvial.

A quebra da continuidade fluvial resultante da construção das barragens e açudes levou à criação de medidas que pudessem colmatar estes impactes, como os sistemas de transposição de ictiofauna. A projeção destes envolve conhecimentos na área da Engenharia Civil pela construção em que se inserem, mas também da área da Biologia visto que se destinam à fauna piscícola. Deste modo, ao mesmo tempo que os dispositivos de passagem de peixes exigem a definição de características técnicas estruturais e funcionais, têm de ser considerados alguns fatores do âmbito da biologia das espécies a que se destinam, como as suas capacidades de natação e salto ou a sua época de migração (Santo, 2005).

## 1.2 Âmbito e Objetivos da Dissertação

A presente dissertação foi realizada em ambiente empresarial na EDP - Gestão da Produção de Energia, S.A., na Direção de Sustentabilidade (DST).

Este trabalho tem como objetivo a análise de barragens a cargo da EDP Produção que ainda não estejam munidas de sistemas de transição da ictiofauna e a proposta de uma solução de transposição de ictiofauna para as os Aproveitamentos Hidroelétricos (AH) alvo de estudo. Para tal, foi realizada uma revisão do Plano de Gestão de Região Hidrográfica (PGRH) e do Plano de Gestão da Enguia (PGE) para se determinarem quais os casos de maior prioridade, sendo estes o AH da Aguieira e o AH de Raiva. Também foi efetuada uma pesquisa, para identificar situações semelhantes, com soluções implementadas, e averiguar se as soluções aplicadas são concretizáveis nos casos de estudo deste trabalho.

## 1.3 Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se organizada em seis capítulos, sendo de seguida apresentada uma descrição sucinta de cada um destes, para além do Capítulo 1, de Introdução.

No capítulo 2 é abordada a temática da migração dos peixes e em que medida estes são influenciados por fatores internos e externos. Para tal foram estudados aspetos relevantes sobre as capacidades natatórias e ainda explorados alguns dos impactes de origem antropogénica, para além do efeito barreira.

No capítulo 3 é feita uma revisão dos diferentes tipos de sistemas de transposição de ictiofauna assim como dos diferentes parâmetros que interferem na eficácia dos mesmos, razão pela qual também são explorados os aspetos a ter em conta na monitorização dos dispositivos

e de que formas é que esta pode ser realizada. Este capítulo termina com o resultado das pesquisas de casos de estudo semelhantes a nível global.

No capítulo 4 é apresentada uma revisão da legislação que foi considerada essencial na base deste trabalho, na medida em que foi a partir da qual que se selecionaram os casos de estudo, processo apresentado em seguida. Depois são apresentados os casos de estudo - AH de Raiva e AH da Aguieira - no contexto da sua Região Hidrográfica (RH) correspondente - RH4. É revista a situação a jusante do caso de estudo no que toca à verificação de continuidade fluvial e é descrita a ictiofauna presente nas imediações do caso de estudo.

No capítulo 5 são apresentadas as propostas de transição de ictiofauna para os casos de estudo selecionados. Este capítulo engloba ainda a justificação do sistema de transposição de ictiofauna escolhido bem como o relato e os resultados da pesquisa realizada na Ribeira de Mortágua como zona de libertação de peixes.

Para terminar, no capítulo 6 são apresentadas as conclusões mais relevantes sobre esta dissertação bem como algumas sugestões para futuras melhorias na temática dos sistemas de transposição de ictiofauna.



## 2. MIGRAÇÃO DE PEIXES E A INFLUÊNCIA ANTROPOGÉNICA

O presente capítulo aborda a migração dos peixes, destacando a influência de fatores internos e externos na ocorrência deste fenómeno e apresentando a classificação das espécies de acordo com o seu padrão de migração.

É também analisado o conceito de capacidade natatória e de que forma é que este pode ser influenciado por fatores externos e internos, com referência à estrutura muscular básica dos peixes.

Por fim, é avaliado de que forma é que as ações antropogénicas têm vindo a afetar a migração dos peixes.

### 2.1. Migração piscícola

As migrações de peixes em ambientes de água doce têm desempenhado um papel importante na fixação de populações humanas. O movimento de grandes agregados de peixes em águas rasas ou junto a obstruções ao escoamento tem vindo a ser observado e é precisamente junto a estas que se agregam peixes em maior quantidade, evidenciando estes movimentos. As deslocações em grande escala e as migrações de peixes foram reconhecidos através da história e incentivaram a publicação de uma série de livros detalhados como foi o caso de Meek já em 1916 (Lucas & Baras, 2001).

O termo migração é frequentemente aplicado a deslocações adaptativas de longa distância que ocorrem durante o ciclo de vida de uma dada espécie (Smith, 1985). A migração é um fenómeno biologicamente essencial para a conclusão do ciclo de vida dos peixes. A necessidade de o fazer pode ter como origem um (ou vários) dos seguintes fatores: alimentação, reprodução, clima ou osmorregulação (Obande et al., 2014).

Para ser eficiente, as vantagens do usufruto pelos peixes de duas regiões do rio diferentes têm de compensar os custos da deslocação. Estes compreendem o gasto energético na movimentação e quaisquer riscos de ferimento ou morte associada à migração. Os migrantes que sobrevivem à deslocação e ainda têm energia suficiente para se reproduzirem, são os que deixarão mais descendência. Este tipo de seleção natural leva à evolução da espécie, aperfeiçoando as capacidades de orientação, de eficiência locomotora e de diminuição de risco de ferimento ou morte (Smith, 1985).

O movimento de migração de peixes num rio pode ocorrer em duas direções: a primeira, em que os peixes descem o rio no sentido da corrente (descendente ou *downstream*) e a segunda em que os peixes sobem o rio contra o sentido da corrente (ascendente ou *upstream*). A migração descendente é menos exigente para o peixe a nível de capacidades natatórias. Esta ocorre por norma com propósitos de dispersão, deriva para habitats de outono/inverno ou de regresso aos seus habitats principais após a reprodução (Seifert, 2012; BMLFUW, 2012).

Já a migração que ocorre de jusante para montante do rio é a que representa a maior parte das migrações com fins reprodutivos, sendo a que envolve maior despesa de energia por parte dos peixes. A orientação contra a corrente (designada de reorreação) inclui as componentes de orientação e locomoção, sendo por isso baseada em estímulos dos órgãos dos sentidos, óticos e tácteis (Bochechas, 1995). A reorreação é um fenómeno influenciado pela temperatura, luminosidade, grau de turbulência, velocidade da corrente e condições fisiológicas dos peixes.

### **2.1.1. Fatores condicionantes para a migração**

A migração é induzida por fatores internos e externos que interagem entre si (Pavlov, 1989; Colgan, 1993; Lucas & Baras, 2001). Os fatores externos são abrangidos pelas condições abióticas como temperatura da água, estação, luminosidade, caudal, qualidade da água e oxigénio dissolvido. No que diz respeito aos fatores internos, destacam-se a predisposição hormonal para a reprodução, necessidades nutricionais, stress e outros condicionantes endógenos (genéticos ou ontogenéticos) (Lucas & Baras, 2001). Em geral, os fatores internos são altamente influenciados pelos fatores externos (Pavlov, 1989; Albanese et al., 2004).

Como os fatores que condicionam a migração interagem entre si, o seu estudo é bastante complexo, o que dificulta a tarefa de determinar qual das variáveis tem mais influência. Por exemplo, em climas com temperaturas elevadas existe uma correlação entre o fotoperíodo e a temperatura da água. Além disso, a relevância de cada variável pode depender das características do ecossistema em que se insere (Binder et al., 2011).

No que toca à temperatura, esta pode desencadear movimentos migratórios nos peixes. Quando tal acontece, a migração pode ser considerada um comportamento de termorregulação. Isto pode ocorrer em ambientes com flutuações de temperatura ou caso a espécie em questão tenha necessidades térmicas para a reprodução diferentes das necessidades térmicas para crescimento (Binder et al., 2011).

Quanto às flutuações de caudal, o aumento deste em épocas de grande pluviosidade pode desencadear picos de movimentos migratórios descendentes e ascendentes. No caso do pico da

atividade migratória ascendente, a correspondente subida do nível da água oferece maior proteção contra os predadores, o que compensa o esforço suplementar que tem de ser feito para nadar contra uma maior velocidade de escoamento. No entanto, no caso das espécies com capacidades natatórias fracas (como a enguia), a relação esforço-benefício traduz-se numa diminuição da atividade migratória ascendente (Binder et al., 2011).

Em relação à intensidade da luz lunar, verificou-se que no caso da atividade migratória ascendente da lampreia e enguia esta aumenta em noites com pouca luz lunar. Já no caso do salmão-prateado (*Oncorhynchus kisutch*) verificou-se que durante a lua nova ocorre um pico da hormona da tiroide (T4), que funciona como estimulante para a atividade migratória descendente (Binder et al., 2011).

### 2.1.2. Classificação das espécies quanto ao tipo de migração

Dado que as necessidades reprodutoras e do ciclo de vida estão intimamente ligadas e variam para cada espécie, os movimentos migratórios destas também variam. Assim, tal como ilustrado na Figura 1, as espécies migradoras podem ser distribuídas por três categorias quanto ao tipo de migração que realizam (Binder et al., 2011):

- espécies oceanódromas: as migrações ocorrem inteiramente no oceano;
- espécies potamódromas: as migrações ocorrem inteiramente em massas de água doce como lagos, rios ou riachos;
- espécies diádromas: as migrações ocorrem entre gradientes de salinidade, ou seja, entre o oceano e as massas de água doce.



**Figura 1** - Mapa da costa Nordeste da América do Norte, demonstrando um exemplo das 3 grandes categorias de migração (fonte: <http://oversights.org.uk/> )

Quanto às espécies diádromas, estas percorrem distâncias consideráveis o que requer capacidades notáveis de orientação, navegação e reconhecimento das zonas de reprodução (Barton, 2007). Este tipo de migração é descrito como um conjunto de movimentos regulares e

mediados fisiologicamente entre os dois biomas que ocorrem em períodos previsíveis e em fases de vida características de cada espécie (Myers, 1949). As espécies diádromas podem ainda ser divididas em três subcategorias (Binder et al., 2011):

- espécies anádromas: a maioria da sua alimentação e crescimento ocorre no oceano e na fase adulta migram para a água doce para desovar;
- espécies catádromas: grande parte da sua alimentação e crescimento dá-se em água doce e na fase adulta desovam no mar;
- espécies anfidromas: fazem uma breve migração ao oceano quando são jovens, mas a maioria da sua alimentação, crescimento e reprodução ocorre em água doce.

As espécies catádromas são muito menos comuns que as anádromas. (Santo, 2005). De entre as espécies migradoras mais relevantes, destacam-se (Quercus, 2014):

- A Lampreia-marinha (*Petromyzon marinus*), o Sável (*Alosa alosa*) e a Savelha (*Alosa fallax*), migradores anádromos que, em Portugal, ocorrem em geral nas bacias hidrográficas dos rios Minho, Lima, Vouga, Mondego, Tejo e Guadiana, sendo que a última ocorre também no Sado, Mira e esporadicamente no Douro;
- A Enguia-europeia (*Anguilla anguilla*), uma espécie migradora catádroma que vai desovar no Mar dos Sargãos, a nordeste do Mar das Caraíbas. Em Portugal Continental ocorre em todas as bacias hidrográficas desde o Rio Minho até ao Rio Guadiana (PGE, 2008);
- A Truta-marisca (*Salmo trutta*) e o Salmão-do-atlântico (*Salmo solar*), espécies migradoras anádromas que após a fase de crescimento no mar, regressam ao local de nascimento, em pequenos afluentes de características tipicamente salmonícolas. Atualmente em Portugal ambas as espécies só ocorrem no rio Minho, sendo que a Truta-marisca poderá também ocorrer no rio Lima;
- O Barbo e a Boga-de-boca-recta, migradores potamódromos, que ainda possuem importantes populações nos rios portugueses e das quais algumas possuem grande relevância para a pesca lúdica.

### **2.1.3. Comportamentos migratórios**

Apesar de a classificação apresentada no sub-capítulo anterior ser bastante conveniente, esta não fornece quaisquer informações acerca do comportamento ou dos desafios fisiológicos que as espécies encaram durante as migrações (à exceção da referência ao desafio osmorregulatório enfrentado pelas espécies diádromas) (Binder et al., 2011).

Nos rios as migrações estão, como já foi referido, associadas às correntes, embora durante o ciclo de vida das espécies o sentido dos movimentos em relação à corrente possa variar (Bochechas, 1995).

As espécies migradoras que se orientam, principalmente, com recurso à visão, como o salmão e o sável, movem-se junto à superfície da água ou nas águas pouco profundas, junto às margens (Pavlov, 1989; Travade et al., 1992). As suas migrações ocorrem geralmente durante

o dia ou ao crepúsculo (Dartiguelongue, 1993). Assim, a luminosidade, mais do que a hora do dia, aparenta ser o principal critério para a migração (Bochechas, 1995).

As espécies que utilizam principalmente a orientação tátil migram especificamente junto às margens e durante a noite (Pavlov, 1989). Foi observado por Dartiguelongue (1993) uma predominância de utilização noturna da passagem para peixes da Barragem de Mauzac no Rio Dordogne, por espécies como a enguia e a lampreia.

Estes padrões de deslocação são importantes na decisão de critérios como a localização da entrada dos dispositivos de passagem para peixes ou a localização do ponto de captura de peixes para translocação, potenciando a eficácia dos mesmos.

## 2.2. Capacidades Natatórias

Os peixes podem ser considerados os mestres na arte da interação propulsora com a água graças, em parte, às suas barbatanas peitoral e caudal (Videler, 1993). Do ponto de vista energético, a natação pode ser vista como a forma como o peixe transforma a sua energia em distância percorrida. Para um dado tipo de fibra muscular, a energia gerada para natação é proporcional à massa muscular utilizada, mas a massa muscular necessária aumenta de acordo com a função cúbica da velocidade de natação (Lucas & Baras, 2001). A capacidade natatória é um fator fulcral a ter em conta na conceção de uma passagem para peixes, sendo expressa em termos de velocidade de natação e resistência (intervalo de tempo durante o qual o indivíduo consegue manter certa velocidade de natação).

### 2.2.1. Velocidade e resistência

Tanto a velocidade como a resistência dependem do tipo de músculo requisitado, do comprimento do peixe e da temperatura da água (Larinier, 2002a).

É evidente que a velocidade a que um dado peixe nada depende ainda de outros fatores: a espécie, a idade e as condições ambientais (Lucas & Baras, 2001). Há ainda que considerar fatores como o formato do corpo, a textura da superfície corporal e a frequência e amplitude do batimento de cauda (Bainbridge, 1957). Estudos demonstraram que quanto menor é o comprimento do peixe, menor é o intervalo de tempo entre as contrações musculares (Wardle, 1975). Wardle (1975) expressou a velocidade de natação da seguinte forma:

$$V = A \cdot f$$

Em que  $A$  é a distância percorrida e  $f$  é a frequência de ondulação do corpo e da barbatana caudal.

A resistência depende das reservas de glicogénio armazenadas nos músculos. Estas reservas são usadas a partir do momento em que o peixe ultrapassa a velocidade de natação de cruzeiro e a taxa de consumo é função da velocidade de natação e da temperatura. A resistência depende ainda do comprimento do peixe, da sua morfologia (razão comprimento-peso, percentagem de massa muscular) e da temperatura (Larinier, 2002a).

### ***2.2.2. Relação entre regime de natação e tipo de músculo***

O tipo de músculo requisitado varia consoante o regime de natação. Assim, a velocidades de natação reduzidas, é mobilizada uma pequena massa muscular, mas que deve estar apta para contrair repetidamente por longos períodos de tempo. Este regime, denominado de natação de cruzeiro (“cruizing activity”), está associado ao designado músculo vermelho e à atividade aeróbia. O oxigénio necessário para este processo metabólico é transportado através do sistema circulatório para os inúmeros vasos sanguíneos que irrigam este tipo de músculo, para posteriormente oxidar principalmente o substrato respiratório lipídico (Santo, 2005; Lucas & Baras, 2001).

Para velocidades de natação elevadas, a energia necessária excede aquela fornecida pelo músculo vermelho. A natação explosiva (“burst activity”) requer um esforço constante e intenso. Para tal é solicitado o designado músculo branco que é fracamente vascularizado, pelo que obtém energia através da conversão anaeróbia do glicogénio em lactato. A acumulação de ácido láctico (que inibe a contração do músculo) aliada à rapidez com que as reservas de glicogénio se esgotam, fazem com que este regime de atividade apenas consiga ser mantido durante décimas de segundo a alguns segundos (dependendo do comprimento do peixe e da temperatura da água). Assim que as reservas de glicogénio se esgotam, demoram até 24 horas para se restaurarem (Armstrong et al., 2010). É, portanto, um regime de atividade natatória associado a surtos de velocidade e saltos, ou seja, uma deslocação com velocidade violenta de curta duração (Larinier, 2002a; Lucas & Baras, 2001; Santo, 2005).

Há ainda que referir um terceiro regime de atividade natatória, designado por natação sustentada (“sustained activity”) que resulta da combinação da natação de cruzeiro com a explosiva. Usa os mecanismos aeróbios e anaeróbios em proporções variáveis, sendo que quanto maior for o esforço, maior será a contribuição da componente anaeróbia. Este tipo de natação pode ser mantido por alguns minutos, mas com cansaço para os peixes (Costa, 2017; Santo, 2005).

### ***2.2.3. Influência da temperatura***

Numa avaliação geral, a velocidade de natação diminui a temperaturas baixas, aumenta até à velocidade máxima para uma temperatura ótima (que varia de espécie para espécie) e diminui para temperaturas próximas do limite térmico superior da espécie em questão (Taylor, 1996).

No que toca ao músculo branco, este é bastante sensível às variações de temperatura. Quando se verifica um aumento da temperatura, o intervalo de tempo mínimo entre duas contrações musculares diminui (Larinier, 2002a). Wardle (1980) também observou que quando o músculo branco é arrefecido, as suas contrações são mais longas. Por isso, a natação rápida sofre uma redução severa de velocidade em condições de baixas temperaturas. Isto acontece provavelmente devido aos efeitos das temperaturas reduzidas nos processos fisiológicos e biomecânicos envolvidos na contração muscular (Wardle, 1980). Foi ainda observado por Rome (1990) que a temperaturas reduzidas, são mobilizadas mais fibras musculares.

Há ainda que mencionar a relação entre a temperatura e a resistência. Qualquer que seja o comprimento do indivíduo, o aumento da temperatura resulta numa diminuição da sua resistência. Esta redução ocorre porque as temperaturas elevadas estão associadas à velocidade máxima de natação, e por isso a um maior gasto de glicogénio das reservas musculares. Dado que, conforme referido, a resistência depende das reservas de glicogénio, com o aumento da temperatura e consequentemente o aumento da taxa de consumo de glicogénio, a resistência do indivíduo diminui (Larinier, 2002a).

#### **2.2.4. Influência do caudal**

O aumento de caudal associado a maiores níveis de turbulência pode levar à diminuição da velocidade de natação de um peixe. Lupandin (2005) usou a noção e definição de um caudal crítico como índice para o estudo da capacidade natatória da perca (*Perca fluviatilis*), observando os efeitos da variação da turbulência do escoamento no comportamento natatório do indivíduo. Quanto maior for a turbulência do escoamento associado a um dado caudal, mais facilmente se verifica a presença de vórtices. O movimento rotacional produzido pelas forças hidrodinâmicas num vórtice pode conduzir à inversão do sentido de deslocação dos peixes e intrinsecamente à perda de equilíbrio. Para recuperar o equilíbrio, o peixe usa as barbatanas peitorais e, decorrente do correspondente gasto de energia, diminui a sua velocidade de natação (Lupandin, 2005).

#### **2.2.5. Influência da amplitude e frequência do batimento de cauda**

A relação entre a amplitude e frequência do batimento de cauda com a distância nadada foi estudada por Bainbridge em 1957. As espécies alvo de estudo foram o escalo-prateado (*Leuciscus leuciscus*), a truta-arco-íris (*Salmo irideus*) e o peixe-dourado (*Carassius auratus*). Verificou-se que em todos os casos, a baixas frequências do batimento de cauda, a amplitude varia com a frequência e a velocidade de deslocamento está relacionada com o quadrado da frequência. Também a frequência está diretamente relacionada com o comprimento total do indivíduo, medido desde a boca até à extremidade posterior da cauda. Para uma frequência superior a 5 batidas por segundo, a velocidade depende da frequência até ao limite dos valores máximos registados. A distância (e consequentemente a velocidade) deslocada por batimento é diretamente dependente da amplitude do batimento de cauda. Embora se tenha constatado que a amplitude aumenta à medida que o peixe muda de velocidades baixas para média-altas

(Bainbridge, 1963; Webb, 1986), pôde também ser verificado que a amplitude máxima foi a mesma para todos os peixes estudados e é aproximadamente igual a um quinto do comprimento corporal (Bainbridge, 1957).

## 2.3. Impactes de origem antropogénica

As atividades humanas são as maiores responsáveis pelas dificuldades que os peixes enfrentam no que toca à migração. Até ao século XIX a natureza foi explorada pelo homem sem a noção de que esta tem recursos limitados. A pesca, a poluição e as alterações climáticas têm vindo a degradar os recursos que são explorados intensamente, desencadeando uma série de reações adversas sobre as águas e a sua biodiversidade. Para além destes fatores, acrescenta-se ainda a construção de barreiras físicas como barragens e açudes que impedem a livre circulação dos peixes, quebrando o *continuum* fluvial.

As alterações climáticas têm-se vindo a manifestar há décadas e as implicações nos ecossistemas aquáticos são inegáveis. A subida de temperaturas, especialmente nas regiões de clima temperado, está a reduzir a abundância de habitats adequados, limitando a extensão em que a migração de peixes pode ocorrer.

Também as espécies que efetuam as suas migrações baseando-se na temperatura (ao invés do fotoperíodo) são afetadas. As temperaturas mais elevadas exigem um maior esforço metabólico por parte dos indivíduos, o que leva ao consumo das suas reservas energéticas e ao aumento da prevalência de doenças, conduzindo à subida da mortalidade durante a migração. Para além disso, as temperaturas elevadas podem afetar o sucesso da reprodução dos migrantes, nomeadamente na fase da desova, visto que o desenvolvimento embrionário e larval é altamente sensível à temperatura. Mesmo uma pequena variação da temperatura ótima pode trazer efeitos como deformações físicas e redução da proporção de embriões que alcança a fase juvenil (Binder et al., 2011).

As descargas poluentes efetuadas nos cursos de água contendo tóxicos e contaminantes químicos podem afetar diretamente o sucesso da migração piscícola. Alguns contaminantes podem causar danos nas células sensoriais que intervêm na orientação, como por exemplo, nos órgãos de linha lateral e olfativa que são particularmente suscetíveis a metais pesados. Para além disso, os contaminantes também podem interferir no metabolismo, limitando o consumo de oxigénio e impedindo que a energia chegue aos músculos natatórios, conduzindo à redução da capacidade natatória dos indivíduos afetados. Como seria de esperar, este aumento da carga metabólica pode levar a fenómenos de mortalidade prematura (Binder et al., 2011).

Quanto ao efeito barreira, a avaliação deste deve considerar a variação que ocorre de espécie para espécie em termos de energia disponível e a capacidade natatória (Tudorache et al., 2008). A construção de obras como barragens ou açudes tem como grande aspeto negativo

o efeito barreira traduzido na quebra da continuidade fluvial, dificultando a disponibilidade e o acesso aos habitats necessários para os peixes completarem o seu ciclo de vida (Costa, 2017). Este fenómeno conduz à fragmentação de habitats e à diminuição (ou mesmo extinção) das espécies de peixes nativas (Tudorache et al., 2008). Esta fragmentação isola as unidades reprodutivas, levando à perda de diversidade genética e à sobre ou sub-representação de genótipos, *i.e.* à interrupção do fluxo genético das subpopulações das diferentes espécies (ICNF, 2014).

O efeito de barreira imposto por uma barragem depende da altura da estrutura e das capacidades natatórias das espécies piscícolas (Petts, 1984). Há ainda que ter em conta as condições hidrodinâmicas sobre a barreira e imediatamente a jusante (velocidade da corrente, altura da lâmina de água, configuração dos jatos, arejamento ou turbulência), e relacioná-las com as capacidades de natação e de salto das espécies consideradas (Larinier, 1992a).

Até à década de 1940 as dificuldades enfrentadas na migração descendente foram ignoradas porque a mortalidade dos migradores não era suficientemente elevada para se refletir numa redução perceptível da população adulta. A partir dessa altura, com o aumento do número de turbinas (decorrente do aumento de aproveitamentos hidroelétricos), procurou-se encontrar soluções para, por exemplo, desviar salmões juvenis para longe dos fluxos que conduzem às turbinas ou estruturas de descarga de água (Katopodis et al., 2011). Atualmente, as tecnologias existentes para desviar os peixes de estruturas como as turbinas (que lhes provocam danos corporais e por vezes levam à morte) consistem nalgumas variedades de grelhas que são associadas a bypasses na superfície (FAO, 2001). Também já foi estudada o uso de lâmpadas com o intuito de desviar enguias, tema mais aprofundado no sub-capítulo 3.1.3.3.

Para além disso, as barreiras construídas pela mão humana podem alterar drasticamente as características físicas e químicas de um curso de água e, portanto, levar à redução da abundância e qualidade de um habitat adequado (Binder et al., 2011). Alguns dos aspetos físicos que podem afetar direta ou indiretamente a passagem dos peixes (quer no sentido ascendente como no descendente) são a temperatura da água que pode sofrer alterações tanto a jusante como a montante, a deposição de lodo no reservatório a jusante da barragem e a inundação de zonas ribeirinhas de desova. Os efeitos negativos diretos consistem na subida da temperatura até níveis letais ou subletais, enquanto que os efeitos indiretos podem ser a alteração do fornecimento alimentar ou a interrupção do equilíbrio ecológico (Clay, 1995).

Para sistematizar os impactes negativos resultantes da construção de um açude ou barragem, Petts (1988) definiu uma metodologia. De acordo com a mesma, os impactes são categorizados em três ordens, sendo que os de 1ª ordem conduzem aos de 2ª e por sua vez estes ao de 3ª ordem. Nos de 1ª ordem considerou:

- i. o efeito barreira à livre circulação das espécies;
- ii. a alteração do regime natural de caudais;
- iii. a alteração de granulometria e de locais de deposição de sedimentos, bem como da sua quantidade;
- iv. as alterações à qualidade da água a jusante, especialmente se as descargas forem do hipolímnio;

- v. alterações qualitativas e quantitativas no plâncton (por arrastamento das espécies que se desenvolvem na albufeira).

