



**Reprodução *ex situ* de truta-de-rio (*Salmo trutta* L.) em Portugal:  
Monitorização de stocks de origem selvagem em cativeiro**

**Tito Emanuel Félix Almeida**

*Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança para obtenção do  
Grau de Mestre em Tecnologias da Ciência Animal*

**Orientado por**

**Professor Doutor Amílcar António Teiga Teixeira (CIMO - IPB)**

**BRAGANÇA**

**2022**

## **Agradecimentos**

Agradeço a todos aqueles que, de uma forma ou outra, tiveram impacto na minha formação académica até à conclusão desta dissertação e que me apoiaram e ajudaram, em particular:

Ao Professor Doutor Amílcar Teixeira, do Centro de Investigação de Montanha do Instituto Politécnico de Bragança pela orientação, ensinamentos transmitidos, toda a disponibilidade e paciência. Agradeço ainda ao Dr. Fernando Miranda e ao Eng<sup>o</sup> Fernando Teixeira, que sempre se mostraram disponíveis para colaborar nos trabalhos de campo e laboratoriais.

Ao ICNF - Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas, nomeadamente à Diretora Regional Norte, Arq<sup>a</sup> Sandra Sarmento, pelas condições criadas para o desenvolvimento do estudo, nomeadamente nas infraestruturas do Posto Aquícola de Castrelos e disponibilidade de stocks de truta-de-rio. Um agradecimento especial à Eng<sup>a</sup> Cristina Camilo, Dra Eliane Fonseca, Eng<sup>o</sup> António Martinho e aos técnicos José Veiga e Manuel Borges pelo apoio na realização das experiências no Posto Aquícola.

À Quercus – Associação Nacional de Conservação da Natureza, na pessoa da Presidente da Direção, Dra Alexandra Azevedo e o ponto focal do projeto, Eng<sup>a</sup> Paula Nunes da Silva, pela colaboração e apoio prestados para a realização desta dissertação.

À minha família, especialmente aos meus pais e à minha irmã, por sempre me apoiarem incondicionalmente, e por terem acreditado sempre no meu esforço e no meu empenho.

*Esta tese foi suportada pelo Projeto POSEUR-03-2215-FC-000096 “Conservação e Gestão orientadas para o Mexilhão-do-Rio (Margaritifera margaritifera”. Coordenação Geral: QUERCUS - Associação Nacional para a conservação da Natureza (Concurso público Internacional n.º 01/2018, Ref.ª CP01-MARG-QUERCUS/2018). Coordenação técnico-científica: Centro de Investigação de Montanha- IPB. Outras Entidades participantes (consórcio externo): FCIências, Ciências da Universidade de Lisboa; ICETA/ CIBIO-InBio; U. Minho, Freshwater Lda, BIOTA Lda, U. Aveiro.*

## Resumo

A truta-de-rio (*Salmo trutta*, L.) é uma espécie emblemática dos rios de montanha do norte e centro de Portugal, com interesse crescente para a pesca recreativa. A gestão sustentável da espécie contempla, perante as ameaças atuais (e.g., poluição da água, fragmentação e degradação de habitats, introdução de espécies exóticas, pesca ilegal e sobrepesca e alterações climáticas), a necessidade de preservar a identidade dos stocks selvagens e garantir a fruição dos serviços ecossistémicos associados, na procura do equilíbrio entre a conservação e a exploração dos recursos. Por tal motivo, em ambientes oligotróficos de baixa produtividade piscícola, como é o caso da maioria dos rios de aptidão salmonícola de Portugal, é comum recorrer a repovoamentos e largadas, no sentido de fomentar a atividade lúdica da pesca sem, contudo, exaurir os recursos piscícolas selvagens. Neste enquadramento, pretendeu-se com o presente estudo contribuir para a conservação e gestão de stocks de truta-de-rio em Portugal, em particular através da reprodução em cativeiro de stocks de truta-de-rio selvagem, capturados em diferentes rios/bacias hidrográficas (i.e., Côa, Baceiro/Sabor, Beça/Olo, Paiva, Vez, Neiva, Cávado e Mouro/Sucastro) de acordo com diversidade genética e a estratégia definida pelo Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas. Assim, no verão de 2021 foram capturados ou reforçados stocks nativos de truta-de-rio nos Postos Aquícolas de Castrelos (Bragança) e do Torno (Amarante), onde se procedeu à monitorização da aclimação e da sua performance em cativeiro. Recorreu-se à incorporação de novas metodologias na aclimação dos animais selvagens pela naturalização dos tanques (e.g., criação de refúgios, telas de ensombramento, adição de substrato natural e macrófitos) e o fornecimento duma dieta mista (i.e., alimento artificial - farinha de peixe e natural, caso de invertebrados e pequenos peixes), para além da coabitação com animais domésticos capazes de acelerar o processo de adaptação ao cativeiro. Todos os animais domésticos e frações dos animais selvagens foram marcados com PIT-tags para uma monitorização individualizada da performance (e.g. crescimento e condição corporal). Foi avaliada a performance dos peixes capturados através de modelos de crescimento e estabelecidos os parâmetros da função de von Bertalanffy e as relações peso-comprimento para todos os stocks. Os resultados obtidos

mostraram uma razoável a boa adaptação dos peixes selvagens ao cativeiro, desde as fases iniciais mais críticas, tendo o crescimento sido praticamente isométrico (i.e.,  $b = 3$ ) para a maioria das populações. No que respeita à condição corporal, foram encontradas diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) entre populações, sendo que as populações do rio Beça apresentaram a melhor condição corporal no momento da captura, comparativamente com a população do rio Baceiro/Sabor que apresentou a pior condição física. De salientar que a mortalidade em todo o processo de captura, transporte e aclimação na fase inicial no cativeiro, foi sempre inferior a 10%. No inverno foi feita a reprodução *ex-situ* de stocks domésticos (ainda existentes nos Postos Aquícolas) e selvagens, através da desova de fêmeas e machos maduros. Foram também estudadas as características de reprodução *ex-situ*, nomeadamente a época de desova, a fecundidade total e relativa, a dimensão do ovo e o índice gonadosomático e relacionados com o peso corporal das fêmeas. A desova iniciou-se em meados de dezembro e terminou no final de janeiro, completando um total de 434 dias-grau, desde a fertilização até à eclosão dos alevins. Foram encontradas diferenças altamente significativas ( $P < 0,001$ ) entre os stocks domésticos e selvagens, para todas as variáveis biométricas e os *traits* reprodutivos usados. Tais diferenças estão fortemente relacionadas com o tempo de residência e aclimação ao cativeiro dos diferentes stocks (e.g., stocks domésticos (> 5 anos) e alguns selvagens recentemente adaptados (< 3 anos)). Uma vez que os repovoamentos são ainda hoje a técnica de gestão de pescas mais usada pelas Zonas de Pesca Lúdica de Portugal, a reprodução *ex-situ* das espécies nativas mais procuradas afigura-se essencial, no sentido de fornecer animais saudáveis e geneticamente adequados para a libertação no meio selvagem. Por outro lado, as ameaças a que estão sujeitas espécies e populações justificam a manutenção de pools génicos em cativeiro. Por fim, tendo em conta que muitos rios de montanha pertencem a áreas protegidas/classificadas, é ainda fundamental a definição de medidas específicas de conservação orientadas para a mitigação de impactes negativos e para a preservação dos valores naturais.