Estes impactes condicionam os de 2ª ordem nos quais estão incluídos:

- i. as alterações frequentes na forma do canal fluvial e na distribuição de habitats;
- ii. as alterações na distribuição, no tipo e quantidade de plantas.

Por sua vez estes influenciam os que considerou de impactes de 3ª ordem, nomeadamente as alterações na comunidade de macroinvertebrados e de peixes (composição e biomassa).

Assim, os sistemas de transposição de ictiofauna representam uma solução para apenas um dos problemas, nomeadamente o de barreira física. Estes sistemas serão aprofundados no sub-capítulo 3.1. Quanto aos restantes problemas, estes não são minimizáveis a curto prazo, pelo que esta dissertação se foca na minimização do efeito barreira.

## **3. SISTEMAS DE TRANSPOSIÇÃO DE ICTIOFAUNA**

O primeiro registo de construção de uma passagem de peixes remonta ao século XVII, estimando-se que outras de natureza ainda mais primitiva ocorreram anteriormente. No entanto, a primeira construção em que foi utilizada uma abordagem científica realizou-se apenas no século XX, tendo, entretanto, havido avanços científicos significativos em termos hidráulicos (Clay, 1995).

O principal objetivo de um sistema de transposição de ictiofauna é permitir a passagem de espécies piscícolas nos estágios de desenvolvimento adequados, em época do ano apropriada (Armstrong et al., 2010). Um dispositivo de passagem de peixes pode ser definido como uma conduta, canal, elevador ou outro dispositivo ou estrutura que facilita a passagem livre de espécies piscícolas migratórias quer através ou à volta da barragem ou açude (Armstrong et al., 2010).

Neste capítulo são revistos os 3 tipos de sistemas de transposição da ictiofauna e são analisados os fatores que influenciam a escolha e a eficácia de um dispositivo de transposição, sem esquecer a importância da monitorização e de que forma é que esta pode ser concretizada.

No final do capítulo, são apresentados casos de barragens em que os dispositivos de passagem de peixes foram construídos após a concretização das mesmas e que serviram de base para a escolha da solução a propor para os casos de estudo em análise.

### **3.1. Tipos de sistemas de transposição da ictiofauna**

Os sistemas de transposição de ictiofauna não se restringem aos dispositivos específicos de passagem de peixes e podem ser divididos em 3 categorias: translocação, sistemas híbridos e sistemas fixos (Silva, 2012).

A translocação consiste na captura e transporte de peixes de e para locais selecionados. Nesta metodologia é importante o estabelecimento do objetivo da mesma e quais as espécies alvo. Desta forma, após o estudo das características dos exemplares a capturar, é possível concretizar uma calendarização e estabelecer a periodicidade das ações de translocação. Conhecendo as necessidades reprodutivas de cada espécie, selecionam-se os locais de captura e de libertação mais adequados, assim como as metodologias de captura e de transporte.

Este método pode ser empregue em obstáculos com qualquer desnível e permite deslocamentos em ambos os sentidos bem como a seleção de espécies em vários locais. Em contrapartida, a sua eficácia depende do esforço de captura empregue.

Os peixes são capturados a jusante do obstáculo com recurso a redes ou pesca elétrica. De seguida os indivíduos são estudados quanto à espécie e comprimento, ocasião frequentemente aproveitada para a marcação dos peixes com dispositivos de monitorização. Segue-se o transporte, por via terrestre ou fluvial, em tanques adequados com controlo de temperatura e oxigénio dissolvido. Chegando ao local de libertação, definido previamente a montante do obstáculo e também de preferência numa zona a montante da albufeira do mesmo, os peixes são devolvidos ao curso de água. Por norma, as espécies exóticas não são translocadas, pelo que quando estas são capturadas são sacrificadas e depositadas em contentores de lixo em sacos devidamente fechados.

Os sistemas híbridos envolvem a combinação da translocação com os sistemas de instalação fixa. A captura é realizada em instalações fixas e é seguida de transporte, normalmente via terrestre, a locais escolhidos. À semelhança da translocação, este método permite a seleção de espécies e pode ser utilizado em qualquer local.

Os sistemas fixos apresentam-se como parte integrante da barreira e facilitam a passagem dos peixes, sem intervenção humana. Estes podem ser divididos em 3 subcategorias: passagens de peixes naturais, passagens de peixes técnicas e passagens especiais (FAO/DVWK, 2002). De seguida são apresentados os sistemas fixos mais comuns.

### **3.1.1. Passagens de peixes naturais**

As passagens de peixes naturalizadas são sistemas que simulam as características naturais do leito que foi interrompido por uma barreira, procurando-se a imitação do mesmo através do uso dos materiais naturais aí presentes (Wildman, 2000). Estas apresentam como grandes vantagens a possibilidade de usufruto por parte de praticamente todas as espécies e de deslocação em ambos os sentidos (descendente e ascendente).

#### **3.1.1.1. Leito do Rio Modelado (*bottom ramps* ou *slopes*)**

O leito de rio modelado (Figura 2) consiste numa solução que permite a dispersão da carga hidráulica durante uma certa distância, mantendo o gradiente hidráulico o mais suave possível procurando imitar as condições naturais do trecho do rio (DAO/DVWK, 2002). Toda a largura do

curso de água é transformada numa superfície rugosa e de pequena inclinação que, dividindo o desnível imposto pela barreira em pequenos desníveis transponíveis, permite a deslocação dos peixes (Santo, 2005).

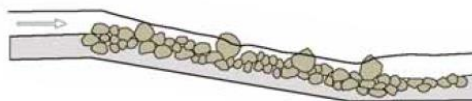


**Figura 2** - Representação esquemática de um leito de rio modelado (Santo, 2005)

#### 3.1.1.2. Canais laterais (*bypass channels*)

Esta solução consiste num canal numa das margens do rio, unindo montante e jusante (Figura 3). É conferida uma certa rugosidade ao canal através da colocação de obstáculos artificiais ou naturais como blocos de pedra e material aluvial, imitando um trecho do curso de água (Larinier, 2002b). Estes elementos permitem a redução da velocidade do escoamento e a dissipação de energia, facilitando a deslocação dos peixes (Wang, 2008).

A ligação a montante deverá situar-se fora da zona de influência do reservatório de água formado, tornando este dispositivo de passagem de peixes fixo no único que permite ultrapassar o impacto da massa de água lântica originada pela imposição da barreira (Santo, 2005).

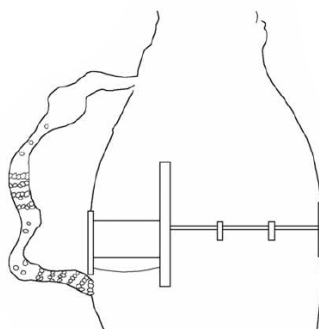


**Figura 3** - Representação esquemática de um canal lateral (Santo, 2005)

### **3.1.2. Passagens de peixes técnicas**

As passagens de peixes técnicas obrigam os peixes a deslocarem-se através destas, implicando por isso um maior gasto de energia por parte dos peixes (Costa, 2017).

#### 3.1.2.1. Bacias Sucessivas (*pool passes ou vertical-slot passes*)

O princípio de funcionamento de uma passagem de bacias sucessivas (Figura 4) consiste na divisão da altura a transpor através de várias bacias de pequena queda. Para além de assegurarem uma adequada dissipação da energia da água, estas oferecem ainda áreas de descanso para os peixes. A comunicação entre bacias pode ser efetuada ou por descarregadores

de superfície e/ou orifícios de fundo (*pool passes*), ou por fendas verticais (*vertical-slot passes*) (Silva et al., 2006).

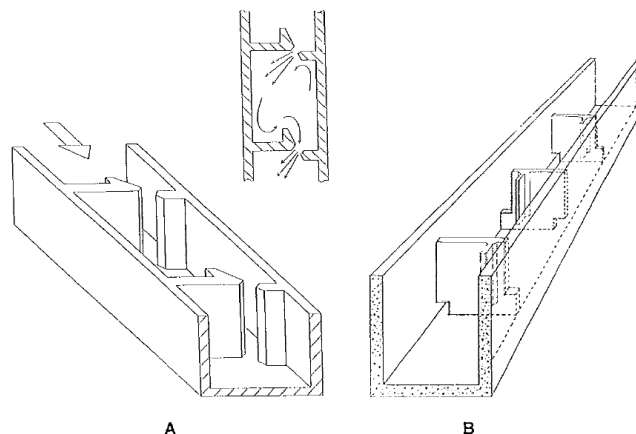


**Figura 4** - Representação esquemática de passagens de bacias sucessivas. A - com fendas verticais; B - com descarregadores de superfície e orifícios submersos. (Bochechas, 1995)

As características geométricas das paredes de separação entre as bacias (dimensões dos descarregadores, fendas e orifícios) determinam o comportamento hidráulico da passagem, ou seja o seu caudal, a diferença de nível de água entre duas bacias consecutivas ou a configuração do escoamento nas bacias em função dos níveis de água a montante e a jusante do dispositivo. Estas, em conjunto com as dimensões das bacias, constituem os principais parâmetros de uma passagem de bacias sucessivas (Larinier, 1992b).

Por ser considerado o tipo de dispositivo de passagem mais adequado às espécies existentes em Portugal, é também o mais utilizado em pequenos aproveitamentos hidroelétricos e pequenos açudes (Santo, 2005; Silva et al., 2006). No entanto apresenta como desvantagens o risco considerável de obstrução por folhas ou ramos, a utilização limitada a barreiras de pequena/média altura e sensibilidade às variações de nível de água a montante (Silva et al., 2006).

#### 3.1.2.2. Defletores ou tipo Denil (*baffle* ou *Denil fishway*)

As passagens de peixes do tipo defletores (Figura 5) consistem num canal retilíneo de secção retangular de declive acentuado (12 a 20%) geralmente com uma largura entre 0,6m e 1,2m, com defletores no fundo e nas paredes laterais (Bochechas, 1995; Santo, 2005).

Os defletores são colocados a um ângulo de cerca de 45° contra a direção do escoamento e possuem geralmente a forma de U (Costa, 2017). Desta forma, criam correntes secundárias helicoidais que asseguram, por transferência de quantidade de movimento, uma forte dissipação de energia no escoamento (Bochechas, 1995).

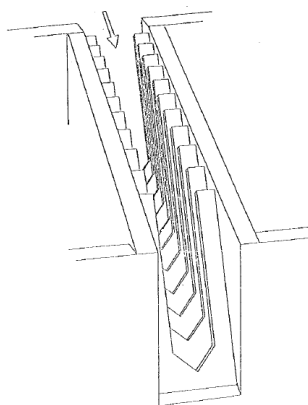


Figura 5 - Representação esquemática de uma passagem do tipo Denil (Bochechas, 1995)

Este tipo de passagem de peixes é adequado em situações de escassez de espaço, mas está limitado a desníveis reduzidos e a espécies com elevadas capacidades natatórias, como o salmão.

### **3.1.3. Passagens de peixes especiais**

Os dispositivos de passagem de peixes especiais não solicitam grandes capacidades natatórias pelo que permitem que os peixes se desloquem através dos mesmos sem necessitarem de realizar muito esforço. No entanto, estes são apenas aplicados em situações com desnível superior a 10m e não permitem a migração descendente (Costa, 2017).

Além destes, também são apresentados no final deste sub-capítulo exemplos de modificações que podem ser aplicadas aos dispositivos mencionados e que os tornem mais propícios para a passagem específica de enguias, por se tratar de uma espécie com capacidades natatórias mais fracas que as restantes no geral.

#### **3.1.3.1. Ascensor (*fish lift*)**

Os ascensores (Figura 6) são dos dispositivos que melhor se adaptam a grandes desníveis e o seu funcionamento é bastante semelhante ao de um elevador convencional. O processo de funcionamento divide-se em 3 etapas operacionais:

- Fase de atração que envolve a descarga de caudais de atração para conduzir os peixes até à cuba de ascensão;
- Fase de ascensão na qual a cuba (com uma pequena quantidade de água) sobe com recurso a um mecanismo motorizado;
- Fase de libertação, em que os peixes são libertados imediatamente a montante do obstáculo e conduzidos à albufeira através de uma conduta.

Os elevadores funcionam por ciclos, sendo que o intervalo de tempo da fase de atração varia de caso para caso. No que toca às principais vantagens, destaca-se a necessidade de pouco espaço e a baixa sensibilidade a variação de níveis a montante. Quanto às desvantagens, realça-se a necessidade de manutenção frequente e os elevados custos de funcionamento e manutenção.

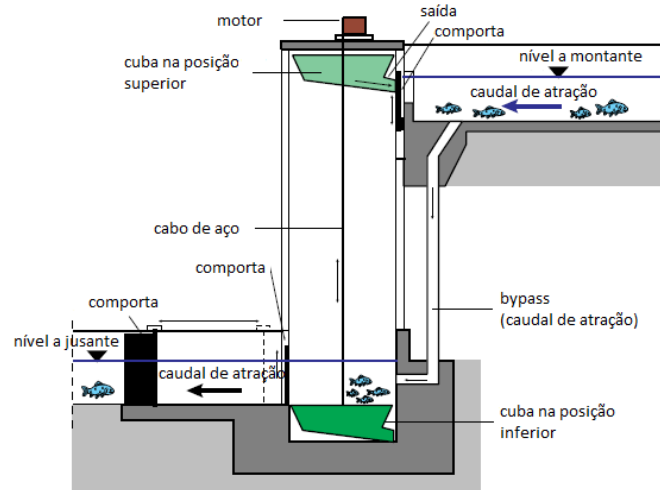


**Figura 6** - Representação esquemática de um ascensor de peixes (adaptado de FAO/DVWK, 2002)

#### 3.1.3.2. Eclusas (fish lock ou Borland lock)

O princípio de funcionamento das eclusas (também designadas como eclusas de Borland) (Figura 7) é bastante semelhante ao dos ascensores com a exceção de, ao invés de a subida dos peixes ocorrer numa cuba com recurso a mecanismos motorizados, esta acontece graças à elevação do nível de água numa conduta. Para além da conduta (que pode ser inclinada ou vertical) existem ainda dois reservatórios (um a jusante e outro a montante do obstáculo) com válvulas de funcionamento automático que regulam a entrada e saída de água (Santo, 2005).

Tal como no caso dos ascensores, o ciclo de funcionamento e a duração de cada uma das suas fases é variável, sendo que a atração dos peixes é exercida apenas durante o período de captura. Assim, a grande desvantagem deste método é o seu carácter descontínuo de funcionamento e o facto de não assegurar a permanência ou a passagem dos peixes atraídos para a eclusa para montante; na realidade, durante o período de atração os peixes podem entrar e sair da câmara assim como durante o período de saída os peixes podem permanecer na câmara superior, voltando ao nível de jusante no período de esvaziamento (Santo, 2005).

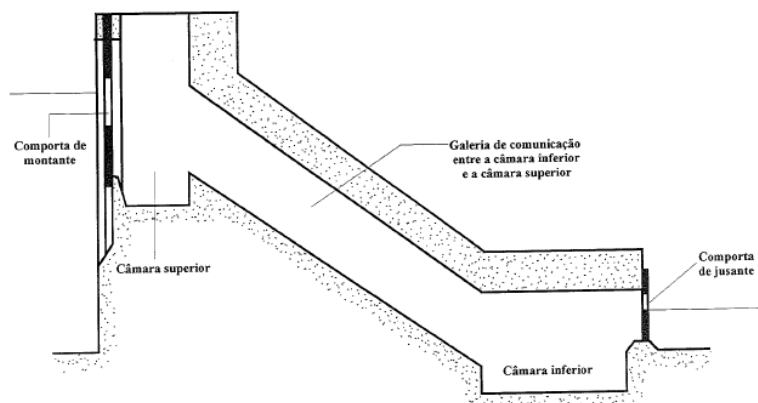


**Figura 7** - Representação esquemática de uma eclusa para peixes tipo "Borland" (Bochechas, 1995)

### 3.1.3.3. Passagens para enguias

Devido às fracas capacidades natatórias da enguia e apesar desta ter a capacidade de encontrar pequenas seções de escoamento com menor velocidade, as soluções que são adequadas para a passagem de certas espécies, podem não ser para a enguia (Santo, 2005).

As bacias sucessivas com orifícios no fundo ou fendas verticais e diferenças de altura moderadas entre as bacias (para permitir a passagem sem necessidade de saltar) podem facilitar a deslocação das enguias (Porcher, 2002).

No que concerne à construção de dispositivos específicos para enguias, podem ser construídas rampas ou canais secundários, tal como representado na Figura 8. Estes também podem ser revestidos no fundo com cerdas (como na Figura 9) ou gravilha e as suas velocidades de escoamento devem ser reduzidas (Porcher, 2002).

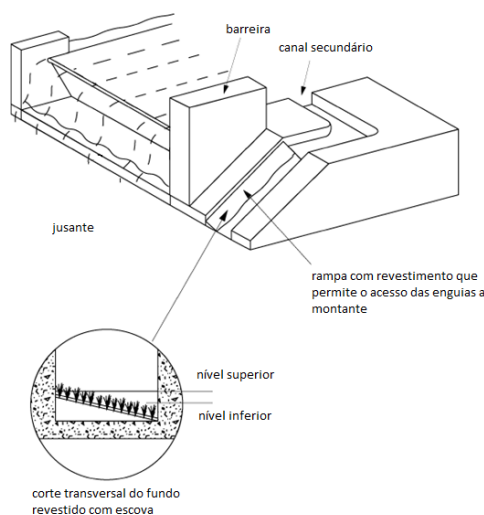


**Figura 8** - Representação esquemática de um canal secundário com revestimento no fundo para a passagem de enguias (adaptado de Porcher, 2002)



**Figura 9** - Rampa com cerdas no fundo para facilitar a passagem de enguias (Fonte: <http://www.rhpdm.uevora.pt/>)

Na altura da reprodução, os adultos descem o rio para se reproduzirem e morrerem no mar. Durante esta migração descendente muitas enguias acabam por passar pelas turbinas dos

aproveitamentos hidroelétricos e sofrem danos corporais que conduzem a elevadas taxas de mortalidade.

Um estudo realizado na Holanda demonstrou o potencial em desviar eficientemente as enguias das turbinas usando o efeito repulsivo da luz, mesmo em águas muito turvas (Hadderingh et al., 1992). Também foi testado o uso de bolhas de ar e de telas elétricas, mas sem sucesso. Os testes em laboratório demonstraram que as enguias escolhem claramente o ambiente escuro em oposição ao iluminado, constando haver 10 vezes mais enguias em compartimento escurecido utilizado comparativamente com o uso de compartimento iluminado. O estudo sugere ainda que para velocidades de escoamento entre os 11 e 45 cm/s e uma iluminação entre 1 a 10 lux<sup>1</sup>, a reação de distanciamento à luz é semelhante. Este estudo recomenda também a construção de um canal bypass aliado ao uso das lâmpadas por onde as enguias possam passar; caso contrário, estas poderão tentar repetidamente nadar através da barreira, acabando por passar na turbina.

## 3.2. Eficácia e eficiência de um dispositivo de passagem de peixes

A eficácia de um dispositivo para passagem de peixes é um parâmetro qualitativo que consiste em verificar se o dispositivo é apto para passar as espécies alvo dentro do intervalo de condições ambientais verificadas no período migratório. Esta pode ser medida com recurso a monitorização visual, captura e inspeção com recurso a vídeo. Já a eficiência descreve quantitativamente o desempenho do dispositivo, representando a porção de indivíduos retidos na barreira que atravessam a passagem de peixes com sucesso naquele que se considera ser um intervalo de tempo aceitável. Este parâmetro recorre a métodos de avaliação mais complexos, como a telemetria e a marcação de peixes, que permite ainda avaliar o efeito cumulativo das várias barreiras ao longo do percurso de migração (Baudoin et al., 2014).

A escolha adequada do tipo de dispositivo de passagem de peixes a implementar é o primeiro passo para garantir uma boa eficácia e eficiência da mesma e exige o conhecimento de vários elementos, dos quais se destacam (Porcher & Larinier, 2002; Silva, 2012):

- Caudal a transitar no interior do dispositivo;
- Regime hidrológico do rio;
- Constrangimentos topográficos do local;
- Características do aproveitamento hidroelétrico e do seu funcionamento (desnível a vencer, variações do nível a montante e jusante, características dos grupos geradores,...);

---

<sup>1</sup> Iluminância (lux) = Fluxo luminoso da lâmpada (Lm) / área do ambiente (m<sup>2</sup>)

- Biologia e comportamento migratório das espécies presentes;
- Custos de construção e exploração/benefícios sociais e económicos esperados.

Relativamente às espécies potencialmente utilizadoras do dispositivo, é importante conhecer os seus períodos de migração, a composição da comunidade piscícola e as respetivas capacidades natatórias. Pode ainda ser feito um estudo sobre quais as espécies prioritárias, tendo por base o seu valor económico e ecológico ou as exigências dos documentos legais (Porcher & Larinier, 2002; Santo, 2005).

As causas mais frequentes da falha de uma passagem para peixes são a carência de caudal de atração, localização desajustada da entrada, manutenção inadequada, condições hidráulicas impróprias (velocidade, turbulência e arejamento) (Baudoin et al., 2014). Não é possível generalizar a eficácia de um determinado dispositivo de passagem de peixes dado que, para cada local, e atendendo à fauna piscícola aí existente, um determinado dispositivo será mais eficaz do que os outros. No entanto, no que toca à atratividade e às características hidráulicas, há um conjunto de aspetos que são comuns à generalidade dos dispositivos e que devem ser considerados, sendo apresentados seguidamente.

### **3.2.1. Atratividade**

Para que uma passagem para peixes seja eficaz é necessário que os peixes encontrem a entrada facilmente e que a transponham sem dificuldades (Bochechas, 1995). A atratividade de um dispositivo, ou seja, a facilidade que um peixe tem em encontrar e ser atraído para a sua entrada é função da localização estratégica dessa mesma entrada (Silva, 2012).

A correta localização da entrada do dispositivo é tão importante como o caudal que passa através desta. O caudal e a velocidade de escoamento à entrada são capazes de estimular e orientar os peixes, atraindo-os para o dispositivo (Silva 2012). A afluência local de um caudal de atração adequado em relação a outros caudais que competem com este (como o caudal turbinado) está intimamente ligado à hidrologia e hidrodinâmica local (Armstrong et al., 2010). Pavlov (1979) demonstrou, através de testes laboratoriais, que quando a velocidade do caudal de atração é aumentada, o número de peixes que entra no canal experimental também aumenta. Apenas quando a velocidade de escoamento se aproxima da velocidade crítica de natação dos peixes é que o número de indivíduos atraídos diminui (Pavlov, 1989).

Pavlov (1989) sugeriu dois métodos para aumentar a área de atratividade: variar a velocidade do caudal de atração ou criar uma corrente adicional na entrada do dispositivo. No primeiro, começa-se por aumentar a velocidade do caudal de atração até ser atingida a velocidade crítica, de forma a garantir uma maior área de atração. De seguida a velocidade é reduzida gradualmente para condições favoráveis que permitam o acesso à entrada dos dispositivos. No segundo método, a velocidade da corrente adicionada deve aproximar-se da velocidade cruzeiro do peixe.

### **3.2.2. Características hidráulicas**

As variações dos níveis de água a montante e a jusante são um fator muito importante a considerar, dado que certos tipos de dispositivos são mais adequados a grandes variações do nível de água do que outros (Bochechas, 1995).

Quanto às condições de escoamento, estas podem constituir um impedimento à utilização das passagens. Os peixes mais sensíveis podem ver a sua circulação impedida por quedas muito grandes, arejamento e turbulência excessivos, existência de zonas de recirculação e velocidades bastante reduzidas (Larinier, 1992a).

Há ainda que ter em atenção que a intransponibilidade de um obstáculo depende não só da sua altura, mas também das características hidráulicas da zona imediatamente a jusante deste. Ou seja, não importa apenas o valor da queda, mas também a forma como a água é descarregada e o seu volume (Silva, 1896).

## **3.3. Monitorização**

As operações de observação e de controlo do funcionamento dos sistemas de transposição de obstáculos para peixes são importantes a vários níveis pois permitem (Travade & Larinier, 1992; Armstrong et al., 2010):

- a verificação da eficácia dos dispositivos dentro do intervalo de condições ambientais em que ocorre o período de migração e a execução de eventuais correções;
- a determinação da eficácia, parâmetro descrito no sub-capítulo 3.2;
- a recolha de informações técnicas e biológicas para a conceção e optimização de dispositivos a construir no futuro;
- o conhecimento das populações de peixes migradores e dos seus comportamentos migratórios, necessário tanto para o dimensionamento de eventuais obras a construir no futuro no mesmo curso de água, como para a gestão racional das populações.

Para a recolha destas informações, faz-se o controlo do funcionamento hidráulico e mecânico do dispositivo e a contagem dos peixes que transitam no dispositivo (Bochechas, 1995). A caracterização das espécies piscícolas deve ter quer um carácter quantitativo (contagem do número de peixes) mas também qualitativo (descrição da espécie, tamanho, preferências no que toca à deslocação, entre outros parâmetros).

### **3.3.1. *Controlo do funcionamento hidráulico e mecânico***

A medição dos níveis de água (a jusante, a montante e na passagem de peixes) é aconselhável e deve ter em conta vários cenários de diferença de alturas entre montante e jusante. Deve ainda ser verificado se, perante os diferentes cenários, os padrões de escoamento e turbulência na área envolvente do dispositivo continuam em conformidade com as capacidades natatórias das espécies alvo (Travade & Larinier, 2002).

Tanto no caso dos defletores como das bacias sucessivas devem ser monitorizadas as alturas entre as bacias e a entrada a jusante. Nos dispositivos mecânicos como os elevadores e as eclusas, todos os órgãos mecânicos (como os órgãos reguladores de caudal ou de nível) devem ser monitorizados e deve ser verificada a duração de cada fase do ciclo de funcionamento (Bochechas, 1995; Travade & Larinier, 2002).

Deve ainda ser tomada em atenção a presença de detritos, pois estes podem diminuir a atratividade do dispositivo (entupindo as condutas de injeção de caudal auxiliar de atração) ou até mesmo impedir a circulação dos indivíduos (Travade & Larinier, 2002).

### **3.3.2. *Recolha de informação de caracter biológico***

Também a recolha de informação de caracter biológico é de extrema relevância, sendo esta o maior indicador de sucesso da passagem para peixes. A observação da concentração de migrantes acumulados na barreira, da concentração de pescadores a montante da barragem, a observação visual da passagem de peixes nos dispositivos que compreendam janelas e a instalação de equipamento de vídeo-gravação digital nos dispositivos são alguns dos métodos mais conclusivos. Para além disso podem ainda ser utilizados os métodos de monitorização de fauna piscícola descritos seguidamente.

A escolha da metodologia de monitorização a aplicar deve atender a parâmetros como duração do estudo, orçamento e número de peixes a partir dos quais se pode obter informações viáveis, dado que há limitações a nível de espécies e ambiente em cada método. Assim, nem todos os métodos podem ser considerados ideais para abordar cada caso em questão, sendo que frequentemente se opta por uma combinação de métodos (Lucas & Baras, 2001).

Os métodos e técnicas para estudo do comportamento espacial de peixes podem ser distribuídos em duas categorias, consoante são métodos independentes de captura de peixes ou métodos dependentes da captura de peixes (Lucas & Baras, 2001). O primeiro engloba métodos como a observação visual, o uso de contadores de resistividade ou de sonar. O segundo inclui o recurso a marcações quer de origem eletrónica ou sintética. De seguida apresentam-se alguns dos métodos que foram considerados mais relevantes.

### 3.3.2.1. Métodos independentes da captura de peixes

#### OBSERVAÇÃO VISUAL

A observação visual pode ser realizada de forma direta através de atividades de mergulho ou *snorkeling* ou a partir de barcos ou plataformas na costa. É possível obter informação ao nível da abundância piscícola, distribuição, preferências de habitat e comportamento (Lucas & Baras, 2001). Também é possível obrigar os peixes a passar numa zona ou janela em que sejam facilmente identificados e contados por um observador (Santo, 2005).

Mais recentemente surgiu a observação visual de forma remota, através de equipamentos de vídeo-gravação digitais. A maior vantagem deste método é a minimização da perturbação do ecossistema. No entanto, está dependente da proximidade aos peixes, disponibilidade de luz natural, profundidade de água, condições de escoamento, entre outros (Lucas & Baras, 2001).

#### CONTADORES AUTOMÁTICOS

Os contadores automáticos reagem à passagem de peixes, registando o número de passagens. Normalmente os mais usados são os contadores de sonar e os contadores de resistividade (Santo, 2005).

Os contadores de resistividade baseiam-se na diferença de condutividade entre a água e o corpo dos peixes (Santo, 2005).

Os sonares podem ser denominados ativos (para sonares que produzem sons) ou passivos (para sonares que detetam sons que ocorrem naturalmente, apesar de não serem eficazes na identificação e localização de indivíduos no seu ambiente natural). Este método pode ser útil no estudo da distribuição, comportamento e migração de peixes. Para evitar interferências no sinal, as técnicas de hidroacústica são restringidas a lagos ou zonas não turbulentas de rios (Lucas & Baras, 2001).

A grande desvantagem dos contadores automáticos é não permitirem a identificação das espécies (Santo, 2005). Mais recentemente foram desenvolvidos sensores de infravermelhos os quais, para além da contagem e medição do comprimento dos peixes, registam também a sua silhueta. No entanto, um equipamento em que estes mesmos são utilizados, designado por *Riverwatcher*, revelou pouca eficácia na deteção de peixes de pequena dimensão (Pinheiro, 2004).

### 3.3.2.2. Métodos dependentes da captura de peixes

A marcação de peixes para o estudo das suas deslocações tem vindo a ser realizada desde o século XVII. Naturalmente, os avanços tecnológicos das últimas décadas têm vindo a trazer melhorias bastante significativas no que diz respeito a tecnologias para o estudo do comportamento espacial dos peixes, incluindo a migração (Lucas & Baras, 2001).

Para a captura dos peixes podem ser usados dispositivos de captura, redes de cerco, redes de arrasto, dragas ou a pesca elétrica. Após a captura, são registadas algumas informações sobre o indivíduo como o comprimento (Figura 10), espécie e identificação, introduzidos os dispositivos de monitorização e os peixes são devolvidos ao seu habitat.



**Figura 10** - Medição do comprimento total de um barbo

#### PIT (PASSIVE INTEGRATED TRANSPONDER) TAGS

Os PIT-tags permitem conhecer o percurso do peixe com referências temporais e consistem simplesmente numa bobina e um chip de circuito integrado numa cápsula de vidro (Figura 11).



**Figura 11** - PIT-tag

A inserção deste dispositivo é bastante simples e rápida, sem necessidade de intervenção cirúrgica o que representa menos stress para o peixe (Figura 12).



**Figura 12** - Inserção de um PIT-tag num barbo-comum

Os dispositivos são precisamente programados e depois implantados no peixe. Tal como o nome indica (*passive integrated transponder*) estes dispositivos não emitem sinal e informações e como tal não necessitam de ter uma bateria, razão pela qual têm um tamanho tão reduzido. No momento em que o peixe marcado passa por uma das antenas colocadas estrategicamente nos locais a estudar, este emite o seu código único via rádio para o PIT-tag. Quando o indivíduo é recapturado, são usados leitores que identificam o código do PIT-tag e, consequentemente, o animal. A codificação eletrónica permite uma identificação rápida e fiel de peixes individuais, com o mínimo de manipulação; por outro lado, como os dispositivos não têm bateria o seu tempo de vida, teoricamente, é infinito. Para além dessas vantagens, são ainda de custo reduzido contribuindo mais uma vez para a facilidade do uso em cardumes (Lucas & Baras, 2001).

## EMG

Os transmissores eletromiograma detetam e quantificam a atividade elétrica da musculatura durante a natação (Brown, 2006). O sinal emitido traduz os registos gerados por diferentes fibras musculares quando as mesmas são excitadas por neurónios motores, ou simplificando, representa o intervalo de tempo entre as contrações musculares (Geist, 2000; De Luca, 1979). O EMG é um sinal analógico (contínuo no tempo) e para ser analisado é convertido em sinal discreto (digital) (Marchetti, 2006).

Os transmissores são implantados cirurgicamente no músculo vermelho e por isso o seu sinal pode ser correlacionado com a velocidade de natação. À medida que a atividade natatória do peixe aumenta, o intervalo entre as contrações musculares diminui e por isso o pulso do sinal rádio transmitido aumenta (Geist, 2000; Brown, 2006). A contração muscular também pode ser relacionada com o consumo de oxigénio, pois o consumo de oxigénio aumenta com o aumento da atividade muscular (Geist, 2000).

#### TELEMETRIA ACÚSTICA

A telemetria acústica usa transmissores ultrassônicos que operam emitindo pulsos de som. Como as ondas acústicas não se propagam pelo ar é instalado um hidrofone na água para captar o sinal do transmissor.

Esta técnica normalmente é usada em rios lentos e profundos, lagos e reservatórios e ainda em águas salobras com alta condutividade (Lucas & Baras, 2011). O diâmetro da zona de detecção de um transmissor pode ser afetado por vários fatores, entre eles ruído de fundo (e.g. tráfego marítimo/fluvial, ação das ondas), sombras acústicas (e.g. topografia e vegetação de fundo) e as propriedades físicas da água (e.g. temperatura e turvação) (Bain, 2005; Heupel et al., 2006; Cotton, 2010).

Os transmissores acústicos têm uma utilização limitada pela bateria de alimentação, sendo a duração desta depende do tamanho do dispositivo. Assim, para peixes mais pequenos têm de ser usados dispositivos mais pequenos, com duração de 3 meses. Como este intervalo de tempo é bastante reduzido comparativamente com a escala temporal utilizada geralmente nos estudos, não é usual usar a telemetria acústica no estudo do comportamento de escalos ou bordalos.

#### RADIO-TELEMETRIA

No caso da radio-telemetria, esta não se revela eficaz em águas profundas e com condutividade alta, pelo que é preferencialmente usada em lagos, lagoas, rios e riachos (Lucas & Baras, 2001).

É inserido nos peixes um transmissor rádio e uma antena que segue o peixe e emite o sinal de rádio. O sinal viaja através da água e do ar, onde é detetado por um recetor que tanto pode estar em terra como num avião ou barco (Decelles, 2014). Os transmissores rádio podem ser diferenciados uns dos outros operando a frequências únicas para cada dispositivo (Brain, 2005).

## 3.4. Casos de interesse

### 3.4.1. Introdução

Tal como foi mencionado no sub-capítulo 1.2, esta dissertação tem como objetivo a proposição de medidas de transposição de ictiofauna em aproveitamentos hidroelétricos já construídos e que através do efeito barreira, impedem a continuidade fluvial. Para tal, foi realizada uma pesquisa e análise de casos a nível global cujas soluções de transposição tenham sido aplicadas após a construção da barragem. Os exemplos estudados foram o Aproveitamento

Hidroelétrico Kurichhu, a Barragem Cle Elum, o Aproveitamento Hidroelétrico Gmunden e o Aproveitamento Hidroelétrico do Baixo Sabor.

### **3.4.2. Aproveitamento Hidroelétrico Kurichhu**

O AH Kurichhu situa-se no Rio Kurichhu no Butão e encontra-se em funcionamento desde 2010. A barragem, com 55 m de altura e um desenvolvimento de coroamento de 285 m, cria uma albufeira com 15,7 hm<sup>3</sup> de capacidade. Para ultrapassar o efeito barreira na migração dos peixes, foi posteriormente construída uma passagem por bacias sucessivas (Figura 13), num total de 98 bacias perfazendo uma distância a percorrer de 320 m. Cada bacia tem uma área em planta de 1,5 x 1,5 m<sup>2</sup> e uma profundidade de 2 m (SANDRP, 2014).

Este sistema de bacias sucessivas não tem qualquer tipo de monitorização pelo que não se conhece que espécies ou quantos indivíduos é que o utilizam. No entanto, tendo em conta que as fendas entre bacias só têm 25 cm de largura, estima-se que a circulação entre estas não seja fácil principalmente para peixes de grandes dimensões.



**Figura 13** - Sistema de bacias sucessivas no Aproveitamento Hidroelétrico de Kurichhu (fonte: SANDRP, 2014)

A altura considerável do obstáculo deverá ser o fator que mais influencia a eficácia deste dispositivo. Como se trata de um obstáculo com uma altura de 55 m é necessário um número elevado de bacias o que exige um esforço muito grande por parte dos peixes, pelo que se perspetiva que a eficácia do dispositivo não seja elevada.

### **3.4.3. Barragem Cle Elum**

A barragem Cle Elum situa-se no Rio Cle Elum, a cerca de 13 km da cidade de Cle Elum, Washington (EUA). A sua construção foi concluída em 1933 e com 50 m de altura e um desenvolvimento de coroamento de aproximadamente 550 m, alberga uma albufeira de cerca de 539 hm<sup>3</sup>. Para ultrapassar o efeito barreira provocado pela barragem na migração do salmão, foram projetados em 2017 dois sistemas (Figura 14) que atualmente se encontram em fase de construção, estando prevista a sua conclusão para 2020 (Bureau of Reclamation, 2011). Para facilitar a migração descendente do salmão juvenil até ao oceano foi proposta uma conduta

subterrânea de aproximadamente 380 m com uma estrutura de receção aos peixes. Para a migração ascendente dos adultos, foi prevista a transposição através de uma tecnologia (“Whooshh”).

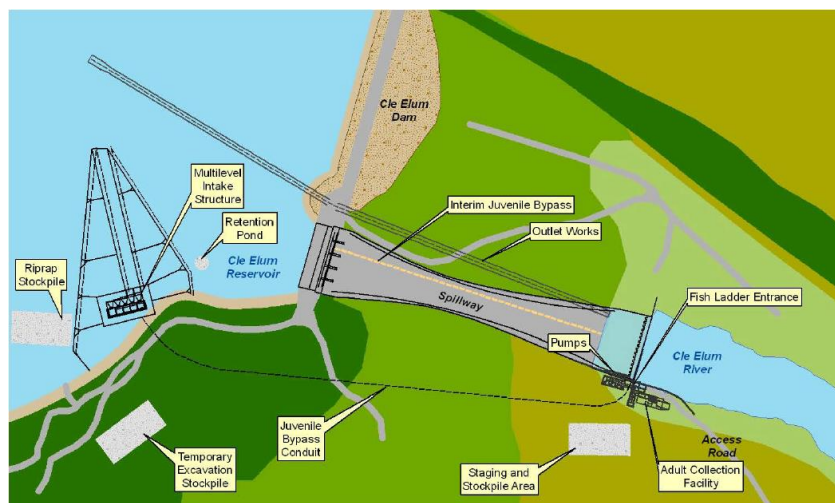


Figura 14 - Sistema de transposição da ictiofauna na Barragem de Cle Elum (fonte: Bureau of Reclamation, 2011)

A tecnologia *Whooshh* utiliza o princípio de diferencial de pressão. O objeto (neste caso, o peixe) dentro do tubo é selado devido às características flexíveis do tubo. É criado um diferencial de pressão através do aumento de pressão atrás do peixe (sistema de pressão) ou através da diminuição de pressão à frente do peixe (sistema de vácuo). Este diferencial de pressão atua na superfície do peixe criando uma força motriz, resultando numa força que, graças aos coeficientes de fricção baixos dos tubos *Whooshh*, impulsiona o peixe ao longo do comprimento do tubo (Whooshh, 2018).

#### 3.4.4. Aproveitamento Hidroelétrico Gmunden

O AH Gmunden situa-se no Rio Traun na Áustria e representa uma barreira de 11 m. Para ultrapassar o efeito barreira na migração dos peixes, foi implementado em 2016 o dispositivo de passagem de peixes “Fish Lift Sluice”.

O “Fish Lift Sluice” foi criado pela empresa austríaca Der Wasserwirt e combina os princípios de funcionamento de um ascensor com os de uma eclusa. Por um lado, os peixes sobem dentro de uma cesta, como no caso de um ascensor; por outro, esta elevação é efetuada graças à introdução de água proveniente do reservatório a montante, como no caso de uma eclusa. Assim, este sistema funciona em 4 etapas:

- Captura: a comporta a jusante é aberta estando tanto a cesta como o nível de água à cota mínima, no fundo do poço. É libertado um caudal de atração através de um bypass de montante (conduta azul na Figura 15) que conduz os peixes para a cesta.
- Subida: a comporta a jusante fecha. Uma outra conduta (conduta vermelha na Figura 15) enche o poço com água, fazendo com que a cesta flutue e suba.

- Saída: quando o nível da água dentro do poço atinge o nível da água a montante, a comporta a montante abre e os peixes nadam para a albufeira.
- Descida: após a saída dos peixes para a albufeira, a comporta a montante fecha e a água dentro do poço é drenada através de condutas, fazendo com que a cesta volte à posição inicial.

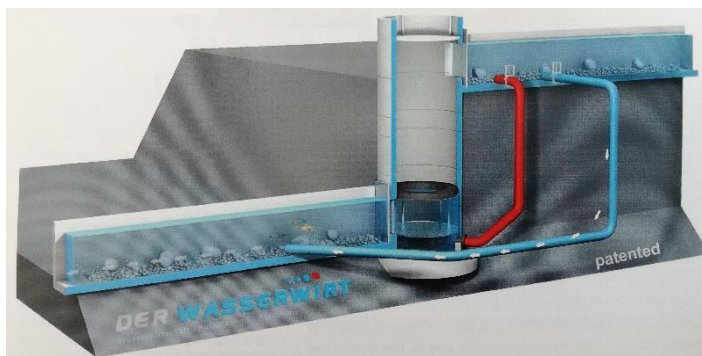


**Figura 15** - Dispositivo de passagem de peixes "Fish Lift Juice"

Este dispositivo foi aplicado a vários aproveitamentos hidroelétricos austríacos e torna-se vantajoso pelo baixo custo de investimento, pouca manutenção, flexibilidade de variação de diferença de altura entre montante e jusante e ainda pela necessidade de pouco espaço.

Neste projeto, em que a espécie alvo foi a truta-de-lago (com um comprimento médio de 90cm), o espaço disponível para construção era limitado. O sistema foi equipado com câmaras de monitorização subaquáticas (Figura 16) que permitiram visualizar a utilização deste por 11 espécies.



**Figura 16** - Imagens captadas pelas câmaras de monitorização do Fish Lift Sluice no AH Gmunden

### ***3.4.5. Aproveitamento Hidroelétrico do Baixo Sabor***

O AH do Baixo Sabor localiza-se no Rio Sabor, em Portugal e a sua exploração encontra-se a cargo da EDP Produção. A barragem, com 123 m de altura e um desenvolvimento de coroamento de 505 m, cria uma albufeira com 1095 hm<sup>3</sup> de capacidade total. Para ultrapassar o efeito barreira na migração dos peixes, foi implementado um sistema de translocação manual dos exemplares piscícolas. A translocação é uma alternativa aos dispositivos fixos e representa também uma solução ao efeito barreira que pode ser aplicado após a construção da barragem.

Neste caso, para a migração ascendente a captura ocorre na Ribeira da Vilariça e a jusante da Barragem do Baixo Sabor com recurso a pesca elétrica complementada com o isolamento de troços de água com redes. Uma porção dos indivíduos capturados são medidos, pesados e marcados. Após o transporte os exemplares são libertados a montante da Barragem do Baixo Sabor. Quanto às espécies exóticas capturadas, estas são sacrificadas e depositadas em contentor de lixo em sacos devidamente fechados. O processo de translocação do AH do Baixo Sabor também contempla a migração descendente, permitindo que os exemplares piscícolas envolvidos possam completar o seu ciclo de vida.



## 4. CASOS DE ESTUDO

No presente capítulo pretende apresentar-se os casos de estudo que foram alvo de análise nesta dissertação e seu enquadramento legislativo, no que se refere aos princípios que se coadunam como instrumentos de combate à problemática da quebra da continuidade fluvial. Para além dos Planos de Gestão de Região Hidrográfica inclui-se também o Plano de Gestão da Enguia, atendendo ao estatuto de conservação desta espécie. Estes documentos legais foram utilizados no processo de escolha de casos de estudo, sendo que a sua seleção é apresentada também neste capítulo.

Para cada um dos casos de estudo é realizada uma breve descrição da sua bacia hidrográfica, precedida do estudo da situação atual a jusante dos casos de estudo e terminando com o estudo das espécies presentes nas suas imediações.

### 4.1. Enquadramento Legislativo

O restabelecimento da continuidade fluvial tornou-se um requisito legal ao abrigo da Diretiva Quadro da Água (Diretiva n.º 2000/60/CE do Parlamento europeu e do Conselho, de 23 de outubro), considerado o principal instrumento da Política da União Europeia relativa à água (ICNF, 2014). A Diretiva Quadro da Água estabelece um quadro de ação comunitário no domínio da política da água, nomeadamente na proteção das águas de superfície interiores, das águas de transição, das águas costeiras e das águas subterrâneas.

O estado das águas de superfície é definido tendo por base o Estado Ecológico e o Estado Químico. A temática da continuidade fluvial surge como um elemento hidromorfológico de suporte dos elementos biológicos, inserido nos elementos de qualidade para a classificação do estado ecológico. Outro elemento biológico que afeta o estado ecológico é a composição, abundância e estrutura etária da fauna piscícola, evidenciando que a conectividade fluvial é um dos elementos com maior influência na classificação do estado ecológico das massas de água superficiais.

A Diretiva Quadro da Água foi transposta para a lei portuguesa através da Lei da Água (Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro, alterada e republicada pelo Decreto-Lei n.º 130/2012, de 22 de junho) (ICNF, 2014).

A partir do Artigo 45.º da Lei da Água surgiram os Planos de Gestão de Região Hidrográfica (PGRH) contendo programas de medidas para o cumprimento dos objetivos ambientais para as águas superficiais. A unidade principal para o planeamento e gestão das águas é a região hidrográfica, constituída por uma ou mais bacias hidrográficas e respetivas águas costeiras (APA, 2018a).

As matérias dos Planos de Gestão de Região Hidrográfica agrupam-se em 5 grandes áreas temáticas, sendo estas as massas de água (superficial e subterrânea), os objetivos ambientais, o programa de medidas, a análise económica e a participação pública (APA, 2018a). Os objetivos dos PGRH estão enquadrados nos objetivos ambientais da DQA que cobrem as águas superficiais, as águas subterrâneas e as zonas protegidas. Assim, pretende-se que os PGRH sejam um instrumento de excelência para a gestão dos recursos hídricos, fundamental para a garantia de qualidade de vida e de desenvolvimento dos setores. A Agência Portuguesa do Ambiente, I.P. é responsável pela elaboração dos planos de gestão da região hidrográfica, enquanto instrumentos de planeamento das águas que visam a gestão, proteção e a valorização ambiental, social e económica das águas ao nível das bacias hidrográficas integradas numa região hidrográfica (APA, 2018b).

Nos PGRH a continuidade fluvial está inserida nas medidas de minimização de alterações hidromorfológicas nos programas de medidas PTE3P01 (promoção da continuidade longitudinal) e PT3P02 (melhoria das condições hidromorfológicas das massas de água).

Nos termos da DQA e da Lei da Água, o planeamento de gestão das águas está estruturado em três ciclos de 6 anos (APA, 2018b). Atualmente, os PGRH vigoram desde 2016, sendo estes vigentes até 2021, enquadrando assim o 2º ciclo de PGRH, sucedendo aos do 1º ciclo que vigoraram entre 2009 e 2015 (APA, 2018a).

Quanto ao Plano de Gestão da Enguia (PGE), este surgiu quando as populações de enguia-europeia *Anguilla anguilla* (L.) atingiram valores abaixo dos limites biológicos de segurança, ao mesmo tempo que se percebeu que a pesca praticada não era sustentável. Assim o Regulamento (CE) nº 1100/2007, de 18 de setembro, obrigou os Estados-Membros a elaborarem planos de gestão da enguia, adaptados às condições regionais e locais.

O objetivo do PGE é permitir a passagem para o mar de pelo menos 40% das enguias prateadas que migram dos rios, na ausência de impactes de origem antropogénica na população. Para o restabelecimento da continuidade fluvial foi prevista a implementação de um conjunto de medidas a curto, médio e longo prazo, conforme o nível de prioridade dos obstáculos. A determinação dos níveis de prioridade de intervenção teve em conta a proximidade do obstáculo à foz do rio, o ganho em extensão de habitat com a criação de condições de transponibilidade do obstáculo, o grau de intransponibilidade do obstáculo (total ou parcial) e a existência de dispositivos de passagem para peixes noutras infraestruturas cuja eficácia é prejudicada pela existência de obstáculos não equipados com passagens para peixes a jusante destes.

## 4.2. Processo de seleção dos casos de estudo

Tendo em consideração o tema da dissertação, a seleção dos casos de estudo iniciou-se pelo levantamento dos Aproveitamentos Hidroelétricos (AH) em exploração pela EDP Produção, tendo sido excluídos aqueles que, já possuem dispositivos de passagem de peixes. Tendo em consideração os AH não equipados com este tipo de dispositivos, foram verificadas as medidas do PGRH e analisadas as recomendações ao nível do fomento da conectividade fluvial. Posteriormente, tendo em atenção a descrição e o código da medida, o nível de prioridade e o calendário de execução, escolheram-se 6 AH, nomeadamente, Alto Lindoso, Baixo Sabor, Aguieira, Raiva, Ribeiradio-Ermida e Fratel.

Complementarmente, a análise destes AH no que respeita ao seu enquadramento no PGE permitiu selecionar com base no nível de prioridade, altura da barragem e a situação atual de cada AH, a barragem da Aguieira e da Raiva como os casos de estudo a incluir no âmbito desta dissertação. A descrição mais detalhada de todos os passos relacionados com o processo de seleção poderá ser consultada no Anexo A.

Embora o caso do Alto Lindoso não tenha sido definido como caso de estudo da presente dissertação uma vez que a medida do PGRH contempla a continuidade fluvial até ao Alto Lindoso e não para além deste, não enquadrado na metodologia de seleção utilizada, foram expostos na EDPP algumas problemáticas atuais de interesse no decorrer da presente dissertação. O facto do rio em que este aproveitamento se insere ser um rio transfronteiriço e de haver grandes quantidades de enguia a utilizarem o ascensor que se encontra imediatamente a jusante do Alto Lindoso tornam esta área numa zona problemática para esta espécie. Tendo em consideração a temática da conectividade fluvial estudada nesta dissertação, foi elaborado um estudo complementar relativamente à potenciação da conectividade fluvial na barragem do Alto Lindoso, o qual poderá ser consultado no Anexo B.

## 4.3. Sistema Aguieira-Raiva

Os AH da Raiva e Aguieira localizam-se no Rio Mondego, que pertence à Região Hidrográfica do Vouga, Mondego e Lis. Esta região hidrográfica, com uma área total de 12 144 km<sup>2</sup>, integra as bacias hidrográficas dos rios Vouga, Mondego e Lis e as bacias hidrográficas das ribeiras de costa, incluindo as respetivas águas subterrâneas e águas costeiras adjacentes, conforme Decreto-Lei n.º 347/2007, de 19 de outubro, alterado pelo Decreto-Lei n.º 117/2015, de 23 de junho.

O rio Mondego é o quinto maior rio português com a sua bacia hidrográfica integralmente em território nacional. Nasce na Serra da Estrela, a 1 525 m de altitude percorrendo 258 km

até desaguar no Oceano Atlântico junto à Figueira da Foz. Os seus principais afluentes são os rios Dão, Alva, Ceira e Arunca.

A área da Bacia Hidrográfica (BH) do Rio Mondego é de 6 645 km<sup>2</sup> e encontra-se bastante regularizada (intervenção realizadas sobretudo na década de 80) por vários açudes de pequenas dimensões (para fins agrícolas e/ou recreativos) e por duas grandes barragens, Aguieira (a 86 km da foz) e Raiva (a 80 km da foz). Estes obstáculos são responsáveis pelo elevado grau de fragmentação longitudinal com consequências gravosas para as espécies migradoras, dado que (RHPDM, 2018):

- i. Limitam as suas deslocações e por consequência, o acesso a áreas de reprodução e/ou alimentação, diminuindo a qualidade e quantidade de habitat disponível;
- ii. Provocam um aumento (artificial) da quantidade de indivíduos a jusante o que altera a dinâmica natural da população;

O aproveitamento hidroelétrico da Aguieira, juntamente com o da Raiva, a jusante, está integrado no Plano Geral de Aproveitamento Hidráulico da Bacia do Mondego. Trata-se de um empreendimento de fins múltiplos, com destaque para os seguintes objetivos: produção de energia elétrica, regularização de caudais sólidos e líquidos (amortecimento das pontas de cheias e das secas estivais), regulação do regadio e abastecimento de água para consumo humano (EDP, 2017).