**Palavras-chave:** truta-de-rio, pool génico, aclimação, reprodução, gestão

## **Abstract**

The brown trout (*Salmo trutta*, L.) is an emblematic species of the mountain rivers of northern and central Portugal, with growing interest for recreational fishing. The sustainable management of the species includes, taking into consideration the current threats (e.g., water pollution, fragmentation and degradation of habitats, introduction of exotic species, illegal fishing and overfishing and climate change), the need to preserve the identity of wild stocks and guarantee the enjoyment of associated ecosystem services, in order to promote a balance between conservation and exploitation of resources. For this reason, in oligotrophic environments with low fish productivity, as is the case of most salmonid rivers in Portugal, it is common the use of stocking operations to encourage recreational fishing in a sustainable way. In this context, the present study was intended to contribute to the conservation and management of brown trout populations in Portugal, through captive breeding of wild brown trout stocks, captured in different rivers/basins (i.e., Côa, Baceiro/Sabor, Beça/Olo, Paiva, Vez, Neiva, Cávado and Mouro/Sucastro) according to genetic diversity and the strategy defined by the Institute for the Conservation of Nature and Forests of Portugal. Thus, in the summer of 2021, native brown trout stocks were captured or reinforced at the Castrelos (Bragança) and Torno (Amarante) Fishfarms, where acclimatization and performance in captivity were monitored. New methodologies were used in the acclimatization of wild animals by the naturalization of the cement tanks (e.g., creation of refuges, shading screens, addition of natural substrate and macrophytes) and the provision of a mixed diet (i.e., artificial food - fishmeal and natural, in the case of invertebrates and small fish), in addition to cohabitation with domestic animals capable of accelerating the process of adaptation to captivity. All domestic animals and wild animal fractions were tagged with PIT tags for individualized monitoring of performance (e.g., growth and body condition). The performance of the captured fish was evaluated through growth models and the parameters of the von Bertalanffy function and the weight-length relationships were established for all stocks. The results obtained showed a reasonable to good adaptation of wild fish to captivity, from the most critical initial stages, with growth being practically isometric (i.e.,  $b = 3$ ) for most populations. Regarding to body condition, significant differences ( $P < 0.05$ ) were found

between stocks, ranging from the Beça river presenting the best body condition to the Baceiro/Sabor river that presented the worst body condition at the time of capture. It should be noted that the mortality along the process of capture, transport, and acclimatization in the initial phase in captivity was always less than 10%. In winter, ex-situ reproduction of domestic (still existing in both Fishfarms) and wild stocks was carried out, through the spawning of mature females and males. Ex-situ reproduction characteristics were also studied, namely spawning season, total and relative fecundity, egg size and gonadosomatic index and related to female body weight. Spawning began in mid-December and ended in late January, completing a total of 434 degree-days, from fertilization to hatching. Highly significant differences ( $P < 0.001$ ) were found between domestic and wild stocks, for all biometric variables and the reproductive traits used. Such differences are closely related to the residence time and acclimatization to captivity of different stocks (e.g., domestic stocks (> 5 years) and some recently adapted wild stocks (< 3 years)).

Since stocking is still the most used fisheries management technique in exploited-regulated fishing zones, the ex-situ reproduction is essential to provide healthy and genetically suitable animals for the release in the wild environments. On the other hand, the threats to which species and populations are subject justify the maintenance of gene pools in captivity. Finally, considering that many mountain rivers belong to protected/classified areas, it is still essential to define specific conservation measures aimed at mitigating negative impacts and preserving natural values.

**Keywords: brown trout, genetic pool, acclimatization, reproduction, management**

## Índice

Agradecimentos .....	II
Resumo .....	IV
Abstract .....	VI
Índice de Figuras .....	X
Índice de Tabelas .....	XI
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	<b>1</b>
1.1. Descrição da espécie .....	1
1.2. Distribuição geográfica .....	2
1.3. Ciclo de vida e interação com o habitat.....	3
1.4. Alimentação .....	5
1.5. Maturação sexual .....	7
1.5.1. Idade e tamanho .....	7
1.5.2. Fecundidade e produção de ovos .....	7
1.6. Reprodução em cativeiro .....	9
1.7. Conservação e gestão da truta-de-rio.....	11
1.7.1. Interações bióticas.....	11
1.7.2. Ameaças e medidas de conservação.....	13
1.8. Objetivos e Estrutura da tese de dissertação .....	14
1.9. Referências bibliográficas.....	14
<b>CAPÍTULO 2. Reprodução <i>ex-situ</i> de stocks selvagens e domésticos de truta-de-rio (<i>Salmo trutta</i> L.)</b> .....	<b>23</b>
Resumo .....	23
<b>2.1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>24</b>
2.1.1. Objetivos .....	25
<b>2.2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>26</b>
2.2.1. Caracterização das infraestruturas - Postos Aquícolas do ICNF .....	26
2.2.2. Captura de stocks selvagens de reprodutores de <i>S. trutta</i> .....	28
2.2.3. Metodologias de aclimação e criação dos stocks de reprodutores .....	29
2.2.3.1. Preparação prévia dos tanques – criação de habitats naturalizados.....	30
2.2.3.2. Maneio e alimentação das populações selvagens em aclimação .....	32
2.2.4. Reprodução <i>ex situ</i> de <i>Salmo trutta</i> .....	34
2.2.5. Avaliação da performance dos peixes reprodutores .....	37
2.2.5.1. Modelos de crescimento .....	37

2.2.5.1.1. Modelos de crescimento de Von Bertalanffy .....	38
2.2.5.1.2. Relação comprimento - peso .....	38
2.2.5.2. Condição corporal.....	38
3.2.3. Tratamento de dados .....	39
2.3. RESULTADOS.....	41
2.3.1. Avaliação dos stocks selvagens nos rios selecionados .....	41
2.3.2. Evolução da condição física dos peixes aclimatados .....	44
2.3.3. Reprodução em cativeiro dos stocks domésticos e selvagens .....	47
2.3.4. Produção de alevins e juvenis .....	55
2.4. DISCUSSÃO .....	55
2.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	61
Capítulo 3. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	65