#### **4.3.1. Aproveitamento Hidroelétrico da Aguieira**

O aproveitamento hidroelétrico da Aguieira localiza-se a cerca de 1,7km a jusante da foz do Dão e 35km a montante de Coimbra e entrou em exploração em 1981. É um aproveitamento de albufeira, constituído por uma barragem, uma central tipo pé de barragem (implantada a jusante), os respetivos circuitos hidráulicos, um edifício de comando e uma subestação (EDP, 2017).

A barragem (Figura 17) situa-se em Travanca do Mondego, concelho de Penacova, distrito de Coimbra e cria uma albufeira de cerca de 216hm<sup>3</sup> de capacidade útil (EDP, 2017). A sua zona de influência abrange os concelhos de Penacova, Mortágua, Santa Comba Dão, Tábua, Tondela e Carregal do Sal. A barragem é de betão, do tipo abóbadas múltiplas, com três abóbadas de dupla curvatura e dois contrafortes centrais, onde estão implantados os descarregadores de cheias, com uma capacidade máxima de 2080 m<sup>3</sup>/s. Tem 89 metros de altura e um desenvolvimento de coroamento de 400 metros, onde passa uma estrada que liga as duas margens. A produtividade média anual da Aguieira, sem contribuição da bombagem, é de 193 GWh (EDP, 2017).



**Figura 17 - Barragem da Aguieira (fonte: edp.pt)**

No PGRH este AH é referido na medida PTE3P01M02\_SUP\_RH4, descrita como “*Restauração da acessibilidade de troços de rios às espécies diádromas, em particular à enguia, através da colocação de passagem para peixes em açudes de transponibilidade impossível, nomeadamente, no açude de Formoselha, açude de Penacova, Açude da Raiva e Barragem da Aguieira.*”, com o nível de prioridade mais elevado e um calendário de execução estabelecido de 2016 a 2021. Quanto ao PGE, este refere a Barragem da Aguieira no conjunto de medidas estruturais que tornam os rios transitáveis e melhoram os seus habitats e que asseguram a migração para jusante. Estas medidas têm como objetivo o restabelecimento do *continuum* fluvial, estando a Barragem da Aguieira classificada como 1º nível de prioridade na Bacia Hidrográfica do Mondego e sendo requerida a garantia de transponibilidade pela enguia nesta barragem.

#### **4.3.2. Aproveitamento Hidroelétrico da Raiva**

O aproveitamento hidroelétrico da Raiva entrou ao serviço em 1982 e situa-se a cerca de 10 km a jusante do aproveitamento da Aguieira, criando para montante o seu contra embalse (EDP, 2017).

É constituído por uma barragem, uma central (incorporada na própria barragem), uma subestação instalada no seu interior e um edifício de comando local. A produtibilidade média anual da Raiva é de 46 GWh (EDP, 2017).

A barragem (Figura 18) localiza-se em Coiço (razão pela qual também é designada de Barragem do Coiço), concelho de Penacova, distrito de Coimbra, criando uma pequena albufeira com 12 hm<sup>3</sup> de capacidade útil e com uma zona de influência que abrange os concelhos de Penacova e de Mortágua. Com 34 metros de altura e um desenvolvimento de coroamento de 200m, a barragem, do tipo gravidade, possui dois descarregadores de superfície e uma descarga de fundo, com uma capacidade máxima de 47 m<sup>3</sup>/s (EDP, 2017). As suas principais finalidades são a produção de energia elétrica e o controlo de cheias.



**Figura 18** - Barragem de Raiva (fonte: edp.pt)

O aproveitamento hidroelétrico da Raiva, para além de possibilitar a bombagem da central da Aguieira, condiciona o regime do Rio Mondego para jusante, complementando as funções do empreendimento de fins múltiplos no Baixo Mondego. A sua barragem liberta caudal ecológico (EDP, 2017).

No PGRH este AH também é referido na medida PTE3P01M02\_SUP\_RH4 à semelhança do AH da Aguieira, com o nível de prioridade mais elevado e um calendário de execução estabelecido de 2016 a 2021. Quanto ao PGE, este refere a Barragem de Raiva no mesmo conjunto de medidas para a Barragem da Aguieira, atribuindo-lhe o mesmo nível de prioridade na Bacia Hidrográfica do Mondego.

## **4.4. Caracterização a jusante do sistema Raiva-Aguieira**

Para que de facto seja promovida a continuidade fluvial no Rio Mondego, foi averiguada a situação desde a foz do rio Mondego até ao Aproveitamento Hidroelétrico da Raiva. Este troço foi abrangido pelo projeto de reabilitação do Mondego o qual promoveu a continuidade fluvial, tendo sido implementadas diversas medidas de minimização de impacte sobre as comunidades ictiofaunísticas (Figura 19).

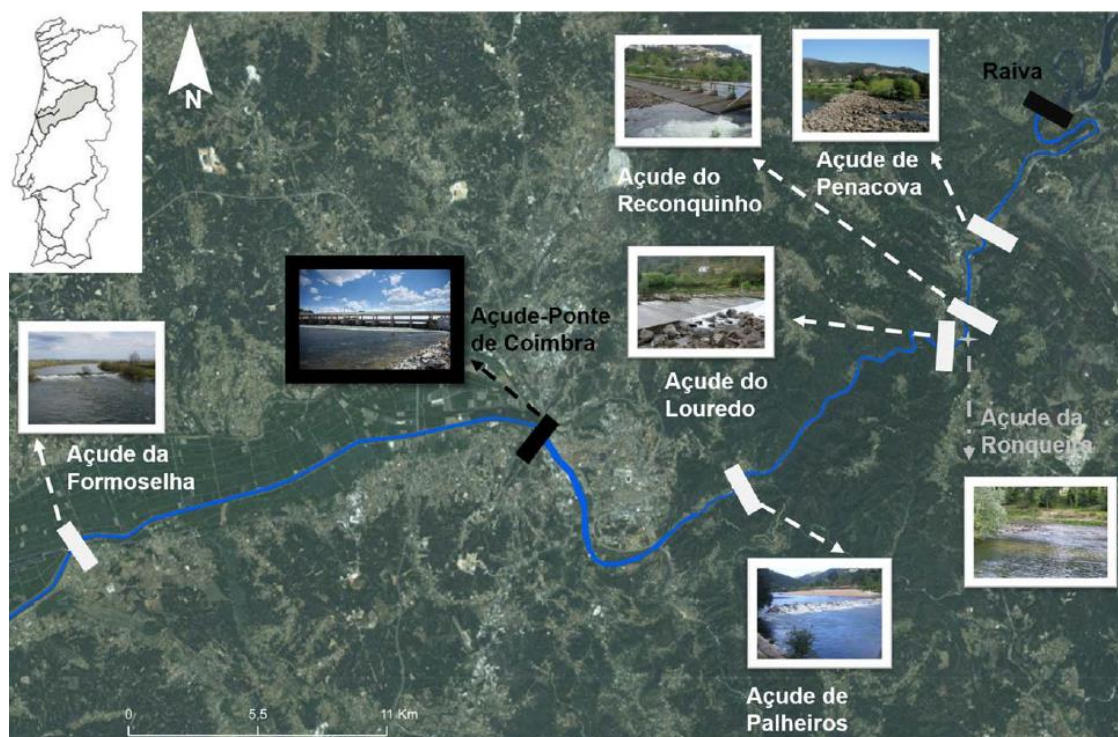


**Figura 19** - Troço do rio Mondego alvo de reabilitação com a localização dos principais obstáculos à migração piscícola (PROMAR, 2016)

Este projeto envolveu a construção de uma passagem para peixes no Açude-Ponte de Coimbra, a construção de quatro passagens naturalizadas em pequenos açudes, a construção de uma passagem para peixes do tipo bacias sucessivas no Açude de Carvoeira (ou Açude de Reconquinho) (Figura 20), a remoção de um açude de pequenas dimensões (Açude da Ronqueira) e ainda a construção da primeira passagem para peixes dedicada exclusivamente à enguia-europeia em Portugal no Açude-Ponte de Coimbra (PROMAR, 2016; RHPDM, 2018).



**Figura 20** - Açude da Carvoeira (ou Açude de Reconquinho) (à esquerda: antes da intervenção; à direita: após a intervenção, caudal estival) (Fonte: <http://www.rhpdm.uevora.pt/>)

#### AÇUDE-PONTE DE COIMBRA

O Açude-Ponte de Coimbra (Figura 21) localiza-se a cerca de 45km do Oceano Atlântico. Este foi construído em 1981 e possui uma altura de 22 m, com um comprimento de coroamento de 202 m. Aquando a construção do açude este foi equipado com uma passagem por bacias

sucessivas que se revelou ineficaz devido a problemas estruturais e hidráulicos, dos quais se destacam a ineficácia da entrada para o dispositivo e a inadequação das bacias às espécies existentes naquele curso de água. Em 2011 foi projetada uma nova passagem de peixes composta por 23 bacias sucessivas de fendas verticais (perfazendo um comprimento de 125 m) e ainda uma passagem para enguias, que permitiu um aumento em 51 km de habitat disponível para os peixes diádromos. Foi ainda instalado um sistema de monitorização com recurso a equipamentos de vídeo-gravação digital colocados nas janelas de observação, onde é possível visualizar as espécies que utilizam a passagem de peixes.



**Figura 21** - Açude-Ponte de Coimbra (adaptado de Google Maps)

#### PASSAGENS PARA PEIXES NATURALIZADAS

Após a instalação do dispositivo de passagem de peixes do Açude-Ponte de Coimbra, procedeu-se à construção de quatro passagens para peixes naturalizadas em açudes considerados de difícil transposição para os peixes. De entre os vários tipos de passagens naturalizadas existentes, optou-se pelo desenho em rampa com blocos de enrocamento distribuídos uniformemente (PROMAR, 2016). Destes quatro açudes, três localizam-se a montante do Açude-Ponte de Coimbra - Açude de Penacova (Figura 22), Açude de Louredo (Figura 23), Açude de Palheiros (Figura 24) - e um localiza-se a jusante - Açude de Formoselha (Figura 25).

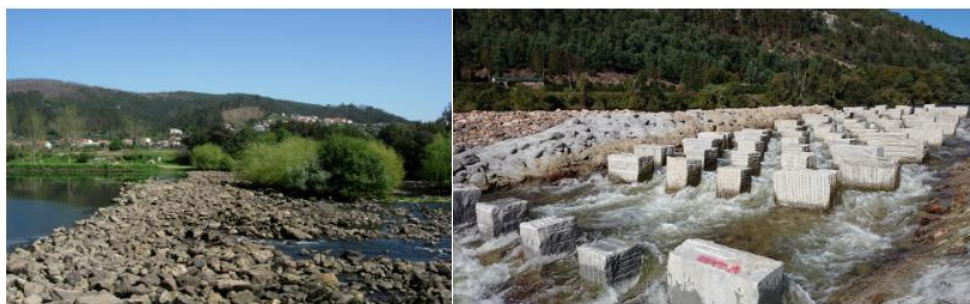


**Figura 22** - Açude de Penacova (à esquerda: antes do projeto; à direita: depois do projeto, caudal estival) (Fonte: <http://www.rhpdm.uevora.pt/>)



**Figura 23** - Açude do Louredo (à esquerda: antes do projeto; à direita: depois do projeto, caudal estival) (Fonte: <http://www.rhpdm.uevora.pt/>)



**Figura 24** - Açude de Palheiros (à esquerda: antes do projeto; à direita: depois do projeto, caudal estival) (Fonte: <http://www.rhpdm.uevora.pt/>)



**Figura 25** - Açude da Formoselha (à esquerda: antes do projeto; à direita: depois do projeto, caudal estival) (Fonte: <http://www.rhpdm.uevora.pt/>)

## 4.5. Caracterização da ictiofauna

O inventário da ictiofauna na área de influência do Açude-Ponte de Coimbra foi consultado a partir do relatório do Dimensionamento da Passagem de Peixes do Açude-Ponte de Coimbra. A informação foi recolhida através da realização de campanhas de amostragem na bacia hidrográfica do Mondego e complementada com inquéritos à população local e consulta de bibliografia especializada. Assim, as principais espécies ictiofaunísticas existentes na área de influência do Açude-Ponte de Coimbra são as que se apresentam na Tabela 1.

**Tabela 1** - Espécies ictiofaunísticas existentes na área de influência do Açude-Ponte de Coimbra

| Família                | Espécie                             | Designação comum |
|------------------------|-------------------------------------|------------------|
| <b>Petromyzontidae</b> | <i>Petromyzon marinus</i>           | Lampreia-marinha |
| <b>Clupeidae</b>       | <i>Alosa alosa</i>                  | Sável            |
|                        | <i>Alosa fallax</i>                 | Savelha          |
| <b>Cyprinidae</b>      | <i>Luciobarbus bocagei</i>          | Barbo-comum      |
|                        | <i>Pseudochondrostoma polylepis</i> | Boga-comum       |
|                        | <i>Carassius auratus</i>            | Pimpão           |
|                        | <i>Cyprinus carpio</i>              | Carpa            |
|                        | <i>Gobio gobio</i>                  | Góbio            |
|                        | <i>Leuciscus carolitertii</i>       | Escalo-do norte  |
|                        | <i>Rutilus macrolepidotus</i>       | Ruivaco          |
| <b>Centrarchidae</b>   | <i>Lepomis gibbosus</i>             | Perca-sol        |
|                        | <i>Micropterus salmoides</i>        | Achigã           |
| <b>Poeciliidae</b>     | <i>Gambusia holbrooki</i>           | Gambúsia         |
| <b>Salmonidae</b>      | <i>Salmo trutta</i>                 | Truta-de-rio     |
| <b>Anguillidae</b>     | <i>Anguilla anguilla</i>            | Enguia-europeia  |
| <b>Mugilidae</b>       | <i>Liza ramada</i>                  | Muge             |

Posteriormente, graças ao sistema de monitorização que foi implementado no Açude-Ponte de Coimbra foi possível conhecer quais as espécies que utilizam o seu dispositivo de passagem de peixes para se deslocarem para montante. Assim, assumindo que o projeto apresentado no sub-capítulo 4.3 se tem demonstrado eficaz e que de facto promove a continuidade fluvial, pode-se dizer que as espécies consideradas no caso de estudo do sistema Raiva-Aguieira são as apresentadas na Tabela 2.

**Tabela 2** - Espécies presentes nas imediações do sistema Raiva-Aguieira

| Classificação quanto ao tipo de migração | Família         | Espécie                             | Designação comum |
|------------------------------------------|-----------------|-------------------------------------|------------------|
| <b>Anádromo</b>                          | Petromyzontidae | <i>Petromyzon marinus</i>           | Lampreia-marinha |
|                                          | Clupeidae       | <i>Alosa alosa</i>                  | Sável            |
|                                          | Clupeidae       | <i>Alosa fallax</i>                 | Savelha          |
| <b>Potamódromo</b>                       | Cyprinidae      | <i>Luciobarbus bocagei</i>          | Barbo-comum      |
|                                          | Cyprinidae      | <i>Pseudochondrostoma polylepis</i> | Boga-comum       |
|                                          | Salmonidae      | <i>Salmo trutta</i>                 | Truta-de-rio     |
| <b>Catádromo</b>                         | Anguillidae     | <i>Anguilla anguilla</i>            | Enguia-europeia  |
|                                          | Mugilidae       | <i>Liza ramada</i>                  | Muge             |

De forma a conhecer os comportamentos associados a cada espécie será realizada uma breve descrição quanto à sua morfologia, ciclo de vida, reprodução, ameaças enfrentadas e classificação.

**Tabela 3** - Época de reprodução das espécies em estudo a jusante do AH de Raiva

| Espécie                             | Set | Out | Nov | Dez | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago |
|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| <i>Petromyzon marinus</i>           |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| <i>Alosa alosa</i>                  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| <i>Alosa fallax</i>                 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| <i>Luciobarbus bocagei</i>          |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| <i>Pseudochondrostoma polylepis</i> |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| <i>Salmo trutta</i>                 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| <i>Anguilla anguilla</i>            |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| <i>Liza ramada</i>                  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

#### 4.5.1. Lampreia-marinha (*Petromyzon marinus*)

A lampreia-marinha pertence à família Petromyzontidae e é um migrador anádromo.

##### Morfologia

Todas as espécies de lampreia possuem um corpo anguiliforme desprovido de barbatanas pares cuja pele é lisa e desprovida de escamas, com glândulas que produzem muco. De todas as espécies de lampreia, a lampreia-marinha (Figura 26) é a maior, podendo atingir comprimentos de 120 cm e pesar 2,3 kg (Araújo, 2011).



**Figura 26** - Lampreia-marinha (Cardoso, 2014)

##### Ciclo de vida

A lampreia-marinha é um organismo anádromo dado que inicia o seu ciclo de vida em águas continentais, passam a fase adulta em ambiente marinho e finalmente regressam ao rio para se reproduzirem e morrerem (ICNB, 2005).

Após a postura estes indivíduos passam por vários estádios embrionários até que são impelidos para jusante onde se enterram. Quando estão preparadas para a alimentação à base de algas, microrganismos e principalmente detritos orgânicos, emergem (fase em que se denominam de amocete). Segue-se uma fase de metamorfose (com uma duração entre 1 e 3 meses) que prepara os indivíduos para o habitat estuarino e para o novo tipo de alimentação parasitária, seguindo posteriormente para águas costeiras onde permanecem mais de 18 meses (ICNB, 2005).

##### Reprodução

Devido a fatores ambientais e fisiológicos, as lampreias marinhas acumulam-se nos estuários dos rios antes de iniciarem a migração pelo rio para se reproduzirem. Durante a fase

migratória ascendente o sistema digestivo atrofia tanto que cessam a alimentação. As zonas de postura são caracterizadas pelo fundo em gravilha e seixo mas que apresentem alguma proporção de elementos finos para a adesão dos ovos e com águas de pouca profundidade, límpidas e oxigenadas (ICNB, 2005; Santos et al., 2014). O macho inicia a formação do ninho através da fixação da sua boca e arrastamento de seixos, formando depressões no leito do rio. Posteriormente é acompanhado por uma ou mais fêmeas que depositam os ovos nos ninhos (ICNB, 2005).

#### Ameaças

Entre os principais fatores de ameaça destacam-se a poluição, a sobrepesca, a pesca ilegal dos reprodutores, a fragmentação, a destruição e perda de habitat devido a estruturas como barragens, a extração de inertes e a regulação de caudais em zonas de desenvolvimento de amocetes (ICNB, 2005).

#### Classificação

Livro Vermelho: Vulnerável

IUCN: LC - Pouco Preocupante

### **4.5.2. Sável (*Alosa alosa*)**

O sável pertence à família Clupeidae e é classificado como um migrador anádromo.

#### Morfologia

O sável (Figura 27) apresenta um corpo fusiforme e comprimido lateralmente, com um comprimento máximo de aproximadamente 80cm (Faria, 2007). Possui escamas grandes, delgadas e pouco aderentes e ainda um recorte nítido na maxila superior que corresponde a uma protuberância na maxila inferior (EDIA, 2018). Trata-se de uma espécie muito sensível ao manuseio e ao stress (Scharbert et al., 2011).

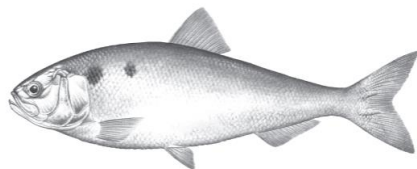


**Figura 27** - Sável (Cabral et al., 2005)

#### Ciclo de vida

A maturação sexual dos indivíduos ocorre entre os três e os oito anos de idade, altura em que migram do mar para o rio com o intuito de se reproduzir (ICNB, 2005). Geralmente regressam aos rios onde nasceram para se reproduzirem, um fenómeno conhecido por *homing* (Faria, 2007). Por norma após a desova, os adultos morrem. As larvas permanecem no rio por

cinco meses e no verão migram para o estuário onde permanecem por mais uns meses. Após a metamorfose migram para o mar onde completam o seu desenvolvimento (ICNB, 2005).

#### Reprodução

A desova ocorre em setores intermédios e superiores de rios de média e grande dimensão de corrente moderada, com uma temperatura entre os 16 e os 18°C. Os ovos são libertados à superfície durante a noite e andam à deriva das correntes até atingirem o fundo (Faria, 2007).

#### Ameaças

Entre as principais ameaças encontram-se a sobrepesca e a utilização de meios de captura ilegais, a destruição da vegetação ripícola, a redução das áreas de reprodução e desova, a regularização e sobre-exploração dos sistemas hídricos, a poluição, a extração de materiais inertes e a construção de açudes e barragens (ICNB, 2005).

#### Classificação

Livro Vermelho: Em Perigo

IUCN: LC - Pouco Preocupante

### **4.5.3. Savelha (*Alosa fallax*)**

A savelha pertence à família Clupidae e trata-se de um migrador anádromo.

#### Morfologia

A savelha (Figura 28) é um peixe geralmente um pouco mais pequeno que o sável e possui mais 4 a 8 manchas no dorso que o anterior. Por norma as fêmeas são maiores que os machos. A tonalidade do dorso é normalmente azulada e nos flancos e ventre prateada (Cardoso, 2014). Trata-se de uma espécie bastante sensível ao manuseio e ao stress no geral (Breine et al., 2017).

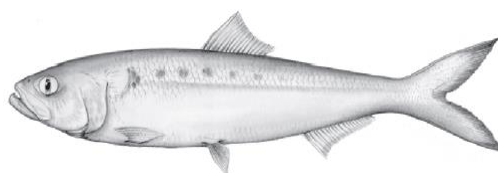


**Figura 28** - Savelha (Cabral et al., 2005)

#### Ciclo de vida

Os adultos aglomeram-se junto dos estuários e quando a água está entre os 10 e os 12°C, iniciam a migração ascendente. Quando a temperatura da água atinge os 15°C inicia-se a desova depois da qual os adultos regressam ao mar (Freyhof & Kottelat, 2008a). As suas migrações são

de menor amplitude comparando com a sua congénere *Alosa alosa*, não se afastando muito da costa em meio marinho, nem subindo tanto os rios em meio fluvial (ICNB, 2005). Os juvenis iniciam a migração descendente no seu primeiro verão, maturam junto à costa ou em estuários e chegam ao mar no final do segundo ano (Freyhof & Kottelat, 2008a).

#### Reprodução

Ao contrário do sável, esta espécie reproduz-se 3 a 4 vezes durante a sua vida e em cada reprodução as fêmeas desovam várias vezes. As posturas são efetuadas nas zonas imediatamente acima dos sectores ainda influenciados pela maré. A desova dá-se durante a noite, sobre as pedras, lodo ou areia, a uma profundidade que varia entre os 2,5m e 9,5m (ICNB, 2005). Por norma, a reprodução ocorre em zonas localizadas a jusante das descritas para o sável (Faria, 2007).

#### Ameaças

Entre os principais fatores de ameaça destacam-se a sobrepesca, a captura ilegal, a destruição da vegetação ripícola, a redução das áreas de reprodução e desova, a regularização dos sistemas hídricos, a poluição, a sobre-exploração dos recursos hídricos, a extração de materiais inertes e a construção de açudes e barragens (ICNB, 2005).

#### Classificação

Livro Vermelho: Vulnerável

IUCN: LC - Pouco Preocupante

#### **4.5.4. Barbo-comum (*Luciobarbus bocagei*)**

O barbo-comum (também designado por barbo-do-norte ou *Barbus bocagei*) pertence à família Cyprinidae e é um migrador potamódromo.

#### Morfologia

O Barbo-comum (Figura 29) apresenta um corpo fusiforme, ligeiramente comprimido lateralmente. O perfil da cabeça ligeiramente convexo e possui dois pares de barbilhos na parte inferior da boca. O lábio superior é grande e espesso estando o lábio inferior ligeiramente retraído. A região dorsal é castanha esverdeada e a ventral branca ou avermelhada. Esta espécie é um nadador ativo com grande capacidade de dispersão (Varandas et al., 2014).

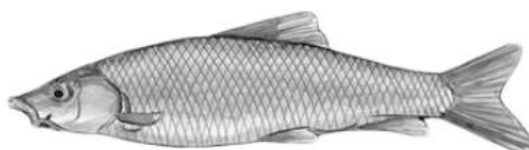


**Figura 29 - Barbo-comum (Cardoso, 2014)**

#### Ciclo de vida

Esta espécie ocorre nos troços médios e inferiores dos rios e lagoas onde ocupa o fundo (bentónico), preferindo zonas com pouca ou moderada velocidade de corrente (à exceção da época de reprodução (Varandas et al., 2014).

O habitat preferido apresenta áreas com elevada cobertura ripária de cursos de água permanentes com correntes moderadas a fortes e reduzida instabilidade hídrica, preferindo os troços mais profundos, com mais oxigénio e substrato fino. Já os juvenis ocorrem em zonas com alguma profundidade, próximas da margem e sem corrente, evitando habitats com muita cobertura arbórea (Costa & Silva, 2014).

#### Reprodução

Os machos reproduzem-se pela primeira vez aos três anos (com cerca de 70 mm) enquanto as fêmeas apenas o fazem entre os seis a oito anos (quando atingem comprimentos entre os 180 e os 200 mm (Freyhof & Kottelat, 2008c).

Na época da reprodução realizam migrações para montante surgindo em zonas de corrente rápida, e boa oxigenação, sobre fundos de areia ou cascalho. Atingidas as zonas consideradas adequadas para a postura, as fêmeas escavam um sulco onde depositam os ovos, fecundados de seguida pelo macho (Costa & Silva, 2014).

#### Ameaças

Entre os principais fatores de ameaça encontram-se a poluição, a construção de barragens, a regularização dos cursos de água, a extração de água e inertes e a introdução de espécies exóticas (Varandas et al., 2014).

#### Classificação

Livro Vermelho: Pouco Preocupante      IUCN: LC - Pouco Preocupante

#### **4.5.5. Boga-comum (*Pseudochondrostoma polylepis*)**

A boga-comum (que também pode apresentar como designação *Chondrostoma polylepis*) pertence à família Cyprinidae e é classificada como uma espécie potamódroma.