## Índice de Figuras

Figura 1.1. Truta-de-rio ( <i>Salmo trutta</i> Linnaeus, 1758).....	1
Figura 1.2. Distribuição global da truta-de-rio ( <i>Salmo trutta</i> , L.), tendo em conta os limites nativos e não nativos (adaptado de Muhlfeld et al., 2019).....	2
Figura 1.3. Incubadora Sandfort (adaptado de Hoitsy et al. 2012).....	11
Figura 1.4. Incubadora Californiana (adaptado de Hoitsy et al. 2012).....	11
Figura 1.5. Incubadora de Tabuleiros Verticais (adaptado de Hoitsy et al. 2012).....	11
Figura 1.6. Ciclo de vida dos mexilhões-de-água doce (adaptado de Teixeira et al., 2015).	12
Figura 1.5. Área de distribuição da <i>M. margaritifera</i> (adaptado de Teixeira et al., 2019)....	13
Figura 2.1. Distribuição dos grupos genéticos dos stocks selvagens de <i>S. trutta</i> identificados nas diferentes bacias hidrográficas.....	25
Figura 2.2. Posto Aquícola de Castrelos (Bragança): Tanques da maternidade, Tanques reabilitados e tanques de terra, disponibilizados pelo ICNF para a reprodução <i>ex situ</i> ....	26
Figura 2.3. Posto Aquícola do Torno (Amarante): Tanques de cimento retangulares e Tanques de reprodutores disponibilizados pelo ICNF para a reprodução <i>ex situ</i> .....	27
Figura 2.4. Monitorização da qualidade da água com estação automática SmallRiver (Esquerda: sonda multiparamétrica; Direita: exemplo de dados da temperatura).....	28
Figura 2.5. Captura e obtenção de amostras para a genética, dados biométricos e transporte de stocks selvagens de <i>S. trutta</i> , provenientes do Rio Baceiro.....	29
Figura 2.6. Posto Aquícola de Castrelos (Bragança): Biometria e Marcação com PIT Tags (Oregon RFDI ©) de <i>S. trutta</i> provenientes de stocks selvagens do rio Baceiro.....	30
Figura 2.7. Preparação dos tanques de cimento alvo de reabilitação (P. A. Castrelos) para receção e aclimação de stocks selvagens de <i>S. trutta</i> para reprodução <i>ex situ</i> .....	32
Figura 2.8. Aclimação em cativeiro, com alimentação baseada em dieta mista): 1) ração artificial - alimentadores e 2) invertebrados e peixes pequenos - dieta natural.....	34
Figura 2.9. Posto Aquícola de Castrelos e Marão: Reprodução <i>ex situ</i> de <i>Salmo trutta</i> provenientes de stocks selvagens.....	37
Figura 2.10. Postos Aquícolas de Castrelos e Torno: Recolha de amostras para caracterização reprodutiva dos stocks selvagens e domésticos de <i>Salmo trutta</i> .....	38
Figura 2.11. Relação peso-comprimento dos exemplares de truta selvagem capturados nos Rios Sabor e Baceiro.....	43
Figura 2.12. Relação peso-comprimento dos exemplares de truta-de-rio selvagem capturados nos Rios Beça, Olo e Paiva.....	44
Figura 2.13. Coeficiente de condição física K nos rios Baceiro e Sabor, Beça, Olo e Paiva). As boxplot mostram os valores da média (linha central), o intervalo de 25-75% (caixa), valores máximos e mínimos e ainda extremos (asteriscos) e outliers (pontos).....	44
Figura 2.14. Relação peso-comprimento dos juvenis de truta selvagem, capturados no rio Baceiro, considerando os momentos da captura, 2, 5 e 12 meses após cativeiro.....	46
Figura 2.15. Relação peso-comprimento dos adultos de truta selvagem, capturados no rio Baceiro, considerando os momentos da captura, 2, 5 e 18 meses após.....	46
Figura 2.16. Temperatura média diária (°C) e desvio padrão (SD) da água no Posto Aquícola de Castrelos (Bragança) desde a fertilização até à eclosão dos alevins para os stocks domésticos – mix génico (14 de dezembro de 2021 a 4 de março de 2022).....	48
Figura 2.17. Temperatura média acumulada (°C) da água no Posto Aquícola de Castrelos (Bragança) desde a fertilização até à eclosão dos alevins para os stocks domésticos – mix génico (14 de dezembro de 2021 a 4 de março de 2022).....	49

Figura 2.18. Número de fêmeas dos stocks domésticos (Dom1, Dom2) e selvagens (Paiva, Beça, Olo, Baceiro) usados no estudo (dezembro de 2021 - janeiro de 2022).....	49
Figura 2.19. Variáveis biométricas: tamanho (Lt) e peso (Wt) dos exemplares medidos e características reprodutivas (peso médio dos ovos, peso total dos ovos, fecundidade total e fecundidade relativa e índice gonadosomático (GSI) dos stocks reprodutores de <i>S. trutta</i> doméstica (Dom1 e Dom2) e selvagem (Paiva, Beça Olo, Baceiro). As boxplot mostram os valores da média (ponto central), o erro-padrão (caixa), o desvio-padrão (bigodes) e ainda extremos (asteriscos) e outliers (pontos).....	50
Figura 2.20. Relação entre o peso corporal das fêmeas domésticas (considerando os stocks nº 1 e 2) e fecundidade total (a), fecundidade relativa (b) e diâmetro do ovo (c).....	54
Figura 2.21. Relação entre o peso corporal ( $W_t$ ) das fêmeas selvagens originárias do rio Paiva e a fecundidade total (a), a fecundidade relativa (b) e o diâmetro do ovo (c).....	55

## Índice de Tabelas

Tabela 2.1. Seleção de stocks selvagens de truta-de-rio para criação em cativeiro.....	25
Tabela 2.2. Condição física K dos salmonídeos (adaptado de Barnham & Baxter, 1998)...	40
Tabela 2.3. Abundância CPUE (nº ind./100 m <sup>2</sup> ) nos rios Sabor, Baceiro, Beça, Olo e Paiva.....	42
Tabela 2.4. Parâmetros de Von Bertalanffy calculados para a <i>Salmo trutta</i> dos rios Sabor, Baceiro, Beça, Olo e Paiva. k e L <sup>∞</sup> determinados através da rotina ELEFAN I, t <sub>0</sub> a partir da equação empírica de Pauly (1979) e comprimentos máximos inventariados (L <sub>máx</sub> ).....	43
Tabela 2.5. Número de exemplares selvagens de <i>S. trutta</i> capturados para reprodutores em cativeiro, discriminado por rio de proveniência, tanque e Posto Aquícola do ICNF.....	45
Tabela 2.6. Condição física (média ± SD) das populações de <i>Salmo trutta</i> selvagens do rio Baceiro/Sabor, aclimatadas ao cativeiro (Posto Aquícola de Castrelos).....	47
Tabela 2.7. Biometria e variáveis reprodutivas do stock reprodutor doméstico nº1 (mix génico) de <i>Salmo trutta</i> , do Posto Aquícola de Castrelos (dezembro 2021).....	51
Tabela 2.8. Biometria e variáveis reprodutivas do stock reprodutor doméstico nº2 (mix génico) de <i>Salmo trutta</i> , do Posto Aquícola de Castrelos (dezembro 2021).....	51
Tabela 2.9. Biometria e variáveis reprodutivas do stock reprodutor selvagem de <i>Salmo trutta</i> do Rio Paiva, do Posto Aquícola do Torno (janeiro 2022).....	52
Tabela 2.10. Biometria e variáveis reprodutivas do stock reprodutor selvagem de <i>Salmo trutta</i> do Rio Beça, do Posto Aquícola do Torno (janeiro 2022).....	52
Tabela 2.11. Biometria e variáveis reprodutivas do stock reprodutor selvagem de <i>Salmo trutta</i> do Rio Olo, do Posto Aquícola do Torno (janeiro 2022).....	53
Tabela 2.12. Biometria e variáveis reprodutivas do stock reprodutor selvagem de <i>Salmo trutta</i> do Rio Baceiro/Sabor, do Posto Aquícola de Castrelos (janeiro 2022).....	53
Tabela 2.13. Produção baseada em stocks reprodutores selvagens de <i>Salmo trutta</i> no Posto Aquícola de Castrelos e Posto Aquícola do Torno (janeiro 2022).....	56

## CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO GERAL

### 1.1. Descrição da espécie

A truta-de-rio possui cabeça e olhos grandes, vômer com dentes, um corpo fusiforme, algo comprimido lateralmente, dotado de pedúnculo caudal forte. Tem escamas cicloides muito pequenas e uma barbatana adiposa, situada entre as barbatanas dorsal e caudal, característica pertencente à família Salmonidae. A coloração é variável, com domínio de dorsos mais escuros em tons castanho-esverdeados que contrastam com o ventre mais claro, mais esbranquiçado ou amarelado. São ainda características algumas pontuações negras e outras vermelho ou alaranjadas, rodeadas por ocelos brancos, mais comuns acima da linha lateral (Alonso et al., 2017; Collares Pereira et al., 2021) (**Figura 1.1**).

**Filo: Chordata**

**Classe: Actinopterygii**

**Ordem: Salmoniformes**

**Família: Salmonidae**



© Cláudia Baeta

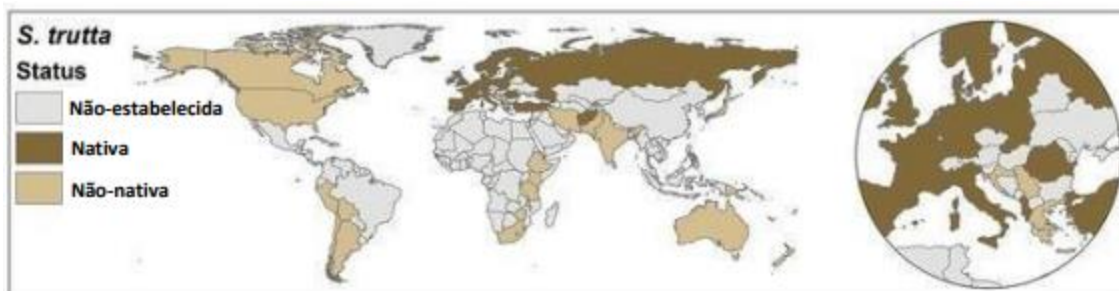
**Figura 6.1. Truta-de-rio (*Salmo trutta* Linnaeus, 1758)**

Os salmonídeos possuem dimorfismo sexual somente na época da reprodução, sendo perceptível nos machos corpos mais alongados e a formação de curvatura dos maxilares em forma de gancho, enquanto as fêmeas têm aspecto mais volumoso (Alonso et al., 2017; Collares Pereira et al., 2021).

Nos cursos de água de Trás-os-Montes, a truta-de-rio é uma espécie de hábitos sedentários com comportamento territorial e um domínio vital que pode atingir vários quilômetros, caso exista conectividade fluvial. Vive em águas com corrente forte, muito oxigenadas (O.D. > 9 mg O<sub>2</sub>/L), com temperaturas inferiores a 20 °C e com baixo teor de nutrientes (especialmente azoto e fósforo), sendo muito sensível à poluição e a temperaturas elevadas. As populações selvagens têm sido objeto de vários estudos ecológicos e genéticos, tendo em conta que é uma das espécies mais utilizadas nos repovoamentos piscícolas das águas interiores (Cortes et al., 1998; Antunes et al., 1999, 2001; Santos et al., 2006; Teixeira & Cortes, 2006; Teixeira et al., 2006; Teixeira & Cortes, 2007).

## 1.2. Distribuição geográfica

A distribuição natural da espécie abrange bacias hidrográficas europeias e asiáticas que drenam para o Atlântico, Mar Branco e Mar Báltico e ainda desde Marrocos ao golfo de Chosha (Rússia), tendo sido vastamente introduzida noutras regiões do planeta (**Figura 1.2**).