#### Morfologia

A Boga-comum (Figura 30) é uma espécie de tamanho médio, com corpo alongado e esguio, boca com uma abertura retilínea e lábio inferior grosso. Barbatanas avermelhadas, sendo que a caudal é pronunciadamente bifurcada e a barbatana dorsal é pequena com perfil côncavo. Corpo esverdeado e dourado, com pequenas manchas negras e muito evidentes (Varandas et al., 2014).

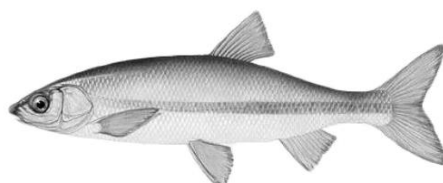


**Figura 30 - Boga-comum (Cardoso, 2014)**

#### Ciclo de vida

A Boga-comum ocorre nos cursos médios dos rios, surgindo em zonas com corrente, mas também em albufeiras (Costa & Silva, 2014). Quando atinge a maturidade sexual (aos 2/3 anos) efetuam migrações de reprodução para as zonas mais a montante dos cursos de água (Cervia & Elvira, 1981).

#### Reprodução

Os ovos são depositados em substrato de cascalheira, no fundo do rio, onde aderem às pedras ou a matéria vegetal (ICNB, 2005).

#### Ameaças

Entre os principais fatores de ameaça destacam-se a poluição, sobre-exploração dos recursos hídricos, regularização dos sistemas hídricos, extração de materiais inertes, destruição da vegetação ribeirinha, introdução ou fomento de espécies animais não autóctones, construção de barragens e açudes (que por sua vez provoca a conversão de um sistema lótico em lântico, a fragmentação de populações, a alteração do regime de caudais a jusante e a retenção de sedimentos a montante) (ICNB, 2005).

#### Classificação

Livro Vermelho: Pouco preocupante

IUCN: LC - Pouco Preocupante

### **4.5.6. Truta-de-rio (*Salmo Trutta*)**

A truta-de-rio (também designada por truta-marisca ou truta-fário) pertence à família Salmonidae e trata-se de um migrador potamódromo.

#### Morfologia

A Truta-do-rio (Figura 31) é uma espécie muito sensível às variações ambientais, tendo necessidades específicas de oxigénio dissolvido, águas frias e despoluídas (Costa & Silva, 2014).

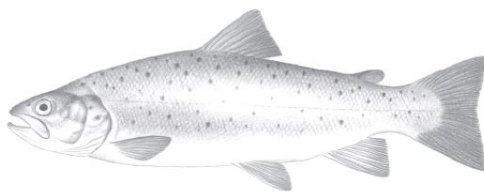


**Figura 31** - Truta marisca (Truta-de-rio) (Cabral et al., 2005)

#### Ciclo de vida

Durante os primeiros dias após a eclosão, o jovem peixe utiliza os nutrientes do saco vitelino que veio da sua vida embrionária (Costa & Silva, 2014).

#### Reprodução

Os locais preferenciais de reprodução situam-se em pequenos afluentes de características tipicamente salmonícolas: zonas de baixa profundidade com velocidades de corrente moderada e bem oxigenadas, ausência de poluição orgânica ou inorgânica, substratos de gravilha ou cascalho (Cabral et al., 2005). São as fêmeas quem selecionam os locais de desova e cobrem os ovos com cascalho, guardadas pelos machos que as protegem de outros machos (Costa & Silva, 2014; Freyhof, 2011).

#### Ameaças

Extração de inertes, alteração do regime natural de caudais, sobrepesca, poluição e construção de barragens (Cabral et al., 2005).

#### Classificação

Livro Vermelho: Criticamente em Perigo

IUCN: LC - Pouco Preocupante

### **4.5.7. Muge (*Liza ramada*)**

O muge (que também pode ser designado por tainha) pertence à família Mugilidae e é classificada como uma espécie catádroma.

#### Morfologia

O muge (Figura 32) é um peixe de dimensões médias com um comprimento máximo de 50 cm. Possui duas barbatanas dorsais bem separadas e uma boca transversal pequena, com capacidade de se estender para a frente ou para baixo. A cabeça é pontiaguda e achatada e o seu contorno forma um ângulo obtuso. Tem um tom esbranquiçado e cinzento claro, com 6 a 10 listas longitudinais mais escuras nos flancos (Varandas et al., 2014). Por norma, as fêmeas costumam ser ligeiramente mais largas do que os machos (Freyhof & Kottelat, 2008c).

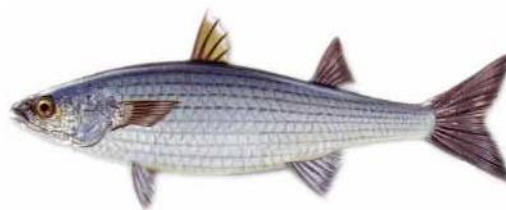


Figura 32 - Muge (fonte: masmar.net)

#### Ciclo de vida

O muge é ativo durante o dia, altura em que os adultos se alimentam de plantas e de invertebrados que sugam do fundo. Em Portugal, encontra-se em toda a costa e entra nos rios, até onde se fazem sentir a influência da maré, notando ainda que é um peixe tolerante à poluição. Quando adulto, efetua migrações para o mar para aí se reproduzir.

#### Reprodução

Os machos reproduzem-se aos 2 ou 3 anos, enquanto que as fêmeas se reproduzem aos 4 anos ou mais tarde.

#### Ameaças

Entre os principais fatores de ameaça destacam-se a destruição de locais de desova, a pesca intensiva, a pesca ilegal e a construção de obstáculos às rotas migratórias (Varandas et al., 2014).

#### Classificação

Livro Vermelho: Pouco Preocupante

IUCN: LC - Pouco Preocupante

### **4.5.8. Enguia-europeia (*Anguilla anguilla*)**

A enguia-europeia pertence à família Anguillidae e é um migrador catádromo.

#### Morfologia

A Enguia-europeia (Figura 33) apresentam corpo serpentiforme, alargado e cilíndrico, mas comprimido lateralmente na parte posterior. Possuem escamas pequenas e profundas na pele que se torna suave ao tato e escorregadia. Quanto às barbatanas, apresenta a barbatana dorsal em continuidade com as barbatanas caudal e anal e as barbatanas peitorais são curtas. Destaca-se ainda a boca terminal com mandíbula ligeiramente proeminente e os olhos de reduzida dimensão (EDIA, 2018).



**Figura 33** - Enguia-europeia (Cabral et al., 2005)

#### Ciclo de vida

A Enguia-europeia desova no Mar dos Sargãos, a nordeste do Mar das Caraíbas. As larvas atravessam o oceano com a ajuda das correntes do Golfo em direção aos cursos de água europeus onde completam o seu desenvolvimento até chegar à idade adulta (Varandas et al., 2014). O período de vida em água doce inicia-se quando esta entra nos estuários (enguia de vidro, angula ou meixão) e termina com a enguia prateada, que migra para o local de reprodução para desovar. Entre estas duas fases, durante o crescimento, existem as enguias amarelas (PGE, 2008).

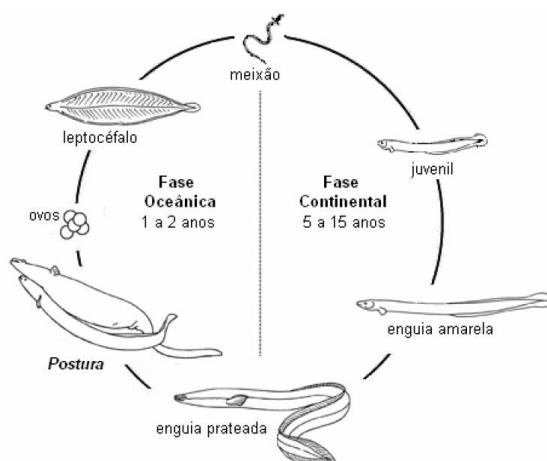


**Figura 34** - Ciclo de vida da enguia-europeia (*Anguilla anguilla*) (Fonte: Neto, 2008; adaptado de ICES, 2008)

#### Reprodução

A entrada no oceano é realizada em noites de lua nova. Neste meio, a enguia-europeia vive na lama, fendas e debaixo de pedras (Costa & Silva, 2014). A postura é feita a profundidades aproximadas de 450 metros (Varandas et al., 2014).

#### Ameaças

Entre os principais fatores de ameaça destacam-se a sobrepesca de juvenis, construção de barragens e açudes, alteração do regime natural de caudais, poluição aquática, extração de inertes e a disseminação do agente patogénico *Anguillicola crassus* (parasita da bexiga gasosa que pode provocar a sua ruptura) (Cabral et al., 2005).

#### Classificação

Livro Vermelho: Em Perigo

IUCN: CR - Criticamente em Perigo



## 5. PROPOSTA DE MEDIDAS DE TRANSPOSIÇÃO DA ICTIOFAUNA

Tal como mencionado anteriormente, o AH de Raiva encontra-se imediatamente a jusante do AH da Aguieira e funciona como contra embalse. Em barragens de alta queda como é o caso destas, o sistema de transposição normalmente instalado é o ascensor ou a eclusa de Borland. No entanto, após terem sido investigadas várias alternativas e consultado o mercado, verificou-se que, para barragens de alta queda, não existem dispositivos para aplicação à posteriori da construção ou que os que foram aplicados, não apresentam monitorização, impossibilitando a verificação da eficácia dos mesmos.

Analisando os casos apresentados no sub-capítulo 3.4 e de modo a averiguar se alguma das soluções seriam aplicáveis aos casos de estudo em análise, foi verificado o seguinte:

- O sistema de bacias sucessivas aplicadas no AH de Kurichhu não foi considerado viável, dada a elevada quantidade de bacias que os peixes teriam que vencer. A falta de dados de monitorização e informação acerca da eficácia do sistema também não permitiu a escolha deste tipo de dispositivo como algo aplicável aos casos de estudo. Embora a Barragem de Raiva tenha uma altura inferior à Barragem de Kurichhu, seria necessário aplicar um sistema de bacias sucessivas a um obstáculo com 34 metros de altura o que iria implicar a construção de um número elevado de bacias para as quais se supõe que os peixes não teriam capacidade de atravessar na totalidade devido ao esforço físico a que estariam sujeitos;
- A tecnologia *Whooshh* aplicada na Barragem Cle Elum é bastante vantajosa para a transposição do salmão, não existindo informação acerca da sua aplicabilidade em espécies mais sensíveis como as presentes nos rios onde se localizam os casos de estudo;
- O sistema *Fish Lift Sluice* apesar de apresentar aspetos que poderiam surgir da combinação de um ascensor com uma eclusa, também não foi considerado adequado a nenhum dos casos de estudo dado que só foi aplicado a barragens de baixa queda, desconhecendo-se a sua eficácia e aplicabilidade em barragens de altura elevada.

Apesar do PGRH se focar mais nos dispositivos de passagem de peixes convencionais, não existem atualmente no mercado, soluções eficazes para aplicação após a construção de barragens de grande altura. Assim, e tendo em consideração o panorama nacional e

internacional verificado ao longo da investigação realizada nesta dissertação, pensa-se que a solução ideal para fomento da conectividade fluvial no sistema Raiva-Aguieira passa pela translocação manual de espécies piscícolas.

Deste modo, neste capítulo será aprofundada a captura e transporte de peixes, incluindo as condições ideais dos locais de libertação. Será ainda averiguada a existência de tributários para desova entre o AH de Raiva e o AH da Aguieira e descrita a metodologia da translocação.

## 5.1. Objetivos e espécies alvo

A proposta de translocação desenvolvida nesta dissertação tem como objetivo assegurar a migração pré-reprodutora da comunidade ictiofaunística de modo a garantir o fluxo genético das espécies e assim evitar o isolamento genético das populações. Para além da translocação correspondente à migração pré-reprodutora, que na generalidade será o foco principal das atividades propostas, este trabalho prevê também a translocação de juvenis no sentido inverso, de forma a permitir que estes completem o seu ciclo de vida. De outra forma, o plano de translocação seria uma armadilha ecológica, aprisionando os peixes em montante (jusante para *A. anguilla*) e impossibilitando-os de completarem o seu ciclo de vida a jusante (montante para *A. anguilla*).

Tendo em consideração as campanhas de monitorização realizadas no curso de água em estudo e os dados apresentados no sub-capítulo 4.5, foram selecionadas as seguintes espécies a translocar:

- *Petromyzon marinus* (Lampreia-marinha);
- *Luciobarbus bocagei* (Barbo-comum);
- *Pseudochondrostoma polylepis* (Boga-comum);
- *Salmo trutta* (Truta-de-rio);
- *Anguilla anguilla* (Enguia-europeia).

Desta forma, para as espécies anádromas (lampreia-marinha) e para as espécies potamódromas (barbo-comum, boga-comum e truta-de-rio) a migração pré-reprodutora dá-se no sentido jusante-montante. Para os exemplares piscícolas catádromos (enguia-europeia) a migração pré-reprodutora ocorre no sentido montante-jusante.

De forma a cumprir a legislação vigente e os códigos de boas práticas indicados pela entidade administrativa competente nesta temática (*i.e.* ICNF - Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas), as espécies exóticas (não indígenas) que eventualmente forem capturadas devem ser sacrificadas e colocadas em contentores de lixo em sacos devidamente fechados. O muge (*Liza ramada*) não foi considerado na presente proposta por ser uma espécie que se reproduz mais perto das embocaduras dos rios e que, por norma, não efetua migrações para zonas tão a montante. O sável (*Alosa alosa*) e a savelha (*Alosa fallax*), por ambas as

espécies serem muito sensíveis à manipulação e ao stress que a translocação lhes iria impor, também não foram considerados.

## 5.2. Locais de captura e libertação

Os exemplares piscícolas alvo das ações de captura e translocação devem ser capturados em zonas em que o substrato não esteja coberto de sedimentos finos, dado que estes podem entrar em suspensão e aumentar a turvação da água, dificultando os esforços de captura. A zona preferencial de captura deverá ser a jusante do AH de Raiva para a translocação jusante-montante; para a translocação montante-jusante, os peixes devem ser capturados tanto a montante da Barragem da Aguieira como a montante da Barragem de Raiva.

Entre a Barragem do AH de Raiva e a Barragem do AH da Aguieira não existem quaisquer obstáculos que impeçam a circulação dos peixes, razão pela qual se optou por tratar destes dois casos como um sistema.

De modo a perceber quais os locais de libertação ideais para a reprodução da ictiofauna e se faria sentido translocar peixes para a albufeira da Raiva, tornou-se necessária a averiguação da existência de tributários entre as duas barragens de modo a verificar a sua adequabilidade para desova de peixes. Caso não se verificasse a existência de tais afluentes, o mais sensato seria capturar os peixes a jusante da Barragem de Raiva e libertá-los a montante da albufeira da Barragem da Aguieira, onde a extensão de rio disponível é bastante superior à extensão entre a Barragem de Raiva e a Barragem da Aguieira.

Estes dois AH compreendem entre si uma extensão de rio de cerca de 10 km. Através da análise dos ortofotomapas disponibilizados pela plataforma GeoPro verificou-se a existência de um afluente a cerca de 3 km a jusante da Barragem da Aguieira e que posteriormente veio a ser identificado como Ribeira de Mortágua (Figura 35)

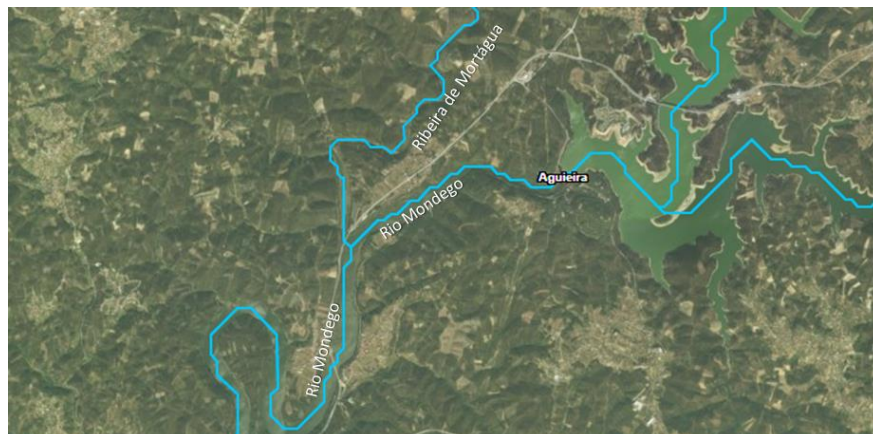


Figura 35 - Localização da Ribeira de Mortágua (fonte: GeoPRO)

As características desta ribeira, observadas através da análise dos ortofotomapas, pressupõem a potencialidade da mesma para ser considerada como local de libertação da ictiofauna translocada. Como tal, foi realizado um estudo de caracterização da Ribeira de Mortágua de modo a aferir quais os melhores locais para libertação dos peixes.

Tendo em vista a correta caracterização da ribeira de Mortágua, foi realizada uma pesquisa prévia, com recurso a ortofotomapas, com o intuito de selecionar possíveis locais de libertação a visitar e identificar obstáculos à circulação dos peixes

A análise realizada nos ortofotomapas permitiu a identificação de 3 pontos potenciais de libertação da ictiofauna (Figura 36).

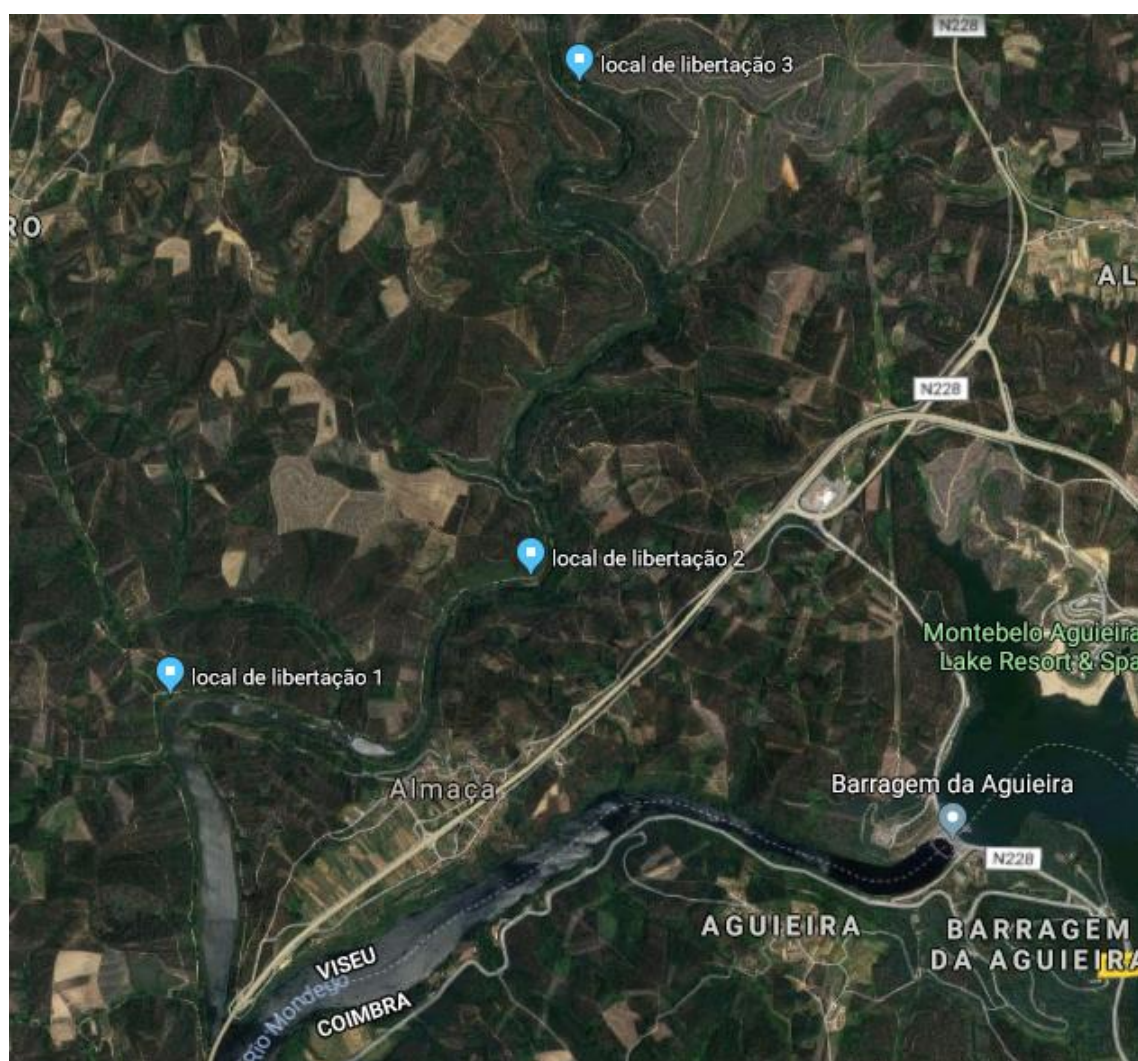


**Figura 36** - Pontos potenciais de libertação de ictiofauna identificados a partir de ortofotomapas

De modo a validar os pontos de libertação assinalados acima, foi realizada uma visita à Ribeira de Mortágua, no dia 29 de maio de 2018. Para a identificação de locais de libertação com boas condições para reprodução foram estabelecidos os seguintes critérios de avaliação do curso de água:

- Corrente
- Fundo
- Profundidade
- Pedras
- Vegetação
- Limpidez

A corrente do rio foi avaliada visualmente. Rios com pouca ou nenhuma corrente não são favoráveis para a libertação de peixes dado que a corrente facilita a orientação do sentido de deslocação dos peixes quando estes são libertados.

O fundo deve ser preferencialmente em cascalho, gravilha ou areia, para permitir que as espécies potamódromas façam o ninho para a reprodução. Para as espécies catádromas o ideal é que o fundo seja em gravilha com deposição de lodo.

A existência de pedras e de vegetação tanto nas margens como no leito do rio permite a criação de zonas de abrigo e descanso para os peixes.

Quando à limpidez da água do rio esta refere-se à turvação, à existência de espuma ou de colorações artificiais. Estes parâmetros visuais denunciam se o rio está ou não poluído, e caso esteja, não deve ser considerado como um tributário com boas condições para reprodução.

Foi também considerado e avaliado o estado da galeria ripícola e as condições de acessibilidade às margens para libertar os peixes. Cada um dos pontos de libertação foi avaliado qualitativamente de acordo com uma escala de classificação de 1 a 5, em que 5 equivale a condições ideais e 1 a condições completamente desfavoráveis. O levantamento dos locais de libertação e dos obstáculos encontrados aquando da visita encontra-se ilustrado na Figura 37. A descrição mais detalhada da avaliação realizada à Ribeira de Mortágua poderá ser consultada no Anexo C. Destaca-se ainda que na visita ao terreno foram encontrados outros pontos de interesse que não tinha sido selecionados previamente; assim, o Local de Libertação 3 identificado na Figura 36 passou a ser o Local de Libertação 5 (Figura 37) para os efeitos desta análise.

Importa ainda salientar que esta caracterização realizada não descarta a necessidade de uma avaliação quantitativa no que diz respeito à velocidade de escoamento do rio, oxigénio dissolvido, temperatura e condutividade da água.

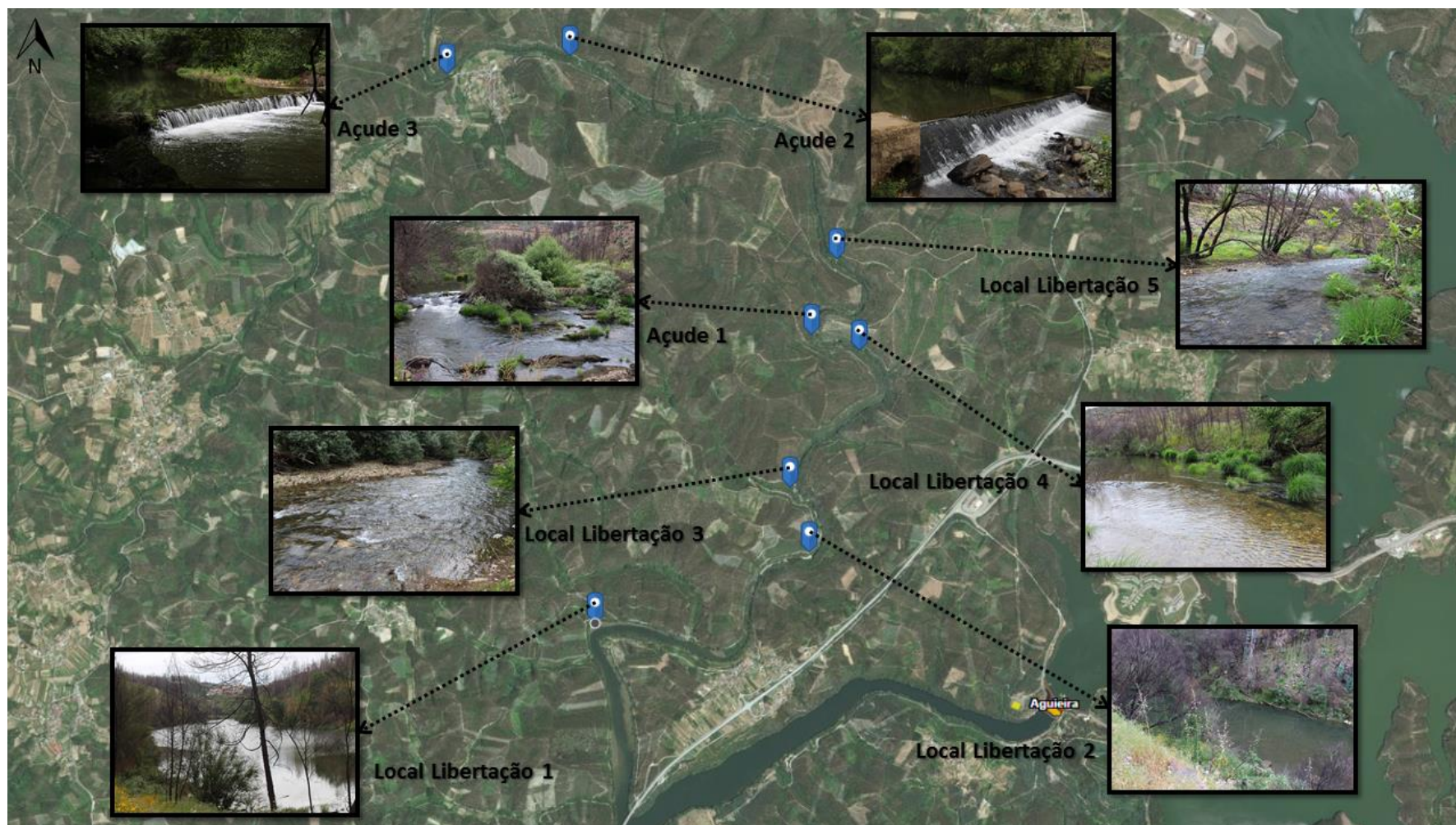


Figura 37 - Pontos de interesse seleccionados na Ribeira de Mortágua

Comparando as informações obtidas através dos ortofotomapas com a situação atual da Ribeira de Mortágua, foram encontradas algumas discrepâncias nomeadamente no que diz respeito ao nível de água da ribeira e ao estado da galeria ripícola. Verificou-se no local a paisagem após incêndios que afetaram a galeria ripícola. No entanto, este aspeto não constitui uma ameaça para a validação desta ribeira como local de libertação de peixes dado que, avaliando pelo estado da encosta, os incêndios parecem não ter sido recentes pelo que não há o perigo de contaminação do curso de água por sedimentos ou cinzas.

Concluiu-se que os Locais de Libertação (LL) 1 e 2 não têm condições favoráveis para a libertação e reprodução dos peixes, visto que ambos ainda apresentam influência da albufeira de Raiva (principalmente no LL 1) e, lembrando que é necessário acesso às margens para libertar os peixes, estes não são existentes. Quanto aos pontos com melhores condições para libertação dos peixes, destacam-se os LL 3 (Figura 38), LL 4 (Figura 39) e LL 5 (Figura 40).



**Figura 38** - Local de Libertação 3 na Ribeira de Mortágua



**Figura 39** - Local de Libertação 4 na Ribeira de Mortágua



**Figura 40** - Local de Libertação 5 na Ribeira de Mortágua

No que toca a obstáculos à circulação, foi contabilizado um total de 3 açudes. O Açude 1, ilustrado na Figura 41, foi considerado como transponível, dado que parte deste se encontra destruído. Existem pedras e vegetação que criam zonas de abrigo a jusante do açude. A montante, o rio apresenta comportamento lântico, semelhante a uma albufeira. Devido, possivelmente, à ocorrência de cheias há detritos (árvores, arbustos, galhos) no leito do rio. É possível consultar outras ilustrações deste açude no Anexo C.



**Figura 41** - Açude 1 na Ribeira de Mortágua

O Açude 2 foi considerado intransponível, tendo sido observado um peixe a tentar transpor o obstáculo, mas sem sucesso. Este açude, ilustrado na Figura 42, apresenta cerca de 2 metros de altura. Foi notada uma comporta fechada a jusante com possível ligação a uma conduta a

montante - ilustrações disponíveis para consulta no Anexo C. Tal como no caso do Açude 1, o rio apresenta pedras a jusante que permitem a criação de zonas de abrigo e a montante do açude, o rio exibe comportamento lântico.



**Figura 42 - Açude 2 na Ribeira de Mortágua**

Por último, o Açude 3 (Figura 43) foi considerado transponível para espécies de maiores dimensões e com capacidades de salto notórias. Existem zonas de abrigo graças à disposição de pedras, cascalho e vegetação no leito do rio. Também neste caso, a montante do açude, o rio apresenta comportamento lântico. Foi observado do lado esquerdo uma zona de abrigo delimitada por pedras de maiores dimensões que poderia ser reabilitada para facilitar a passagem de peixes. No Anexo C estão disponíveis para consulta mais ilustrações referentes a este obstáculo.



**Figura 43 - Açude 3 na Ribeira de Mortágua**

Desta forma, considerando que o Açude 2 é intransponível, pode-se dizer que a tipologia do curso de água observada permite uma extensão de rio disponível de cerca de 8 km. Esta pode ser estendida até aos 9 km caso se opte por reabilitar o Açude 2 para permitir a passagem de peixes. Esta reabilitação pode ser realizada através da construção de uma passagem por bacias sucessivas ou, caso não haja disponibilidade espacial para tal, através da implementação de um sistema de passagem de peixes naturalizado, tal como o realizado no projeto de reabilitação do Mondego, apresentado anteriormente no sub-capítulo 4.4.

Assim, na Ribeira de Mortágua, o LL 4 apresenta as melhores condições para libertação das espécies potamódromas, com um fundo com mais gravilha e cascalho de menores dimensões em comparação aos LL 3 e LL 5, que facilita a construção dos ninhos para desova. Para os exemplares piscícolas anádromos alvos de translocação, o local de libertação ideal na Ribeira de Mortágua seria o LL 5 por apresentar lodo depositado no cascalho e reunir um conjunto de condições favoráveis à reprodução da lampreia-marinha.

Como a montante da Barragem da Aguieira há uma vasta extensão de rios e seus afluentes, a caracterização dessa zona não foi tão aprofundada como a da Ribeira de Mortágua. Os peixes alvo da translocação jusante-montante devem então ser libertados nos afluentes dos rios Dão, Cris e Mondego com condições lóticas e que apresentem as características estabelecidas para a caracterização da Ribeira de Mortágua. O mesmo raciocínio pode ser aplicado aos locais de libertação na translocação montante-jusante; os peixes devem ser libertados a jusante da Barragem do AH de Raiva, permitindo assim o acesso a toda a extensão do Rio Mondego até à sua foz.

### 5.3. Metodologia de captura e translocação dos peixes

A captura dos exemplares piscícolas deve ocorrer de acordo com o período de reprodução dos mesmos, conforme apresentado na Tabela 3 do sub-capítulo 4.5, não invalidando a captura e translocação de exemplares de outras espécies consideradas neste estudo ao longo de todo o período referido. Deste modo, para a translocação jusante-montante a captura de peixes deve ocorrer:

- De setembro a novembro para *S. trutta*;
- De novembro a janeiro para *P. marinus*;
- De janeiro a maio para *L. bocagei* e *P. polylepis*, numa primeira fase especialmente focada nas bogas e, numa segunda fase, mais dedicada aos barbos;
- Durante o verão e o outono para *A. Anguilla*.

Para a translocação montante-jusante, a captura deve ocorrer durante a primavera para o *S. trutta*, de novembro a janeiro para a *A. Anguilla* e durante o verão para as restantes espécies.

Os exemplares piscícolas translocados nas épocas de migração pré-reprodutoras devem ter atingido a idade adulta (*i.e.* que já atingiram a idade da primeira maturação). Para exemplares de barbo-comum o comprimento total mínimo de referência é de 20 cm e para os exemplares de boga do Norte é de 15 cm. Quanto ao número de indivíduos, tendo em conta o objetivo de garantir o fluxo genético, o usual em ações de translocação semelhantes é a captura e translocação de 50 a 100 exemplares de cada espécie. Assim, numa primeira fase recomenda-se a translocação de 100 indivíduos por espécie, sendo que este valor pode vir a ser ajustado nas ações de translocação dos anos seguintes.

A captura manual realizada no troço a jusante do AH de Raiva poderá utilizar preferencialmente a pesca elétrica, sendo que nos troços de maior profundidade esta deve ocorrer a partir de uma embarcação (Figura 44). Quanto aos restantes locais de amostragem a captura deverá seguir os conformes descritos para o troço a usante do AH de Raiva, tendo como alternativa a pesca com recurso a redes de emalhar.



**Figura 44** - Troço para captura com recurso à pesca elétrica a pé (a azul) e a partir de uma embarcação (a laranja), ambos a jusante do AH de Raiva (adaptado de GeoPRO, 2018)

A pesca com recurso a redes de emalhar é responsável pela provocação de mais picos de stress aos peixes, comparativamente à pesca elétrica. A colocação das redes de emalhar deve ser realizada no período noturno e o período de operação não deve ultrapassar as 3-4 horas de forma a prevenir a ocorrência de mortalidade piscícola e reduzir o stress que habitualmente é associado à aplicação desta metodologia de captura.

Após captura, os peixes podem ser introduzidos numa solução anestésiante dissolvida em água do rio, para facilitar o seu estudo. Os exemplares piscícolas devem ser contabilizados, caracterizados quanto à espécie e medidos com recurso a um ictiómetro. Os peixes que não atingirem o comprimento total mínimo estabelecido devem ser devolvidos com vida ao meio aquático, próximo dos locais onde foram capturados. Os exemplares que forem considerados

aptos em termos de condição e comportamento, serão alvo de marcação, conforme metodologia descrita no sub-capítulo seguinte.

Após a marcação, os peixes devem ser transferidos para um tanque com volumetria adequada ao número de indivíduos a transportar e com sistema de suporte adequado (*i.e.* refrigeração, arejamento e filtro físico/biológico, se necessário), colocado numa viatura para fazer o transporte dos animais até aos locais de libertação.

Estas ações de captura e translocação devem, numa fase inicial, ocorrer com uma periodicidade anual, havendo posteriormente a oportunidade desta ser mantida ou ajustada, caso se considere adequado e necessário, tendo por base os resultados das ações de translocação e das componentes de monitorização propostas no sub-capítulo seguinte.

## 5.4. Monitorização

A monitorização da translocação é essencial para conhecer a eficácia da mesma. O acompanhamento do comportamento de dispersão e sobrevivência no âmbito de futuras campanhas de monitorização e de translocação permite avaliar o processo em causa para confirmar o seu sucesso bem como auxiliar futuras melhorias como ajuste de espécies e número de indivíduos translocados ou rácio de exemplares libertados para cada local. Como neste caso não é possível fazer a monitorização sem envolver a captura de peixes, recomenda-se a marcação com recurso a marcas PIT, as quais estão descritas no sub-capítulo 3.3.2.2. Este tipo de marcação não necessita de intervenção cirúrgica pelo que permite a agilização do processo de marcação e de cicatrização. Após marcação na primeira ação de translocação, os exemplares que forem recapturados nas ações de translocação dos anos seguintes são identificados através da leitura do código PIT. Estes dados podem ser cruzados com campanhas de monitorização realizadas noutros troços do Rio Mondego e dos seus afluentes, de modo a perceber o comportamento das espécies e a eficácia dos trabalhos de reabilitação do Rio Mondego no que toca ao restabelecimento da conectividade fluvial. Desta forma, os trabalhos de translocação podem vir a ser aprimorados no que toca a espécies translocadas, período de translocação e locais de captura.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E PROPOSTAS PARA O FUTURO

Apesar das ações antropogénicas na alteração dos cursos fluviais remontarem aos povos indígenas da costa do pacífico, o despertar da consciência para as consequências de tais ações surgiu bem depois, com a construção do primeiro dispositivo de passagem de peixes apenas no século XIX.

Os sistemas de transposição de ictiofauna surgiram como um esforço para mitigar os efeitos negativos provocados pela construção de barreiras nos cursos de água doce. Apesar destes não dissiparem todos os impactes causados, contribuem para a promoção da continuidade fluvial desde a foz de um rio até à próxima barreira.

Os Planos de Gestão de Região Hidrográfica, redigidos a partir da Diretiva Quadro de Água (Diretiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro de 2000), contribuíram para uma visão global do que teria que ser realizado para potenciar a conectividade fluvial em Portugal. Estes Planos, que atualmente se encontram na segunda fase, apontam para a melhoria da qualidade biológica das massas de água e para a promoção da continuidade fluvial, de forma a garantir a qualidade ecológica.

Nesta ótica, esta dissertação pretendeu estudar casos de Aproveitamentos Hidroelétricos que não se encontram equipados com sistemas de transposição de ictiofauna e que são referidos nos Planos de Gestão de Região Hidrográfica como barreiras que necessitam de ser transponíveis pela ictiofauna. Também a atual situação de perigo da enguia-europeia (*Anguilla anguilla*), proporcionou a análise do Plano de Gestão da Enguia como instrumento base.

Numa visão mais focada na concretização dos objetivos propostos, este trabalho iniciou-se pelo estudo dos fatores biológicos em causa, seguido da temática dos sistemas de transposição de ictiofauna, passando pela avaliação da situação atual dos casos de estudo selecionados, sendo estes o Aproveitamento Hidroelétrico de Raiva e o Aproveitamento Hidroelétrico da Aguieira - ambos situados na Região Hidrográfica do Vouga, Mondego e Lis - em pleno Rio Mondego e terminando na proposta para a melhoria da conectividade fluvial neste troço.

O projeto de reabilitação dos habitats de peixes diádromos na Bacia Hidrográfica do Mondego, permitiu a melhoria da continuidade fluvial desde a foz do Rio Mondego até à Barragem de Raiva, graças à reabilitação de seis obstáculos e à remoção de outro. A

monitorização realizada no âmbito deste projeto foi de extrema importância uma vez que se obteve informação acerca da situação atual a jusante dos casos de estudo e da população ictiofaunística presente naquele troço do rio.

Ao longo de várias campanhas de monitorização, identificaram-se as seguintes espécies: *Petromyzon marinus*, *Alosa alosa*, *Alosa fallax*, *Luciobarbus bocagei*, *Pseudochondrostoma polylepis*, *Salmo trutta*, *Anguilla anguilla* e *Liza ramada*.

Tendo em consideração casos em que a implementação de um dispositivo de passagem de peixes ocorreu após a construção da barreira, concluiu-se que atualmente, as soluções aplicadas carecem de validação de eficácia, não sendo, para já, soluções aplicáveis a barragens com altura elevada. Assim, a solução proposta para a transposição de ictiofauna para o sistema em estudo, Agueira-Raiva, foi a translocação manual. Esta solução pela sua adaptabilidade a qualquer tipo de barragem e eficácia facilmente monitorizável, revelou-se ser a melhor solução para potenciar a conectividade fluvial no caso de estudo.

A proposta de translocação foi estabelecida com o objetivo de garantir o fluxo genético das espécies, razão pela qual foi considerada tanto a translocação no sentido jusante-montante como no sentido montante-jusante. Desde que a transposição das barreiras por parte dos peixes começou a ser um motivo de preocupação que se prioriza a migração de jusante para montante, deixando a migração no sentido inverso para segundo plano ou até mesmo esquecida. Um exemplo desta problemática é caso das enguias que estão a transitar para a albufeira de Touvedo e que, como não existe nenhum dispositivo que lhes permita transitar para jusante, ficam aprisionadas entre a Barragem de Touvedo e do Alto Lindoso. Assim, é urgente pensar em todos os casos em que a transposição de barreiras está a ser facilitada por sistemas de transposição de ictiofauna e garantir que esta ocorre tanto no sentido ascendente como descendente.

As metodologias de captura selecionadas foram a pesca elétrica complementada pela pesca com redes de emalhar para os troços com profundidade superior a 1 metro. Relativamente aos locais de libertação, foi necessário proceder-se à verificação de condições entre a Raiva e a Agueira para receção da ictiofauna capturada.

Com recurso a ortofotomapas, verificou-se a existência de um afluente entre as duas barragens, nomeadamente a Ribeira de Mortágua. De modo a aferir as condições para reprodução de ictiofauna naquela ribeira, foi realizado um levantamento presencial das características da ribeira nomeadamente no que respeita ao fundo, galeria ripícola, condições de acessibilidade, profundidade, corrente, limpidez, existência de pedras e vegetação no leito da ribeira e obstáculos encontrados. Esta verificação “in loco” das condições da ribeira permitiu aferir as boas condições para a reprodução piscícola, sendo validada desta forma a possível passagem de peixes para montante da Raiva. A análise qualitativa realizada não rejeita a necessidade de uma análise quantitativa à velocidade de escoamento do rio bem como à temperatura, condutividade e concentração de oxigénio dissolvido da água. Destaca-se ainda a importância de se efetuarem outras análises com um espaçamento temporal que permita a avaliação da Ribeira de Mortágua perante vários cenários de pluviosidade. Devido à paisagem de incêndios observada, sugere-se ainda uma recuperação da galeria ripícola, com a plantação de espécies lenhosas ripícolas, a proteção de formações vegetais e a plantação de árvores.

Complementarmente, propõe-se uma remoção dos detritos presentes no curso de água para facilitar a deslocação piscícola.

A montante da Aguieira, onde a extensão de curso de água disponível é bastante vasta, também devem ser libertados exemplares piscícolas de modo a garantir o sucesso da translocação. Esta libertação deve ocorrer em afluentes do Rio Dão, do Rio Cris e do Rio Mondego que com condições lóticas e que apresentem a características semelhantes às avaliadas para a Ribeira de Mortágua.

Por fim, foi aconselhada a monitorização com recurso a PIT-tags de forma a confirmar o sucesso da translocação e recolher dados para futuras melhorias.

A este propósito, importa referir que atualmente existem muitos dispositivos de passagens de peixes, não só em Portugal, mas também a nível mundial, sem qualquer tipo de monitorização, como é o caso do sistema de bacias sucessivas instalado na Barragem de Kurichhu. Este descuido impede a melhoria da adequabilidade dos dispositivos e impossibilita a transposição de soluções para casos semelhantes. Como tal, sugere-se como trabalho futuro a aplicação de metodologias de monitorização em todos os dispositivos de passagens de peixes existentes e a implementação da obrigatoriedade de monitorização em futuros projetos de sistemas de transição de ictiofauna.

Quanto aos dispositivos de passagem de peixes que possam ser aplicados após a construção da barragem existentes atualmente, estes ainda estão numa fase inicial de desenvolvimento e a sua oferta centra-se nas barreiras de altura reduzida. Assim, tendo em conta a urgência em restabelecer a continuidade fluvial, este tema deve ser desenvolvido para que se encontrem soluções fixas aplicáveis a barragens de alta queda. No que diz respeito à translocação, este sistema é muito recente em Portugal pelo que a sua metodologia ainda não está bem desenvolvida. Assim, recomenda-se o aprofundamento de conhecimentos relativos à translocação, complementando com o estudo de casos em que a metodologia já esteja bem desenvolvida.

A importância da problemática da passagem de peixes no sentido montante-jusante torna-se também num assunto de urgente estudo e resolução. Esta situação encontra-se bem patente na passagem jusante-montante que se realiza atualmente no ascensor de Touvedo, no Rio Lima. A monitorização deste dispositivo revela uma grande quantidade de enguias que consegue transpor a barragem de Touvedo. No entanto, esta espécie sofre bastantes danos ao tentar completar o seu ciclo de vida no sentido montante-jusante, uma vez que a única passagem possível se dá pelo circuito hidráulico do aproveitamento, provocando danos nos indivíduos que por vezes se revelam fatais. Torna-se desta forma urgente garantir uma passagem segura para jusante, sendo a solução atual mais adequada, a translocação manual. Esta situação proporcionou a realização de um breve estudo referente à quantidade de exemplares de enguia-europeia que, graças ao ascensor de Touvedo, estão a passar para montante desta barragem, sendo que uma passagem para jusante de sucesso permitiria a ligação fluvial desde a Barragem de Touvedo até à foz do Rio Lima, possibilitando à enguia completar o seu ciclo de vida no oceano com a reprodução no Mar dos Sargãos.



## REFERÊNCIAS

Albanese, B., Angermeier, P.L., & Dorai-Raj, S. (2004). *Ecological correlates of fish movement in a network of Virginia streams*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 61(6): pp 857–869.

APA, Agência Portuguesa do Ambiente (2018a). *Planos de Gestão de Região Hidrográfica – 2º Ciclo*. Obtido em 11 de abril de 2018, de <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=7&sub2ref=9&sub3ref=848>

APA, Agência Portuguesa do Ambiente (2018b). *Planos de Gestão de Região Hidrográfica - 1º Ciclo*. Obtido em 11 de abril de 2018, de <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=7&sub2ref=9&sub3ref=834>

APA, Agência Portuguesa do Ambiente (2018c). *Passagem para peixes de Coimbra*. Obtido em 21 de maio de 2018, de <http://apambiente.wixsite.com/pppeixescoimbra/home>

Araújo, M. J. (2011). *Ecologia e composição nutricional da lampreia-marinha (Petromyzon marinus, L.) no Rio Minho Internacional*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar, Universidade do Porto, Portugal

Armstrong G.S., Aprahamian M.W, Fewings G.A., Gough P.J, Reader N.A., & Varallo P.V. (2010). *Environment Agency Fish Pass Manual: Guidance Notes On The Legislation, Selection and Approval Of Fish Passes In England And Wales*. Environment Agency

Bain, M.B. (2005). *Electronic tags*. In: Cadrin, S.X., Friedland, K.D., Waldman, J.R. (Eds.), *Stock Identification Methods, Application in Fisheries Science*. Elsevier Academic Press, San Diego.

Bainbridge, R. (1957). *The speed of swimming of fish as related to size and to the frequency and amplitude of the tail beat*. The Zoological Laboratory, Cambridge

Bainbridge, R. (1963). *Caudal fin and body movement in the propulsion of some fish*. *J. exp. Biol.* 40, 23–56.

Barton, M. (2007). *Bonds Biology of fishes*, third edition, Thomson Learning.

Baudoin, J.M., Burgun, V., Chanseau, M., Larinier, M., Ovidio, M., Sremski, W., Steinbach, P., & Voegtli, B. (2014). *The ICE protocol for ecological continuity; Assessing the passage of obstacles by fish*. The French National Agency for Water and Aquatic Environments, Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, ISBN : 979-10-91047-29-6

Binder, T.R., Cooke, S.J., & Hinch, S.G. (2011): *The Biology of Fish Migration*. In: Farrell A.P., (ed.), *Encyclopedia of Fish Physiology: From Genome to Environment*, volume 3, pp. 1921–1927. San Diego: Academic Press.

BMLFUW (2012). *Guideline for the construction of fish passes*. Ministério Federal da Agricultura e Silvicultura, do Ambiente e Recursos Hídricos, Austria

Bochechas, J. (1995). *Condições de Funcionamento e de Eficácia de Eclusas para Peixes: Casos das Barragens de Crestuma-Lever e de Belver*. Dissertação de Mestrado, Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico.

Breine, J., Pauwels, I. S., Verhelst, P., Vandamme, L., Baeyens, R., Reubens, J., & Coeck, J. (2017) *Successful external acoustic tagging of twaite shad Alosa fallax (Lacépède 1803)*. Fisheries Research, Volume 191, 2017, Pages 36-40, ISSN 0165-7836

Brown, R. S., Geist, D. R. & Mesa, M. G. (2006). *Use of Electromyogram Telemetry to Assess Swimming Activity of Adult Spring Chinook Salmon Migrating Past a Columbia River Dam*. Transactions of the American Fisheries Society, 135: 281-287. doi:10.1577/T05-223.1

Bureau of Reclamation (2011). *Final Planning Report Cle Elum Dam Fish Passage Facilities*. U.S. Department of the Interior – Bureau of Reclamation. Yakima, Washington

Cabral, M.J. (coord.); J. Almeida, P.R., Almeida, T., Delliger, N., Ferrand de Almeida, M.E., Oliveira, J.M., Palmeirim, A.I., Queirós, L. & Rogado, M. (2005). *Livro Vermelho dos Vertebrados de Portugal*. Instituto da Conservação da Natureza. Lisboa. 659p.

Cardoso, G. (2014). *Monitorização da Passagem para Peixes do Açude-Ponte em Coimbra: Otimização da metodologia de contagem*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Évora, Escola de Ciências e Tecnologia, Évora.

Carmona, J. A., & Doadrio, I. (2000). *Threatened Fishes of the World: Leuciscus carolitertii Doadrio, 1988 (Cyprinidae)*. Environmental Biology of Fishes. 57. 96-96. 10.1023/A:1007602628674.

Cervia, J.L., & Elvira, B. (1981). *Edad, crecimiento y reproducción de la boga de río (Chondrostoma polylepis polylepis Stein, 1865) en el embalse de pinilla (Rio Lozoya)*. Boletín del Instituto Español de Oceanografía, 6, 199 – 213.

Clay, C. H. (1995). *Design of fishways and Other Facilities*. Boca Raton, Florida, Estados Unidos da América: CRC Press.

Colgan, P. (1993): *The motivational basis of fish behaviour*. In: Behaviour of Teleost Fishes. Pitcher T.J. (Ed.). Chapman and Hall, London et al. 7: pp 31–65.

Costa, J. M. G. M. & Silva, P. B. C. (2014). *Fauna piscícola, qualidade da água e galerias ripícolas na bacia hidrográfica do Vouga e sub-bacias do Paiva e do Dão - Proposta de medidas de conservação dos recursos piscícolas e sustentabilidade dos ecossistemas ribeirinhos*. AARC – Atlantic Aquatic Resource Conservation; Plano de Ação Local – ADDLAP.

Costa, M. (2017). *Passagem de peixes nos AH da EDPP: Levantamento, estado de conservação e definição de medidas de melhoria*. Dissertação de Mestrado, Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia

Cotton, C.F. (2010). *Factors affecting reception range of ultrasonic tags in a Georgia estuary*. Mar. Technol. Soc. J. 44 (5), 17e24.

Crivelli, A.J. (2006). *Squalius carolitertii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2006: e.T61261A12455457. Obtido em 25 de maio, de <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2006.RLTS.T61261A12455457.en>. Downloaded on 25 May 2018.

Dartiguelongue, J. (1933). *Suivi du fonctionnement de la passe a poissons de Mauzac. Controle des passages de poissons de Mai a Juillet*. 1993. 45p.

De Luca, C.J. (1979). *Physiology and mathematics of myoelectric signal*. IEEE, Transactions on biomedical engineering, 26: 313-325.

Decelles, G., & Zemeckis, D. (2014). *Acoustic and Radio Telemetry. Stock Identification Methods: Applications in Fishery Science: Second Edition*. 397-428. 10.1016/B978-0-12-397003-9.00017-5.

Der Wasserwirt (2017). *Information folder about the fish lift sluice (system “der Wasserwirt”) at four pilot locations in Austria*. 17p

EDIA, Empresa de Desenvolvimento e Infra-Estruturas do Alqueva, SA (2018). *Catálogo de peixes*. Obtido em 21 de maio de 2018, de [http://www.edia.pt/catalogo\\_peixes/cat\\_peixes/index.html](http://www.edia.pt/catalogo_peixes/cat_peixes/index.html)

EDP, Energias de Portugal, S.A. (2012). *Declaração Ambiental 2011. Aproveitamentos Hidroelétricos da Direção de Produção Hidráulica*. Direção de Produção Hidráulica

EDP, Energias de Portugal, S.A. (2017). *Declaração Ambiental. Aproveitamentos Hidroelétricos da EDP Produção 2016*. EDP Produção, Direção de Sustentabilidade, Agosto 2017

FAO (2011). *Dams, fish and fisheries - Opportunities, challenges and conflict resolution*. Roma

FAO/DVWK. (2002). *Fish passes - Design, dimensions and monitoring*. Roma.