**Figura 1.7. Distribuição global da truta-de-rio (*Salmo trutta*, L.), tendo em conta os limites nativos e não nativos (adaptado de Muhlfeld et al., 2019).**

A truta-de-rio foi introduzida em pelo menos 24 países fora da Europa e tem uma distribuição geográfica a nível mundial (Elliott, 1994). As razões para a distribuição geográfica tão vasta desta espécie são a sua variabilidade ecológica, a excelente capacidade para se dispersar e colonizar novos cursos de água e a sua boa reputação gastronómica e desportiva. Esta espécie varia em tamanho, taxa de crescimento, tipo de alimentação e uso de habitats dentro e entre cursos de água. A aparência fenotípica varia principalmente conforme o habitat e, até certo ponto, também com outros aspetos da sua ecologia (Pakkasmaa & Piironen, 2001). Tendo substrato de desova disponível, temperatura adequada e boa qualidade de água, a espécie possui condições para ocupar diversos habitats, desde pequenos riachos aos rios maiores. A distribuição ampla da espécie está na origem da descrição de cerca de 50 variedades de truta-de-rio (Behnke, 1986). No entanto, no final do século XX, assumiu-se a classificação de espécie politípica para a *S. trutta* (Elliot, 1994), tendo sido propostos três ecótipos: 1) *Salmo trutta* forma *fario*, a truta-de-rio ou truta-fário, de hábitos sedentários, residente em rios e riachos; 2) *Salmo trutta* forma *lacustris*, residente apenas em lagos; e 3) *Salmo trutta* forma *trutta*, a truta-marisca, de hábitos anádromos, ou seja, vive a maior parte do ciclo de vida no mar, entrando nos rios para se reproduzir (Kottelat & Freyhof, 2007). Na Península Ibérica não existe a forma lacustre, presente na Europa Central. Por sua vez, as populações

migradoras estão confinadas aos rios da Galiza, Cantábria e Norte de Portugal, podendo ocorrer até ao trecho final do rio Mondego na zona Centro de Portugal. As trutas migradoras podem ocorrer em simpatria com ecótipos sedentários e inclusive reproduzir-se entre si. As trutas sedentárias são mais comuns e distribuem-se pela parte superior das bacias da Galiza, Cantábria e Catalunha e nos rios Minho, Lima, Cávado, Ave, Douro, Vouga, Mondego, Tejo, Guadalquivir, Segura, Júcar e Ebro (Alonso et al., 2017; Collares Pereira et al., 2021).

### **1.3. Ciclo de vida e interação com o habitat**

A truta-de-rio desova em fundos de pedra e gravilha, normalmente em águas correntes, embora possa ocorrer, ocasionalmente, em lagos (Klemetsen, 1967; Scott & Irvine, 2000; Sneider, 2000; Brabrand et al., 2002). Reproduz-se no outono ou inverno, mais cedo quanto maior a latitude e a altitude, devido à baixa temperatura da água e a um conseqüente maior período de incubação.

As fêmeas de truta-de-rio cavam os seus ninhos no substrato (Haury et al., 1999) e desovam, normalmente, em gravilha mais grosseira (Fleming, 1996). Uma fêmea é normalmente cortejada por vários machos que competem entre si, embora sejam os machos de maior dimensão que fertilizam os ovos (Jones & Ball, 1954; Largiander et al., 2001). Contudo, os machos mais pequenos podem também contribuir para a fertilização dos ovos (Garcia-Vazquez et al., 2001). Passado alguns minutos da desova, a fêmea cobre os ovos fertilizados com pedra e gravilha. As fêmeas desovam apenas uma porção dos seus ovos de cada vez. Uma fêmea pode estar reprodutivamente ativa durante alguns dias, não defendendo a área de desova e abandona a área logo que termina a desova, enquanto os machos ficam mais tempo para tentar acasalar com outras fêmeas (Klemetsen et al., 2003).

Os ovos incubam nos interstícios da gravilha por um ou mais meses. A partir daí, as larvas, chamadas alevins, alimentam-se durante as primeiras semanas do saco vitelino. A duração dos períodos de incubação dos ovos e alimentação endógena das larvas são dependentes da temperatura (Crisp, 1988; Elliott & Hurley, 1998a). A temperatura da água é mais elevada no sedimento do leito do rio do que na coluna de água, podendo a eclosão ocorrer mais cedo do que

esperado (Acornley, 1999). Os ovos também podem eclodir mais cedo como consequência de stress e outros distúrbios ambientais (Næsje & Jonsson, 1988).

Os alevins, com cerca de 20 milímetros de comprimento total, começam a nadar e emergir da gravilha assim que a maior parte do saco vitelino foi consumida iniciando a alimentação junto da área da desova. Estes juvenis são muito agressivos, defendem os territórios, criam hierarquias, competem intensivamente pelos recursos e vão-se dispersando à medida que crescem e têm maior necessidade de comida e espaço (Kalleberg, 1958; Héland, 1999; Lahti et al., 2001).

A truta-de-rio é, por norma, bastante sedentária, mas muitas vezes parece deslocar-se com frequência (Crisp, 1993; Gowan et al., 1994), com uma mobilidade considerável dentro de uma área restrita (Rodriguez, 2002), dependente das condições ambientais, caso da disponibilidade de alimento, velocidade da corrente e densidade de peixes (Kalleberg, 1958; Jenkins, 1969; Nordwall et al., 2001). Os peixes dominantes alimentam-se principalmente nos períodos crepusculares, *i.e.*, ao início do dia e da noite, enquanto os restantes indivíduos dominados se alimentam noutros momentos menos benéficos. A motivação de um peixe para defender um território aumenta com o tempo de residência, o que influenciará o resultado das disputas territoriais (Jonsson & Forser, 2002). Se os peixes tiverem acesso a um lago, muitos deles irão deslocar-se gradualmente, tornando-se piscívoros (Jonsson, 1989).

A variabilidade e a qualidade do habitat num rio influencia fortemente a densidade de peixes (Heggenes et al., 1999; Jutila et al., 2001; Rincón & Lobón-Cerviá, 2002). Durante o primeiro ano de vida, os juvenis habitam principalmente nos *riffles*, *i.e.*, em áreas de pouca profundidade (<30 cm), muitas vezes localizadas próximo da margem do rio, com fluxo de água moderadamente rápido (0,2 – 0,5 m.s<sup>-1</sup>) (Roussel & Bardonnnet, 1999). À medida que crescem, preferem *pools*, *i.e.*, zonas mais profundas e de fluxo mais lento da corrente (Heggenes, 2002). Contudo, o uso do habitat depende da disponibilidade e de outras variáveis, como a competição por outros recursos, caso da alimentação (Elsø & Greenberg, 2001; Greenberg et al., 2001; Heggenes et al., 2002). A truta-de-rio prefere fundos pedregosos que forneçam refúgios, mas também ocorrem em zonas com cascalho e areia (Heggenes et al., 1999).

#### 1.4. Alimentação

A principal fonte de alimentação dos alevins e juvenis de truta-de-rio são as larvas de insetos, principalmente quironomídeos, mas podem também alimentar-se de artrópodes capturados à superfície, como por exemplo insetos alados. Com o aumento do tamanho do peixe, vão gradualmente selecionando alimentos de superior dimensão, tais como larvas de insetos pertencentes aos grupos faunísticos dos Ephemeroptera, Plecoptera, Diptera e Trichoptera (Jonsson & Gravem, 1985; Haraldstad et al., 1987; Neveu, 1999; Rincón & Lobón-Cerviá, 1999; Steingrímsson & Gíslason, 2002).