Faria, R. M. (2007). *Estudo de Processos Evolutivos e Filogeografia em Espécies Europeias do Género Alosa, com Base em Marcadores Moleculares*. Dissertação de Doutoramento, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Freyhof, J. (2011). *Salmo trutta*. The IUCN Red List of Threatened Species 2011: e.T19861A9050312. Obtido em 3 de maio de 2018, de: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T19861A9050312.en>.

Freyhof, J., & Kottelat, M. (2008a). *Alosa fallax*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008: e.T904A13092303. Obtido em 3 de maio de 2018, de <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T904A13092303.en>.

Freyhof, J. & Kottelat, M. (2008b). *Luciobarbus bocagei*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008: e.T2584A9458518. Obtido em 3 de Maio de 2018 de <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T2584A9458518.en>.

Freyhof, J. & Kottelat, M. (2008c). *Liza ramada*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008: e.T135714A4189565. Obtido em 12 de junho de 2018 de <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T135714A4189565.en>

Geist, D. R., Abernethy, C. S., Blanton, S. L. & Cullinan, V. I. (2000). *The Use of Electromyogram Telemetry to Estimate Energy Expenditure of Adult Fall Chinook Salmon*. Transactions of the American Fisheries Society, 129: 126-135. doi:10.1577/1548-8659(2000)129<0126:TUOETT>2.0.CO;2

Hadderingh, R.H., Van Der Stoep, J.W., & Hagraken, J.M., (1992). *Deflecting eels from water inlets of power stations with light*. Irish Fish. Invest., 36: 37-41

Heupel, M.R., Semmens, J.M., & Hobday, A.J. (2006). *Automated acoustic tracking of aquatic animals: scales, design and deployment of listening station arrays*. Mar. Freshw. Res. 57.

ICES (2008). *Report of the 2007 session of the Joint EIFAC/ICES Working Group on Eels*. ICES CM 2008/ACFM: 15. 206pp.

ICNB, Instituto de Conservação da Natureza e da Biodiversidade (2005). *Plano Sectorial da Rede Natura 2000*.

ICNF, Instituto de Conservação da Natureza e da Floresta. (30 de Julho de 2014). *Avaliação da Continuidade Fluvial em Portugal: Criação de bases para a inventariação e caracterização de obstáculos em linhas de água*. (J. Bochechas, Ed.)

Katopodis, C., & Williamns, J. G. (2012). *The development of fish passage research in a historical context*. Ecological Engineering, 8-18.

Larinier, M. (1992a). *Generalités sur les dispositifs de franchissement*. Bull. Fr. Pêche Piscic. 326-327: 15-19

- Larinier, M. (1992b). *Passes à bassins sucessifs, prébarrages et rivières artificielles*. Bull. F. Pêche Piscic. 326-237: 45 - 72
- Larinier, M. (2002a). *Biological Factors To Be taken Into Account in the Design of Fishways: The Concept of Obstructions to Upstream Migration*. In Bulletin Français de La Pêche et de La Pisciculture (pp. 28-38).
- Larinier, M. (2002b). *Fishways - General Considerations*. In Bulletin français de La Pêche et de La Pisciculture (pp. 21-27).
- Lucas, M., & Baras, E. (2001): *Migration of Freshwater Fishes*. Blackwell Science, Oxford: 420 p.
- Lupandin, A. I. (2005). *Effect of Flow Turbulence on Swimming Speed of Fish*. Severtsov Institute for Problems of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
- Marchetti, P.H. & Duarte, M. (2006). *Instrumentação em eletromiografia*. Laboratório de Biofísica, Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Myers, G.S. (1949) *Usage of anadromous, catadromous and allied terms for migratory fishes*. Copeia 1949, 89-97.
- Neto, A.F. (2008). *Susceptibilidade da enguia-europeia (Anguilla anguilla) à degradação ambiental no estuário do Tejo: contaminação biológica pelo parasita Anguillicola crassus e contaminação química por metais pesados*. Tese de Mestrado, Universidade de Lisboa. 82pp.
- Northcote, T.G. (1998) *Migratory Behaviour of Fish and its significance to Movement through Riverine Fish Passage Facilities*. in. M. Jungwirth, S. Schmutz & S. Weiss (Edts.), Fish Migration and Fish Bypasses. Vienna, Austria. 3-17
- Obande, R.A., Dambo, A. & Adah, P.M. (Maio 2014). *Migration in fishes: a review*. Nigerian Journal of Fisheries and Aquaculture 2(1), ISSN: 2350-1537
- Pádua, J., Oliveira, J., Rivaes, R., Ferreira, T., Marinho, A. L., Cabral, U., Marin, C., & Santos, J. M. (2015). *Improving the use of a fish lift by eles and médium-sized cyprinid species*. Action plan for fish lift optimization in Touvedo Hydropower Plant. EDP Labelec. 16pp
- Pavlov, D. S. (1979). *The biological bases of fish behaviour control in a water flow*. Moscow, Nauka, 319p. (in Russian)
- Pavlov, D. S. (1989). *Structures assisting the migrations of non-salmonids: U.S.S.R.*, FAO Fisheries Technical Paper 308, Rome, Italy, 97p.
- Petts, G. E. (1984). *Impounded Rivers. Perspectives for ecological management*. John Wiley & Sons, 326p.
- Petts, G. E. (1988): *Impounded Rivers*. John Wiley & Sons, Chichester

Pinheiro, P. (2004). *Avaliação de novas tecnologias no estudo da funcionalidade de passagens para peixes por bacias sucessivas em Portugal*. Mestrado em Gestão de Recursos Naturais, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa

Porcher, J. (2002). *Fishways for eels*. In Bulletin Français de La Pêche et de La Pisciculture, 147-155.

Porcher, J.P., & Larinier, M. (2002). *Designing Fishways, Supervision of Construction, Costs, Hydraulic Model Studies*. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture 364: 156-165

PROMAR, Programa Operacional Pesca (2016). *Reabilitação dos habitats de peixes diádromos na Bacia Hidrográfica do Mondego*. Portugal

Quercus (2014). *Dia Mundial da Migração de Peixes*. Obtido em 9 de Março de 2018, de <http://www.quercus.pt/destaques/197-eventos-2/3604-dia-mundial-da-migracao-dos-peixes>

RHPDM (2018). *Reabilitação dos habitats de peixes diádromos na Bacia Hidrográfica do Mondego*. Obtido em 16 de Maio de 2018, de <http://www.rhpdm.uevora.pt/>

Rome, L.C. (1990). *Influence of temperature on muscle recruitment and muscle function in vivo*. The American journal of physiology 259, R210–22.

SANDRP, South Asia Network on Dams, Rivers and People (2014). *Fish Ladder at Kurichhu Hydropower Project, Bhutan: some thoughts*. Obtido em 10 de Abril de 2018 de <https://sandrp.in/2014/02/02/fish-ladder-at-kurichhu-hydropower-project-bhutan-some-thoughts/>

Santo, M. (2005). *Dispositivos de passagens para peixes em Portugal*. Lisboa. Direção Geral dos recursos Florestais (DGRF).

Santos, J.M. (coord.), J.M. Oliveira, R. Rivaes, R.A. Pizarro, M.T. Ferreira, J. Pádua, & 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.

Scharbert, A., Beeck, P., Rochard, E., Pierre, R.S., & Jatteau, P. (2011). *Management Plan do the LIFE project. The re-introduction of the Allis shad (Alosa alosa) to the Rhine system*. LIFE06 NAT/D/000005 Düsseldorf

Seifert (2012). *Fish passes in Bavaria*. Germany

Silva, B. (1896). *Processo relativo à construção de escadas para subida dos peixes no leito das correntes de águas interiores*. 2ª Circunscrição de Hidráulica, não publicado

Silva, J. D. (2012). *Sistemas de transposição piscícola em aproveitamentos hidroelétricos. A experiência da EDP*. EDP

- Silva, A. T., Franco, A. C., Santos, J. M., Ferreira, M., Pinheiro, A., & Bochechas, J. (2006). *Padrões Comportamentais do Barbo Ibérico Barbus bocagei num Protótipo Experimental de uma Passagem para Peixes por Bacias Sucessivas*. 8º Congresso da Água.
- Smith, R. J. F. (1985). *The Control of Fish Migration*. Springer Verlag Berlin Heidelberg
- Soares, L. (2012). *Sistemas de Transposição para Peixes: Medida mitigatória para barragens*. Dissertação de Mestrado, Universidade do Porto, Faculdade de Ciências, Porto.
- Taylor, E.W., Egginton, S., Taylor, S.E., & Butler, P.J. (1996). *Global warming – Implications for freshwater and marine fish*. Society for Experimental Biology Seminar Series 61. Cambridge University Press pp 105-133
- Thorsteinsson, V. (2002). *Tagging Methods for Stock Assessment and Research in Fisheries*. Report of Concerted Action FAIR CT.96.1394 (CATAG). Reykjavik. Marine Research Institute Technical Report (79).
- Travade, F. & Larinier, M. (1992). *La conception des dispositifs de franchissement pour les aloses*. Bull. Fr. Pêche Piscic. 326-327: 125-133
- Travade, F. & Larinier, M. (2002). *Monitoring techniques for fishways*. Bull. Fr. Pêche Piscic. 364 suppl.: 166-180
- Tudorache, C., Viaene, P., Blust, R., Verreken, H., & De Boeck, G. (2008). *A comparison of swimming capacity and energy use in seven European freshwater fish species*. *Ecology of Freshwater Fish*, 17, 284-291.
- Varandas S., Assunção, T., Almeida, P., Cortes, R., Crespi, A., Ferreira, P., Froufe, E., Hinzmann, M., Jesus, J., Lopeslima, M., Lopes, M., Magalhães, M., Pereira, V., Santos, C., Sousa, R., & Teixeira, A. (2014). *PAELORIS: Guia de Flora e Fauna aquáticas das Lagoas Costeiras do Sítio Rede Natura 2000: Dunas de Mira, Gândara e Gafanhas* (código PTCON0055). IPB, UTAD, UM, CIIMAR, CMFF e CMM. Bragança. 128pp.
- Videler, J. J. (1993). *Fish swimming*. Chapman & Hall, Fish and fisheries series.
- Wang, R. (2008). *Aspects of design and monitoring of nature-like fish passes and bottom ramps*. Technische Universität München
- Wardle, C.S., 1975. *Limit of fish swimming speed*. *Nature*, London, 225: 725-727.
- Wardle, C.S. (1980). *Effects of Temperature on the Maximum Swimming Speed of Fishes*. In: Ali M.A. (eds) *Environmental Physiology of Fishes*. NATO Advanced Study Institutes Series (Series A: Life Science), vol 35. Springer, Boston, MA
- Webb, P. W. (1986). *Kinematics of lake sturgeon, Acipenser fulvescens, at cruising speeds*. *Can. J. Zool.* 64, 2137–2141.
- Whooshh (2018). Whooshh Innovations. Obtido em 24 de julho de 2018 de <https://www.whooshh.com/>

Wildman, L. (2000). *An Illustrative Handbook on Nature-like Fishways: Summarized Version*. American Rivers, 2000

#### **DOCUMENTAÇÃO LEGAL**

CATÁLOGO DE LA FAUNA VERTEBRADA AMENAZADA DE ASTURIAS - Criado a partir do Decreto 32/1990, de 8 de março, do Governo do Principado das Astúrias

DIRETIVA QUADRO DA ÁGUA (Diretiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro de 2000)

PLANO DE GESTÃO DA ENGUIA (2009-2012) - Resposta do Estado Português ao Regulamento (CE) n.º 1100/2007, de 18 de setembro.

PLANOS DE GESTÃO DE REGIÃO HIDROGRÁFICA (2016-2021) - Resolução do Conselho de Ministros n.º 52/2016, de 20 de setembro, retificado e republicada pela Declaração de Retificação n.º 22-B/2016, de 18 de novembro



## ANEXOS

Anexo A - Processo de seleção dos casos de estudo

Anexo B - Aproveitamento Hidroelétrico do Alto Lindoso

Anexo C - Ribeira de Mortágua



## Anexo A - Processo de seleção dos casos de estudo

| Região<br>Hidrográfica         | Barragem/Açude          | Classe                    | Situação Atual    |                 | Descrição                                                                                                                                                                         | Código             | Prioridade       | Calendário Execução | Anexo Parte 2        |               |
|--------------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------------------|---------------------|----------------------|---------------|
|                                |                         | Anexo Parte 5             |                   |                 | Anexo Parte 6                                                                                                                                                                     |                    |                  |                     |                      |               |
| RH1 - Minho<br>e Lima          | Alto Lindoso            | Grandes Barragens (RSB)   |                   |                 | [2]                                                                                                                                                                               | PTE3P01M03_SUP_RH1 | 5 (mais elevada) | 2017-2019           | Não instalado        |               |
|                                | Touvedo                 | Grandes Barragens (RSB)   | Ascensores        |                 | [3]                                                                                                                                                                               | PTE3P01M03_SUP_RH1 | 5 (mais elevada) | 2017-2019           | Elevador             |               |
|                                | Labruja                 | Outras IH                 | Bacias Sucessivas |                 |                                                                                                                                                                                   |                    |                  |                     |                      |               |
| RH2 -<br>Cávado, Ave<br>e Leça | Guilhofrei              | Grandes Barragens (RSB)   |                   |                 |                                                                                                                                                                                   |                    |                  |                     | Não instalado        |               |
|                                | Caníços (Rio Ave)       | Outras IH                 |                   |                 |                                                                                                                                                                                   |                    |                  |                     |                      |               |
|                                | Ermal                   | Outras IH                 |                   |                 |                                                                                                                                                                                   |                    |                  |                     |                      |               |
|                                | Ponte Esperança (Açude) | Outras IH                 |                   |                 |                                                                                                                                                                                   |                    |                  |                     |                      |               |
|                                | Paradela                | Grandes Barragens (RSB)   |                   |                 |                                                                                                                                                                                   |                    |                  |                     | Não instalado        |               |
|                                | Vilarinho das Furnas    | Grandes Barragens (RSB)   |                   |                 |                                                                                                                                                                                   |                    |                  |                     | Não instalado        |               |
|                                | Alto Rabagão            | Grandes Barragens (RSB)   |                   |                 |                                                                                                                                                                                   |                    |                  |                     | Não instalado        |               |
|                                | Salamonde               | Grandes Barragens (RSB)   |                   |                 |                                                                                                                                                                                   |                    |                  |                     | Não instalado        |               |
|                                | Venda Nova              | Grandes Barragens (RSB)   |                   |                 |                                                                                                                                                                                   |                    |                  |                     | Não instalado        |               |
|                                | Caniçada                | Grandes Barragens (RSB)   |                   |                 |                                                                                                                                                                                   |                    |                  |                     |                      |               |
| Penide                         | Grandes Barragens (RSB) | Bacias sucessivas         |                   |                 |                                                                                                                                                                                   |                    |                  |                     |                      |               |
| RH3-Douro                      | Cefra                   | Pequenas Barragens (RSPB) |                   |                 |                                                                                                                                                                                   |                    |                  |                     |                      |               |
|                                | Miranda do Douro        | Grandes Barragens (RSB)   |                   |                 |                                                                                                                                                                                   |                    |                  |                     |                      | Não instalado |
|                                | Picote                  | Grandes Barragens (RSB)   |                   |                 |                                                                                                                                                                                   |                    |                  |                     |                      | Não instalado |
|                                | Bemposta                | Grandes Barragens (RSB)   |                   |                 |                                                                                                                                                                                   |                    |                  |                     |                      | Não instalado |
|                                | Fridão                  | Outras IH                 |                   |                 |                                                                                                                                                                                   |                    |                  |                     |                      |               |
|                                | Vila Cova               | Outras IH                 |                   |                 |                                                                                                                                                                                   |                    |                  |                     |                      |               |
|                                | Foz Tua                 | Grandes Barragens (RSB)   |                   |                 |                                                                                                                                                                                   |                    |                  |                     |                      |               |
|                                | Baixo Sabor             | Grandes Barragens (RSB)   |                   | PT03DOU0335 [1] | garantir a<br>transponibilidade<br>pela enguia;<br><br>avaliação da eficácia<br>das eclusas de<br>navegação como<br>alternativa aos<br>dispositivos de<br>passagem para<br>peixes | PTE3P01M02_SUP_RH3 | 5 (mais elevada) | 2017-2019           | captura e transporte |               |
|                                | Valeira                 | Grandes Barragens (RSB)   | Eclusas           |                 |                                                                                                                                                                                   |                    |                  |                     | Não instalado        |               |
|                                | Régua                   | Grandes Barragens (RSB)   | Eclusas           |                 |                                                                                                                                                                                   |                    |                  |                     | Borland              |               |
|                                | Pocinho                 | Grandes Barragens (RSB)   | Eclusas           |                 |                                                                                                                                                                                   |                    |                  |                     | Borland              |               |
|                                | Aregos                  | Outras IH                 |                   |                 |                                                                                                                                                                                   |                    |                  |                     | Borland              |               |
|                                | Freigil                 | Grandes Barragens (RSB)   |                   |                 |                                                                                                                                                                                   |                    |                  |                     |                      |               |
|                                | Carrapatelo             | Grandes Barragens (RSB)   | Eclusas           |                 |                                                                                                                                                                                   |                    |                  |                     | Borland              |               |
|                                | Crestuma-Lever          | Grandes Barragens (RSB)   | Eclusas           |                 |                                                                                                                                                                                   |                    |                  |                     | Borland              |               |
|                                | Riba Côa (Açude)        | Outras IH                 |                   |                 |                                                                                                                                                                                   |                    |                  |                     |                      |               |
|                                | Varosa                  | Grandes Barragens (RSB)   |                   |                 |                                                                                                                                                                                   |                    |                  |                     | Não instalado        |               |
|                                | Vilar-Tabuaço           |                           |                   |                 |                                                                                                                                                                                   |                    |                  |                     | Não instalado        |               |
| Torrão                         | Grandes Barragens (RSB) |                           |                   |                 | [4]                                                                                                                                                                               |                    |                  |                     | Não instalado        |               |

Figura A.1 - Primeira triagem a partir dos PGRH com hipóteses seleccionadas para a segunda fase a amarelo

|                                |                   |                           |  |  |     |                    |                  |           |               |
|--------------------------------|-------------------|---------------------------|--|--|-----|--------------------|------------------|-----------|---------------|
| RH4A - Vouga, Mondego e Lis    | Caldeirão         | Grandes Barragens (RSB)   |  |  |     |                    |                  |           | Não instalado |
|                                | Lagoa Comprida    | Grandes Barragens (RSB)   |  |  |     |                    |                  |           | Não instalado |
|                                | Aguieira          | Grandes Barragens (RSB)   |  |  | [5] | PTE3P01M02_SUP_RH4 | 5 (mais elevada) | 2016-2021 | Não instalado |
|                                | Raiva             | Grandes Barragens (RSB)   |  |  |     |                    |                  |           | Não instalado |
|                                | Ribeiradio-Ermida | Outras IH                 |  |  |     | PTE3P01M01_SUP_RH4 | 5 (mais elevada) | 2016-2021 | Não instalado |
|                                | Figueiral         | Grandes Barragens (RSB)   |  |  |     |                    |                  |           |               |
|                                | Pisões            | Outras IH                 |  |  |     |                    |                  |           |               |
|                                | Pateiro           | Pequenas Barragens (RSPB) |  |  |     |                    |                  |           |               |
|                                | Sabugueiro I      | Outras IH                 |  |  |     |                    |                  |           |               |
|                                | Sabugueiro II     | Outras IH                 |  |  |     |                    |                  |           |               |
|                                | Desterro          | Outras IH                 |  |  |     |                    |                  |           |               |
|                                | Vila Cova         | Outras IH                 |  |  |     |                    |                  |           |               |
|                                | Ponte de Jugais   | Pequenas Barragens (RSPB) |  |  |     |                    |                  |           |               |
|                                | Rei de Moinhos    | Outras IH                 |  |  |     |                    |                  |           |               |
|                                | Ribafeita         | Outras IH                 |  |  |     |                    |                  |           |               |
| RH5A- Tejo e Ribeiras do Oeste | Santa Luzia       | Grandes Barragens (RSB)   |  |  |     |                    |                  |           | Não instalado |
|                                | Bouça             |                           |  |  |     |                    |                  |           | Não instalado |
|                                | Pracana           |                           |  |  |     |                    |                  |           | Não instalado |
|                                | Castelo de Bode   |                           |  |  |     |                    |                  |           | Não instalado |
|                                | Fratel            |                           |  |  | [6] | PTE3P01M03_SUP_RH5 | 5 (mais elevada) | 2018-2021 | Não instalado |
|                                | Belver            |                           |  |  |     | PTE3P01M03_SUP_RH5 | 5(mais elevada)  | 2018-2021 | Borland [7]   |
|                                | Póvoa             |                           |  |  |     |                    |                  |           | Não instalado |
|                                | Cabril            | Grandes Barragens (RSB)   |  |  |     |                    |                  |           |               |
|                                | Bruceira          | Outras IH                 |  |  |     |                    |                  |           |               |
|                                | Velada            | Outras IH                 |  |  |     |                    |                  |           |               |
| RH7 - Guadiana                 | Pedrogão          | Grandes Barragens (RSB)   |  |  |     |                    |                  |           | Ascensor      |
|                                | Alqueva           | Grandes Barragens (RSB)   |  |  |     |                    |                  |           | Não instalado |

Figura A.2 - Primeira triagem a partir dos PGRH com hipóteses seleccionadas para a segunda fase a amarelo (continuação)

<sup>1</sup> Instalação, para a fase de construção e para fase de exploração, de medidas (incluindo dispositivos) de transposição para peixes, para o AH do baixo Sabor - massa de água "Rio Sabor" (Anexo II.2)

<sup>2</sup> Implementação das medidas preconizadas no Plano de Gestão da Enguia para a bacia do Lima. Garantir a transponibilidade de todos os obstáculos no rio Lima até à barragem de Alto Lindoso

<sup>3</sup> Garantir a transponibilidade pela enguia da barragem de Touvedo, nomeadamente através da melhoria do equipamento de passagem para peixes já existente, caso esta solução seja tecnicamente viável.

<sup>4</sup> Está contemplado no PTE3P01M02\_SUP\_RH3 mas apenas diz que se verificará melhoria na massa de água através da medida, não que a medida deve ser implementada no Torrão

<sup>5</sup> Restauração da acessibilidade de troços de rios às espécies diádromas, em particular à enguia, através da colocação de passagem para peixes em açudes de transponibilidade impossível, nomeadamente, no açude de Formoselha, açude de Penacova, Açude da Raiva e Barragem da Agueira.

<sup>6</sup> Garantir a transponibilidade pela enguia (e outras espécies piscícolas)

<sup>7</sup> Instalado, inoperacional, sem monitorização

**Quadro A.1** - Dados considerados na segunda triagem com casos de estudo selecionados a amarelo

| Barragem/Açude    |      | Calendário | Altura (m) | PGE                 |
|-------------------|------|------------|------------|---------------------|
| Alto Lindoso      | RH 1 | 2017-2019  | 110        | 2º nível prioridade |
| Baixo Sabor       | RH 3 | 2017-2019  | 123        | 2º nível prioridade |
| Agueira           | RH 4 | 2016-2021  | 89         | 1º nível prioridade |
| Raiva             |      | 2016-2021  | 34         | 1º nível prioridade |
| Ribeiradio-Ermida |      | 2016-2021  | 83         | não contemplado     |
| Fratel            | RH 5 | 2018-2021  | 48         | 1º nível prioridade |

A Barragem do Baixo Sabor foi excluída por já ter um sistema de transposição previsto, para além de ter sido reabilitada a Ribeira de Vilariça que veio permitir a recuperação do troço final desta até à confluência com o Rio Sabor criando condições para a atração da fauna piscícola e um habitat de compensação para os peixes autóctones do Rio Sabor.

A Barragem de Ribeiradio-Ermida não está contemplada no PGE dado que a redação deste aconteceu antes da conclusão da barragem. Por esta razão, a Barragem de Ribeiradio-Ermida foi excluída dos casos de estudo.

A Barragem de Fratel também foi excluída visto que a barragem de Belver, localizada a jusante, está equipada com uma eclusa de Borland cuja monitorização da eficácia não é realizada. Por este motivo considerou-se que apenas fará sentido projetar um sistema de transposição de ictiofauna para montante da Barragem de Fratel quando foram conhecidos os índices de eficácia da eclusa de Borland de Belver.



## Anexo B - Aproveitamento Hidroelétrico do Alto Lindoso

O aproveitamento hidroelétrico do Alto Lindoso inserido na Região Hidrográfica do Minho e Lima (RH1), situa-se no Rio Lima, em pleno Parque Nacional Peneda - Gerês e entrou ao serviço em 1992. Destaca-se por possuir a maior potência instalada em território nacional (630MW) e pela sua capacidade de rapidamente entrar em serviço (cerca de 90 segundos). A barragem (Figura B.1), localizada no Lindoso, concelho de Ponte da Barca, distrito de Viana do Castelo, tem 110 metros de altura e um desenvolvimento de coroamento de 297 metros e cria uma albufeira com 347,9 hm<sup>3</sup> de capacidade útil. A sua zona de influencia abrange os concelhos de Arcos de Valdevez, Ponte da Barca e Ponte de Lima, e ainda território espanhol.



**Figura B.1 - Barragem do Alto Lindoso (fonte: edp.pt)**

O Rio Lima nasce em Espanha, na Serra de S. Mamede, tem cerca de 108km de extensão, dos quais 67 km em território português e desagua em Viana do Castelo, no Oceano Atlântico. A sua bacia é limitada a norte pela BH do rio Minho, a leste pela do rio Douro e a sul pelas bacias dos rios Cávado e Neiva. Os principais afluentes são os rios Vez e Castro Laboreiro.

Em relação à passagem da fauna piscícola existente na albufeira de Touvedo para montante da Barragem de Alto Lindoso, esta não é justificável devido à falta de condições a montante do AH do Alto Lindoso. Em território português os melhores locais a montante no que diz respeito a água com boas condições são o Rio Castro Laboreiro e o Rio Peneda. No entanto, estes rios apresentam características tipicamente salmonícolas, enquanto que o Rio Lima é de transição ciprinícola, ou seja, não haveria continuidade das características fluviais o que seria prejudicial para os peixes. Em território espanhol, a montante do Alto Lindoso depara-se com a Barragem de Conchas, que tem vindo a ser noticiada devido a graves problemas de poluição. Sendo assim, a hipótese de permitir a passagem de peixes para montante do AH do Alto Lindoso não é viável pelo menos até se resolverem os problemas de poluição e se criarem condições favoráveis para a vida e reprodução piscícola.

### ***B.1 Situação atual a jusante do AH do Alto Lindoso***

De acordo com as informações obtidas a partir do relatório final do Plano de Ação para a Otimização do ascensor de peixes do Aproveitamento Hidroelétrico de Touvedo, nenhum dos obstáculos identificados entre o AH de Touvedo e Ponte de Lima, durante a condição hidráulica mais desfavorável, constitui barreira intransponível à migração das espécies piscícolas nativas existentes neste segmento do rio. Desta forma, supõe-se que os obstáculos não condicionam o número de indivíduos que alcança a zona a jusante da barragem. No entanto, deve-se ter em conta o impacto cumulativo que estas barreiras representam, visto que podem provocar atrasos na migração.

Quanto ao AH de Touvedo, trata-se de um aproveitamento de albufeira, formado por uma barragem, um circuito hidráulico curto e uma central. Destaca-se a turbina Kaplan (vertical) que tem uma taxa genérica de mortalidade de peixes de cerca de 20%, comparativamente a uma turbina Francis (utilizada, por exemplo, no AH do Alto Lindoso) que tem uma taxa de aproximadamente 90%. Destina-se, essencialmente, a regularizar os elevados caudais turbinados pela central do Alto Lindoso, armazenando-os temporariamente e restituindo-os com valores nunca superiores a 100 m<sup>3</sup>/s (EDP, 2017).

A barragem, dotada de um dispositivo de passagem de peixes do tipo elevador, que se destina a permitir às espécies fluviais migratórias a sua transposição, localiza-se em Salvador, concelho de Viana do Castelo, criando uma albufeira com 4,5 hm<sup>3</sup> de capacidade útil (EDP, 2017).

No que toca à monitorização da passagem de peixes, foi instalado um sistema de monitorização com recurso a um equipamento de vídeo-gravação digital colocado no fim do trajeto da cuba do elevador (Figura B.2).



**Figura B. 2** - Equipamento de vídeo-gravação digital instalado no final do trajeto da cuba do elevador do AH de Touvedo (Pádua et al., 2015)

Para além deste equipamento, houve um conjunto de outras medidas para enriquecer esta monitorização tal como a utilização de um fundo claro com quadrilhas na cuba (Figura B.3) e a recolha de dados ambientais tais como a temperatura média diária, caudal médio, flutuação de caudal, fase lunar, média de precipitação diária e fotoperíodo.

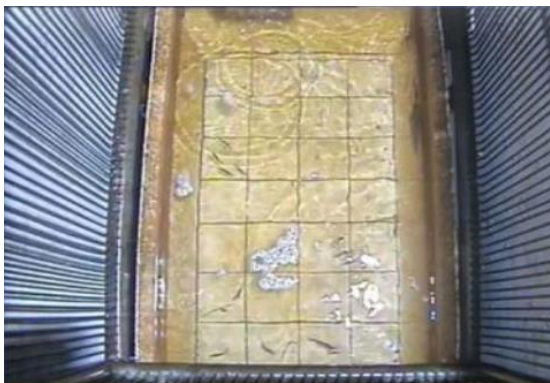


Figura B. 3 - Imagem do interior da cuba captada através do sistema de vídeo-gravação digital (Pádua et al., 2015)

## B.2. Caracterização da ictiofauna e proposta

Para o levantamento do inventário da ictiofauna presente junto ao AH do Alto Lindoso, foi consultado o relatório final do Plano de Ação para a Otimização do ascensor de peixes do Aproveitamento Hidroelétrico de Touvedo, cujos resultados são apresentados no Quadro B.1.

Quadro B.1 - Fauna piscícola a jusante do AH de Touvedo

| Família/Nome científico            | Nome comum          | Nº indivíduos |
|------------------------------------|---------------------|---------------|
| <b>Cyprinidae</b>                  |                     |               |
| <i>Luciobarbus bocagei</i>         | Barbo-comum         | 43            |
| <i>Pseudochondrostoma duriense</i> | Boga-do-norte       | 543           |
| <i>Achondrostoma oligolepis</i>    | Ruivaco             | 293           |
| <i>Squalius carolitertii</i>       | Escalo-do-norte     | 1             |
| <i>Gobio lozanoi*</i>              | Góbio               | 1             |
| <b>Salmonidae</b>                  |                     |               |
| <i>Salmo trutta</i>                | Truta-de-rio        | 86            |
| <i>Salmo salar</i>                 | Salmão-do-atlântico | 1             |
| <b>Anguillidae</b>                 |                     |               |
| <i>Anguilla anguilla</i>           | Enguia-europeia     | 1786          |
| <b>Petromyzontidae</b>             |                     |               |
| <i>Petromyzon marinus</i>          | Lampreia-marinha    | 3             |
| <b>Cobitidae</b>                   |                     |               |
| <i>Cobitis paludica**</i>          | Verdemã-comum       | 9             |
| <b>Centrarchidae</b>               |                     |               |
| <i>Micropterus salmoides*</i>      | Achigã              | 1             |
| <i>Lepomis gibbosus*</i>           | Perca-sol           | 23            |
| <b>Total</b>                       |                     | <b>2790</b>   |

\* espécies exóticas

\*\* espécie translocada

Analisando os dados do Quadro B.1, observa-se que há um número considerável de indivíduos de enguia-europeia e de boga-do-norte a passarem para montante do AH de Touvedo. Já no que diz respeito ao barbo-comum, este está a circular em quantidades inferiores ao desejável.

O número baixo de exemplares de barbo-comum a circular no AH de Touvedo pode indicar que o ascensor de Touvedo não é eficiente para o *L. bocagei* ou que, por alguma razão, os exemplares piscícolas desta espécie não estão a chegar à Barragem de Touvedo.

Quanto à grande quantidade de exemplares de *A. Anguilla* a migrarem para montante do AH de Touvedo graças ao ascensor há que ter em conta que estes indivíduos, para completarem o seu ciclo de vida, necessitam de migrar até ao mar para se reproduzirem. Tal como referido anteriormente, a passagem destas espécies pelas turbinas dos aproveitamentos hidroelétricos implica lesões que muitas vezes levam à morte. Ainda que a taxa de mortalidade da turbina usada no AH de Touvedo seja de cerca de 20%, esta taxa é genérica, pelo que para uma espécie com as dimensões da enguia esta percentagem torna-se muito mais significativa. Desta forma, é urgente implementar um sistema de transposição de montante para jusante para a enguia dado que, de outra forma, a sua passagem para a albufeira de Touvedo torna-se numa armadilha ecológica.

Sendo assim, o melhor seria implementar um plano de translocação de montante para jusante que tivesse como zona de captura a área a montante da Barragem de Touvedo, complementada por captura nos afluentes existentes entre a Barragem de Touvedo e a Barragem do Alto Lindoso. Quanto à libertação das enguias, esta seria realizada num local a jusante da Barragem de Touvedo, em águas com características lóticas. Os indivíduos translocados devem ser adultos e as operações deve ocorrer antes do seu período de reprodução, *i.e.* durante o outono/inverno.

## Anexo C - Ribeira de Mortágua

### C.1 - Local de Libertação 1

Quadro C.1 - Avaliação do Local de Libertação 1

| Critério          | Classificação                                                                                                                                                      |   |   |   |   | Notas                                                                       |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|-----------------------------------------------------------------------------|
|                   | 1                                                                                                                                                                  | 2 | 3 | 4 | 5 |                                                                             |
| Corrente          |                                                                                                                                                                    |   | ✓ |   |   |                                                                             |
| Fundo             |                                                                                                                                                                    |   |   |   |   | Não foi possível observar o fundo devido à turvação da água.                |
| Profundidade      |                                                                                                                                                                    |   |   |   |   | Não foi possível avaliar a profundidade da água devido à turvação da mesma. |
| Pedras            | ✓                                                                                                                                                                  |   |   |   |   |                                                                             |
| Vegetação         |                                                                                                                                                                    |   | ✓ |   |   |                                                                             |
| Limpidez          |                                                                                                                                                                    | ✓ |   |   |   |                                                                             |
| Notas adicionais: | Este troço apresenta uma largura bastante grande e é ainda bastante influenciado pela albufeira da Barragem de Raiva. Os acessos à margem da ribeira são difíceis. |   |   |   |   |                                                                             |



Figura C.1 - LL 1 (à direita: montante; à esquerda: jusante)



Figura C.1 - Pormenor da superfície da água no LL 1

## C.2 - Local de Libertação 2

Quadro C.2 - Avaliação do Local de Libertação 2

| Critério          | Classificação                                                                                                              |   |   |   |   | Notas                                          |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|------------------------------------------------|
|                   | 1                                                                                                                          | 2 | 3 | 4 | 5 |                                                |
| Corrente          |                                                                                                                            | ✓ |   |   |   | Menos corrente do que no Local de Libertação 1 |
| Fundo             |                                                                                                                            | ✓ |   |   |   | Pedras e lodo                                  |
| Profundidade      |                                                                                                                            |   |   | ✓ |   |                                                |
| Pedras            |                                                                                                                            | ✓ |   |   |   | Poucas pedras e de grande dimensão.            |
| Vegetação         |                                                                                                                            | ✓ |   |   |   |                                                |
| Limpidez          |                                                                                                                            |   | ✓ |   |   |                                                |
| Notas adicionais: | Este local não tem acessos até à margem. A galeria ripícola encontra-se maioritariamente queimada. Foi observado um peixe. |   |   |   |   |                                                |

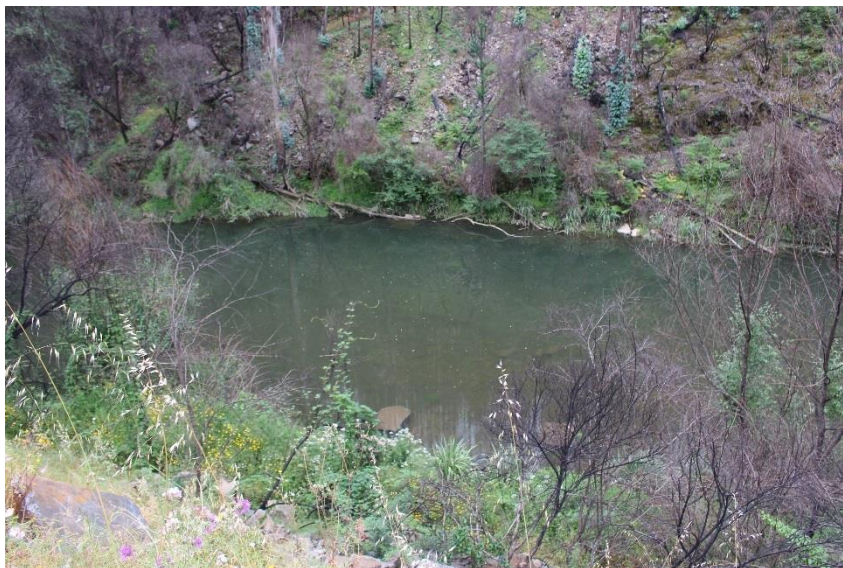


**Figura C.3 - LL 2**

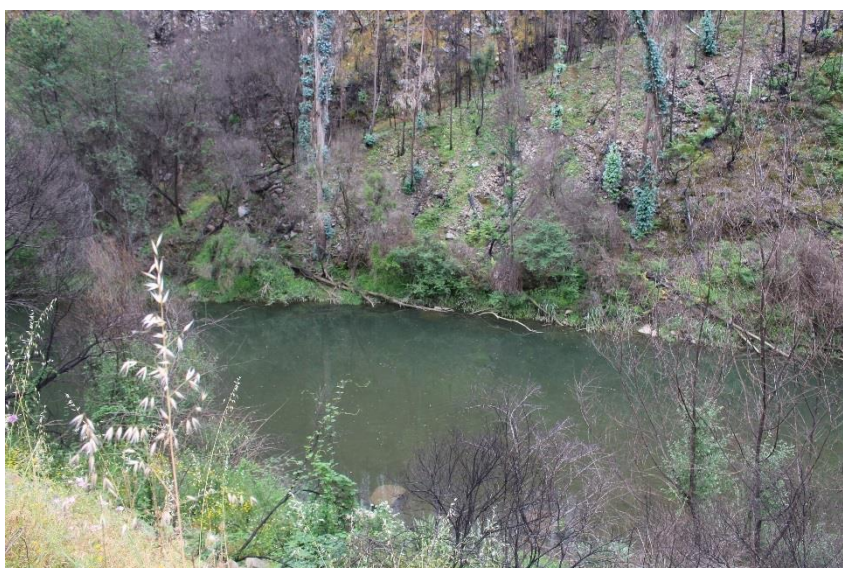


**Figura C.4 - Pormenor do estado da galeria ripícola no LL 2**



**Figura C.5 - Pormenor da encosta e dos possíveis acessos ao LL 2**

### C.3 - Local de Libertação 3

**Quadro C.1** - Avaliação do Local de Libertação 3

| Critérios         | Classificação                           |   |   |   |   | Notas                                                                                              |
|-------------------|-----------------------------------------|---|---|---|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                   | 1                                       | 2 | 3 | 4 | 5 |                                                                                                    |
| Corrente          |                                         |   |   |   | ✓ |                                                                                                    |
| Fundo             |                                         |   |   |   | ✓ | Cascalho e pedras                                                                                  |
| Profundidade      |                                         |   |   |   | ✓ | 30 a 40 cm                                                                                         |
| Pedras            |                                         |   |   | ✓ |   |                                                                                                    |
| Vegetação         |                                         |   |   | ✓ |   | A vegetação na encosta também se encontra queimada mas há alguma vegetação nas margens da ribeira. |
| Limpidez          |                                         |   |   |   | ✓ |                                                                                                    |
| Notas adicionais: | Excelentes acessos à margem da ribeira. |   |   |   |   |                                                                                                    |



**Figura C.6** - Local de Libertação 3 (à direita: montante; à esquerda: jusante)



**Figura C.7** - Pormenor da corrente, pedras no leito do rio e margens no LL 3



**Figura C.8** - Pormenor do acesso ao LL 3

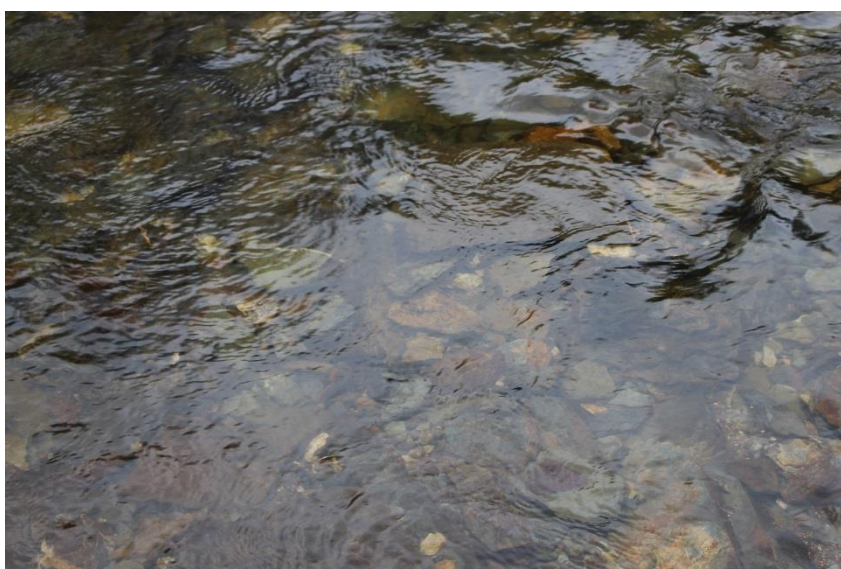


**Figura C.9** - Pormenor do fundo em cascalho e limpidez da água

## C.4 - Local de Libertação 4

Quadro C.2 - Avaliação do Local de Libertação 4

| Critérios         | Classificação                                             |   |   |   |   | Notas                                                                       |
|-------------------|-----------------------------------------------------------|---|---|---|---|-----------------------------------------------------------------------------|
|                   | 1                                                         | 2 | 3 | 4 | 5 |                                                                             |
| Corrente          |                                                           |   |   |   | ✓ |                                                                             |
| Fundo             |                                                           |   |   |   | ✓ | Cascalho (com menores dimensões que no Local de Libertação 3) e gravilha    |
| Profundidade      |                                                           |   |   |   | ✓ | 30 a 40 cm                                                                  |
| Pedras            |                                                           |   |   | ✓ |   |                                                                             |
| Vegetação         |                                                           |   |   |   | ✓ | Vegetação na encosta queimada mas muito presente nas margens e leito do rio |
| Limpidez          |                                                           |   |   |   | ✓ |                                                                             |
| Notas adicionais: | Boas condições de acessibilidade até à margem da ribeira. |   |   |   |   |                                                                             |



Figura C.10 - Local de Libertação 4 (à direita: montante; à esquerda: jusante)

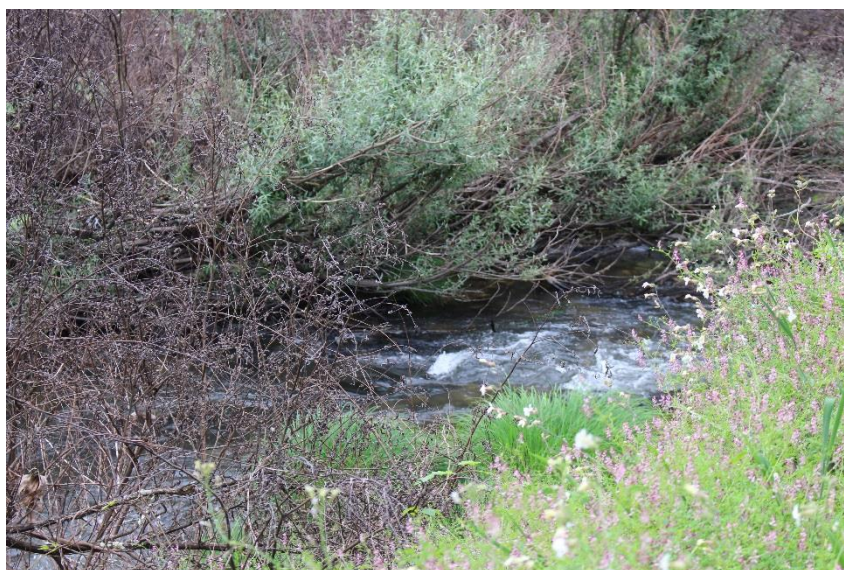


Figura C.11 - Pormenor da corrente e da existência de pedras no leito



**Figura C.12** - Pormenor do fundo e da limpidez da água no LL 4



**Figura C.13** - Pormenor da vegetação no leito, criando zonas de abrigo



**Figura C.14** - Estado da encosta e da galeria ripícola nas imediações do LL 4

### C.5 - Local de Libertação 5

**Quadro C.3 - Avaliação do Local de Libertação 5**

| Critérios         | Classificação                                                                                                                                 |   |   |   |   | Notas                                                                              |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|------------------------------------------------------------------------------------|
|                   | 1                                                                                                                                             | 2 | 3 | 4 | 5 |                                                                                    |
| Corrente          |                                                                                                                                               |   |   |   | ✓ |                                                                                    |
| Fundo             |                                                                                                                                               |   |   |   | ✓ | Cascalho. Em algumas zonas verificou-se a presença de lodo depositado no cascalho. |
| Profundidade      |                                                                                                                                               |   |   |   | ✓ | 40 a 50 cm                                                                         |
| Pedras            |                                                                                                                                               |   |   |   | ✓ |                                                                                    |
| Vegetação         |                                                                                                                                               |   |   | ✓ |   | Encosta queimada, mas com vegetação nas margens                                    |
| Limpidez          |                                                                                                                                               |   |   |   | ✓ |                                                                                    |
| Notas adicionais: | Bons acessos de veículo até perto da margem, sendo necessário percorrer um pequeno troço a pé. Foi observada a presença de dejetos de lontra. |   |   |   |   |                                                                                    |



**Figura C.15 - Pormenor da galeria ripícola no LL 5**



**Figura C.16** - Pormenor da corrente, vegetação e pedras no leito do rio



**Figura C.17** - Pormenor da limpidez da água e do fundo da ribeira

### **C.6 - Açude 1**



**Figura C.18** - Parte do açude que foi destruída, permitindo a passagem dos peixes

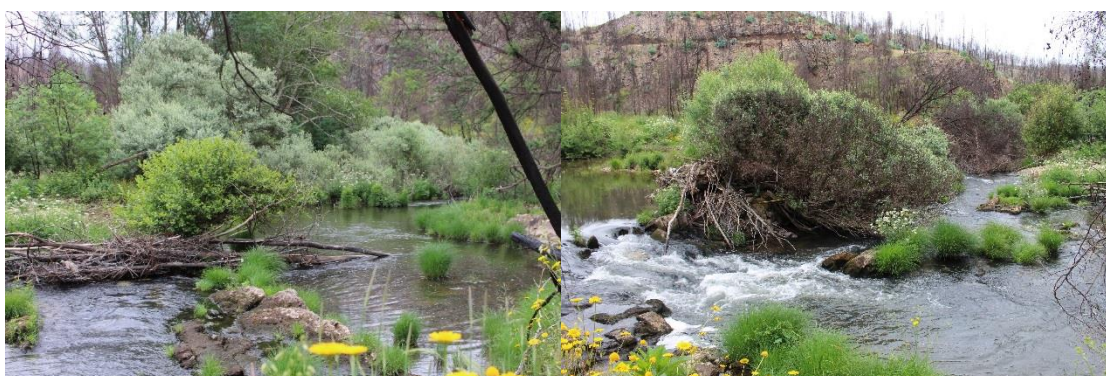


**Figura C.19** - Detritos depositados no leito do rio nas imediações do Açude 1



**Figura C.20** - Comportamento lântico a montante do açude

### C.7 - Açude 2



Figura C.21 - Comportamento lântico a montante do Açude 2



Figura C.22 - Pedras no leito a jusante do Açude 2, permitindo a criação de zonas de abrigo



Figura C.23 - Comporta (à direita) e conduta (à esquerda) observadas a jusante e montante do Açude 2, respetivamente

### **C.8 - Açude 3**



**Figura C.24 - Zona de abrigo do lado esquerdo do Açude 3**



**Figura C.25 - Situação a jusante do Açude 3**

### C.9 - Extensão disponível

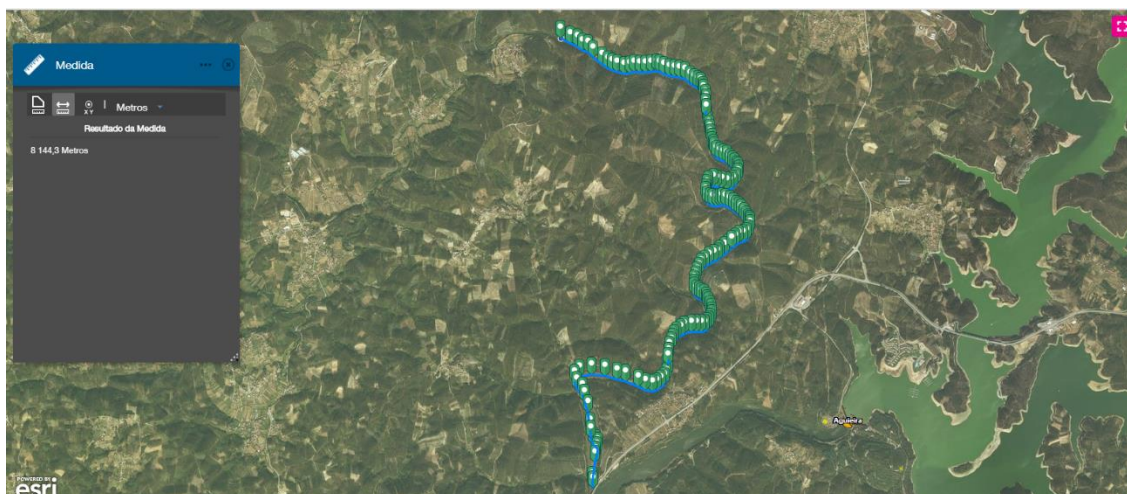


**Figura C.26** - Extensão da Ribeira de Mortágua disponível para circulação de peixes até ao Açude 2 (fonte: GeoPRO)

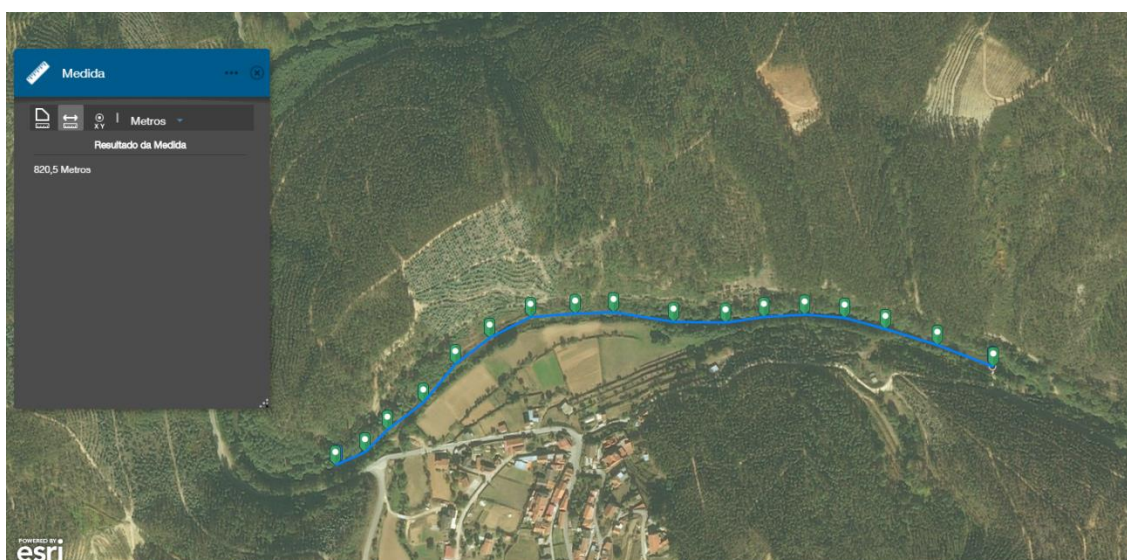


**Figura C.27** - Aumento da extensão disponível até ao Açude\_3, caso se proceda à reabilitação do Açude 2 (fonte: GeoPRO)