Nos lagos, a principal fonte de alimentação é o *zoobenthos*, mas a importância de alimentos pelágicos, como pupas de quironomídeos e zooplâncton, bem como insetos de superfície, aumenta com o aumento do tamanho e da idade. Aparentemente, o tamanho das presas consumidas por peixes de tamanho semelhante é menor em lagos do que em rios (Keeley & Grant, 2001). Em populações que vivem em lagos, os jovens de truta-de-rio alimentam-se quase exclusivamente de zooplâncton (Klemetsen, 1967; Schei & Jonsson, 1989). Em ecossistemas lóticos, a truta-de-rio pode começar a alimentar-se de peixes quando atinge um comprimento superior a 15 cm (L'Abée-Lund et al., 1992).

A truta é um predador visual, e a transparência da água parece ser um fator determinante. Como espécie, a truta é conhecida como um predador oportunista, e a dieta varia de acordo com o habitat, estação do ano, tamanho do peixe e idade (Bridcut & Giller, 1995). A nível individual, por outro lado, os peixes podem exibir especialização alimentar, em vez de oportunismo, o que significa que alguns indivíduos, pelo menos por alguns períodos, se alimentaram principalmente de um dado alimento específico (Grey, 2001).

Nas populações do Norte da Europa, a atividade alimentar da truta é mais intensa à medida que a temperatura aumenta na primavera e no início do verão. O período de alimentação máxima na primavera coincide com o de teor mínimo de gordura nos peixes (Jonsson & Jonsson, 1997, 1998; Berg et al., 2000). Esta diferença sazonal é menor no sul da Europa (Rincón & Lobón-Cerviá, 1993). No verão, podem alimentar-se durante o dia, embora sejam mais ativos durante o crepúsculo e noite (Bunnell et al., 1998; Young, 1999). Contudo, existem registos

de populações que se alimentam continuamente durante o dia e a noite (Klemetsen et al., 2003). Durante o inverno, quando a temperatura da água é baixa, a atividade diminui procuram abrigo nos refúgios do leito do rio durante o dia, podendo manter a posição no leito ou perto dele (Bremset, 2000). Por tal motivo, preferem zonas de correntes mais lentas dadas as menores necessidades metabólicas (Heggenes & Dokk, 2001). Nas populações do sul da Europa, onde a temperatura da água no inverno é mais alta, a diferença sazonal na atividade é menor (Rincón & Lobón-Cerviá, 1993). Nos lagos, a truta-de-rio explora principalmente águas superficiais e são poucos os indivíduos que se alimentam em zonas mais profundas (Haraldstad & Jonsson, 1983; Jonsson & Gravem, 1985; Schei & Jonsson, 1989; Langeland et al., 1991).

A truta-de-rio de hábitos anádromos pode também alimentar-se no início do outono no mar e logo após entrarem nos ecossistemas de água doce, mas a atividade alimentar cai rapidamente durante o outono para o mínimo normal de inverno, pois muitos indivíduos parecem viver principalmente de reservas de energia previamente armazenadas (Jonsson & Gravem, 1985). As fêmeas alimentam-se mais em água doce do que os machos (Elliott, 1997). A truta anádroma alimenta-se de crustáceos marinhos, poliquetas, peixes e insetos de superfície (Pemberton, 1976a; Fahy, 1983; Grønvik & Klemetsen, 1987; Lyse et al., 1998; Knutsen et al., 2001). Os poliquetas são mais importantes na primavera, enquanto a dieta piscívora predomina no outono. A maioria das presas capturadas são as presas típicas de águas superficiais e salobras, e quanto à truta que habita em água doce, a mudança sazonal é provavelmente um reflexo das mudanças na disponibilidade de presas (Knutsen et al., 2001). A dieta varia entre alimentos marinhos para alimentos de água doce e terrestres à medida que se aproximam das zonas de montante dos rios (Elliott, 1997).

A quantidade e a qualidade dos alimentos consumidos são muito importantes para a taxa de crescimento dos peixes (Wootton, 1998) e a capacidade de crescer continuamente durante toda a vida depende muito se os peixes têm oportunidades de mudar de dieta, obtendo alimentos de maior dimensão à medida que crescem (Gorman & Nielson, 1982).

## **1.5. Maturação sexual**

### **1.5.1. Idade e tamanho**

As populações de truta-de-rio residente podem atingir a maturidade sexual em idades entre 1 e 10 anos. Os peixes são mais precoces sexualmente em locais de águas mais frias, como em lagos de montanha e rios do Norte da Europa (Jonsson et al., 1991c). Na parte Sul da área de distribuição da truta anádroma, muitos peixes reproduzem-se logo após 1 ano passado no mar. No Norte, a maioria dos indivíduos que desovam pela primeira vez passam entre 2 e 3 verões no mar antes de atingir a maturidade sexual (Jonsson & L'Abée-Lund, 1993). Uma parte dos reprodutores sobrevive e volta a desovar, mas muitos morrem em consequência da reprodução. A maturidade varia entre os sexos. Os machos geralmente atingem a maturidade sexual mais cedo e com tamanho mais variável do que as fêmeas (Jonsson, 1989).

A diferença de idade na maturidade entre os sexos parece ser genética e independente da taxa de crescimento (Jonsson, 1989). Sob as mesmas condições de criação artificial, as fêmeas e machos imaturos de truta crescem na mesma proporção, mas as fêmeas são maduras, em média, numa idade mais tardia que os machos. As diferenças de tamanho na maturidade entre machos e fêmeas parecem não ser devidas a diferenças na taxa de crescimento entre os sexos. No entanto, na natureza, Jonsson (1989) descobriu que as fêmeas maduras mais jovens eram maiores que os machos imaturos e maduros da mesma idade. Isso parece acontecer porque os machos em comparação com as fêmeas mostram uma tendência a explorar habitats menos arriscados, mas também com menos presas, onde a taxa de crescimento também é menor. Essas diferenças indicam que há uma vantagem seletiva na taxa de crescimento mais alta para as fêmeas do que para os machos (Jonsson, 1989).

### **1.5.2. Fecundidade e produção de ovos**

O potencial reprodutivo das fêmeas é determinado pela quantidade e qualidade dos seus ovos. Ovos grandes dão descendentes grandes que crescem e competem melhor por recursos alimentares (Elliott, 1994, 1995; Einum & Fleming, 1999). Existem vários fatores que influenciam o tamanho dos ovos, entre os quais o tamanho do progenitor é o mais importante. A massa

média do ovo em fêmeas anádromas com peso de 300 e 500g é 0,047 e 0,058g, respectivamente. Os descendentes de trutas de água doce criados em condições semelhantes foram maiores, i.e. 0,069 e 0,074g em trutas de 300 e 500g, respectivamente. Além disso, a fecundidade média com massas corporais entre 100 e 500g são 300 e 1500 ovos. A fecundidade correspondente em exemplares residentes é de 270 e 1100 ovos (Jonsson & Jonsson, 1999).

Por que a fecundidade e o tamanho do ovo aumentam com o tamanho do progenitor feminino? A fecundidade aumenta com o tamanho do corpo porque a quantidade de energia disponível para a produção de ovos e a cavidade corporal que acomoda os ovos aumentam com o tamanho do peixe (Jonsson & Jonsson, 1997). Mas o porquê de a massa de ovos aumentar com o tamanho do peixe não é claro, embora o ambiente pareça ter um impacto importante (Lobón-Cerviá et al., 1997). Experiências na criação de truta-de-rio, indicaram que a alimentação em elevada quantidade em animais sub-adultos deu origem a ovos grandes, mesmo em fêmeas pequenas, nivelando a variação devido ao tamanho (Jonsson & Jonsson, 1997). Além disso, uma alta temperatura da água durante a absorção do saco vitelino pode selecionar indivíduos para a produção de ovos de tamanho grande (Jonsson & Jonsson 1999). Isso significa que é favorável para os indivíduos que desovam no final da estação terem ovos relativamente maiores do que aqueles que desovam mais cedo, porque eclodem mais tarde e os alevins desenvolver-se-ão a uma temperatura da água relativamente alta.

Na truta, o tamanho do ovo está fortemente correlacionado com o sucesso da descendência (Elliott, 1984; Einum & Fleming, 1999; Olsen & Vøllestad, 2001). Alevins provenientes de ovos maiores têm capacidade competitiva melhorada e maior taxa de sobrevivência em relação aos descendentes de ovos menores (Elliott, 1984; Hutchings, 1991; Wootton, 1998). As desovas repetidas dão origem a ovos maiores e em menor quantidade do que as trutas de tamanho semelhante que desovam pela primeira vez (Jonsson & Jonsson, 1999). Isto não é apenas causado por um aumento no tamanho do peixe ou do conteúdo energético, mas uma tendência geral para reprodutores, por várias vezes, investirem relativamente mais energia em cada descendência do que reprodutores pela primeira vez (Jonsson, 1985).

## 1.6. Reprodução em cativeiro

Existem diferentes técnicas para extrair os ovos e o sémen dos reprodutores. A elaboração da primeira técnica de propagação artificial de truta-de-rio copiou a desova natural. Foi experimentado por um piscicultor alemão chamado Jacobi, entre 1763 e 1765, que desovou os ovos para um recipiente com água. Na atualidade, ninguém utiliza essa técnica “húmida” porque a taxa de fertilização esperada é reduzida em 20% (Hoitsy et al., 2012). Em 1856, o piscicultor Russo Vranszkij experimentou uma técnica a “seco”. Desde então, esse método tem sido praticado com sucesso porque garante 98 a 100% de fertilização. Nesta técnica os ovos e o sémen são extraídos para um recipiente seco onde são misturados suavemente dando início à fertilização com a adição de água. O primeiro passo é a identificação das fêmeas que estão prontas para desovar. Os sinais de ovulação são um abdómen aumentado e amolecido. Os ovos na fêmea podem ser sentidos ao tocar suavemente no abdómen (Hoitsy et al., 2012).

A técnica mais praticada e simples é a desova manual. A fêmea é primeiramente anestesiada e segura, de forma firme, mas de formas delicada nas suas extremidades de modo que a cabeça fique com uma inclinação de 45 graus, para cima. Essa posição permite extrair os ovos com uma massagem suave com o polegar e o indicador em direção à abertura urogenital, de onde os ovos serão depositados diretamente num recipiente. Em caso de manuseio descuidado e inexperiente, o peixe pode ficar ferido. A mão que realiza este procedimento não deve massajar acima de uma linha imaginária entre as barbatanas dorsal e pélvica. Se o peixe for excessivamente apertado acima dessa linha imaginária, os órgãos internos, como baço ou fígado, podem ser danificados, o que pode resultar em mortalidade. Outra razão pela qual as fêmeas devem ser massajadas na parte inferior do abdómen é que a ovulação começa na parte inferior do ovário. Portanto, não há razão para pressionar o peixe ao longo de todo o corpo. O esperma dos machos é extraído de forma semelhante aos ovos. O manuseio e a remoção suaves e cuidadosos também são muito importantes neste procedimento (Hoitsy et al., 2012).

Durante os últimos anos foram desenvolvidos e utilizados diferentes tipos de recipientes de incubação, com recurso a materiais diversos (cerâmica, vidro, madeira, metal ou plástico). Atualmente, as incubadoras mais usadas são do tipo Sandfort, Californianas e Tabuleiros Verticais (**Figura 1.3, 1.4, 1.5**) (Hoitsy et al. 2012).

Quando os ovos são colocados em recipientes de incubação - cerca de 10.000 ovos/0,2 m<sup>2</sup>, tornam-se menos sensíveis e os ovos inviáveis (aspeto esbranquiçado) devem ser removidos até cerca de 36 horas. De seguida, o primeiro período sensível começa e dura até o estágio onde se notam marcas oculares no ovo – ovos embrionados. Durante este período, as células em multiplicação nos ovos são muito frágeis. Uma interferência maior no ovo pode causar uma malformação no embrião em desenvolvimento ou até mesmo a mortalidade. Portanto, os ovos em desenvolvimento devem ser mantidos intactos nos dispositivos de incubação. Após embrionados, os ovos podem ser transportados, uma vez que são resistentes durante este período. Finalmente, cerca de 48 horas antes da eclosão, os ovos tornam-se frágeis novamente (Hoitsy et al., 2012).

Durante o primeiro período de fragilidade dos ovos a única prevenção contra a *Saprolegnia* é a utilização de formalina numa concentração de cerca de 0,25 ml/L. O uso de produtos específicos contendo iodo também é viável. Como a *Saprolegnia* se desenvolve em ovos mortos e em decomposição, a partir dos quais se pode espalhar para os saudáveis, é muito importante remover os ovos danificados e mortos assim que puderem ser tocados, independentemente de estarem infetados ou não. Existem opiniões e publicações contraditórias sobre a sensibilidade à luz dos ovos de truta. É certo que a maioria dos ovos de truta expostos à luz solar direta por alguns minutos acabam por morrer. Portanto, a luz difusa ou mesmo a escuridão na sala de incubação é amplamente recomendada (Hoitsy et al., 2012).



Figura 1.8. Incubadora Sandfort (adaptado de Hoitsy et al. 2012)



Figura 1.9. Incubadora Californiana (adaptado de Hoitsy et al. 2012)



Figura 1.10. Incubadora de Tabuleiros Verticais (adaptado de Hoitsy et al. 2012)

## 1.7. Conservação e gestão da truta-de-rio

### 1.7.1. Interações bióticas

Entre as várias interações bióticas existentes nos ecossistemas dulçaquícolas, merece destaque a relação estabelecida entre os peixes e o grupo faunístico dos Mollusca, e em particular dos mexilhões de água-doce (Bivalvia, Unionoidea). Estes bivalves têm um ciclo de vida particularmente complexo e necessitam parasitar, obrigatoriamente, os peixes durante a fase larvar do seu ciclo de vida (**Figura 1.6**). Nalguns casos, como para o mexilhão-de-água-doce *Margaritifera margaritifera* (Linnaeus, 1758) a relação é específica

com os salmonídeos (e.g. *Salmo trutta*, *Salmo salar*), que são os únicos hospedeiros funcionais desta espécie (Young e Williams, 1983, 1984; Bauer, 1987).



**Figura 1.11. Ciclo de vida dos mexilhões-de-água doce (adaptado de Teixeira et al., 2015)**

Nas últimas décadas os moluscos de água doce têm sofrido taxas de extinção ou declínio acentuadas (Strayer et al., 2004) e em particular a espécie *Margaritifera margaritifera* uma das mais ameaçadas em toda a Europa, cujo estatuto de conservação está classificado como Criticamente em Perigo (CR) (IUCN, 2021). Esta espécie habita em simpatria com a truta-de-rio nos rios de montanha, atingindo uma longevidade significativa (cerca de 60 anos). É descrita como sendo uma espécie indicadora de rios de elevada integridade ecológica, onde desempenha funções vitais para o ecossistema, como sejam a capacidade de filtração e depuração da água e a reciclagem de nutrientes (Reis, 2006; Geist, 2010; Lopes-Lima et al., 2017).

Atualmente, em Portugal, as populações de *Margaritifera margaritifera* estão confinadas apenas a sete rios pertencentes às bacias hidrográficas do Douro (rios Tuela, Rabaçal, Mente, Paiva, Beça e Tâmega) e do Noroeste (rio Neiva), dado que nos levantamentos recentes (Teixeira et al., 2021) nos rios Terva e Cávado não foi detetado qualquer exemplar (Figura 1.7). Importa realçar que apenas as populações dos rios Tuela e Rabaçal possuem densidades apreciáveis e um sucesso reprodutor assinalável (Sousa et al., 2015).

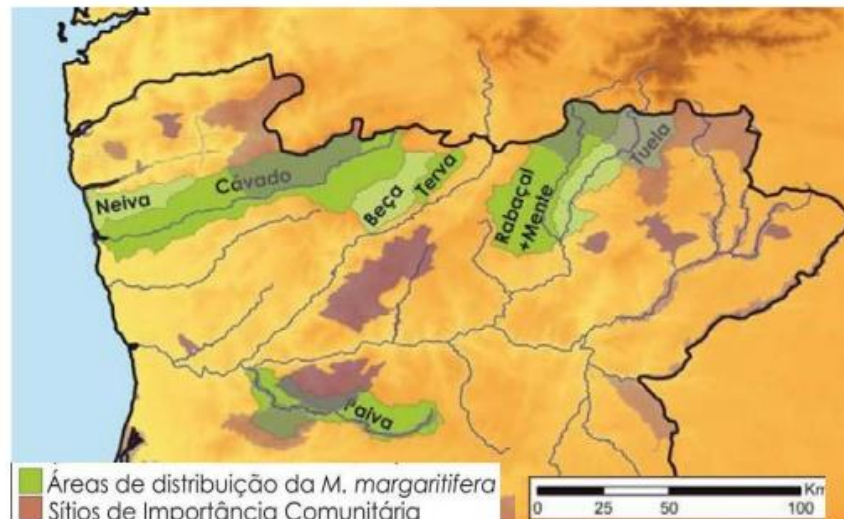


Figura 1.12. Área de distribuição da *M. margaritifera* (adaptado de Teixeira et al., 2019)

### 1.7.2. Ameaças e medidas de conservação

As principais ameaças para a truta-de-rio são a sobrepesca, a introgressão genética das populações selvagens devido a repovoamentos, a introdução de espécies exóticas predadoras, a extração de inertes, a poluição e a alteração das condições hidrológicas dos rios (Doadrio, 2001; Ribeiro et al., 2007). A viabilidade da truta-de-rio só é possível caso se assegure a proteção de áreas de postura e manutenção da qualidade do habitat. Os repovoamentos deverão utilizar apenas indivíduos de origem autóctone (Ribeiro et al., 2007).

A efetiva proteção e recuperação das populações de *Salmo trutta* em Portugal depende da definição de medidas de conservação específicas e também orientadas para o ecossistema, realizadas 1) *in situ*: (i) avaliação contínua da extensão, distribuição detalhada e estado de conservação da espécie; (ii) determinação da qualidade biológica e ecológica dos cursos de água de aptidão salmonícola; (iii) análise da vulnerabilidade às alterações climáticas, controlo de exóticas e outros fatores de regressão; (iv) implementação de melhoria de habitats aquáticos e ribeirinhos; (v) elaboração de medidas adequadas de gestão de populações e ordenamento das massas hídricas e (vi) monitorização de repovoamentos de *S. trutta*; 2) *ex situ*: (i) reprodução em cativeiro de stocks geneticamente diferenciados de *S. trutta* baseados em populações selvagens; (ii) definição de protocolos de criação de truta-de-rio de cativeiro orientada para a sustentação da pesca lúdica e/ou sustentabilidade das populações ameaçadas (Teixeira et al., 2019).

## 1.8. Objetivos e Estrutura da tese de dissertação

A presente tese de dissertação teve como objetivo geral contribuir para a conservação e gestão de stocks de truta-de-rio em Portugal. Os objetivos específicos foram:

- 1) Caracterizar a reprodução *ex-situ*, realizada em duas infraestruturas estatais (Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas), caso dos Postos Aquícolas de Castrelos (Bragança) e do Torno – Marão (Amarante), considerando stocks nativos e domésticos;
- 2) Monitorizar a aclimatação ao cativeiro e a performance de stocks capturados no meio selvagem;

A presente tese de dissertação está organizada em 3 capítulos:

**Capítulo 1. Introdução Geral**, onde é apresentada o estado da arte da truta-de-rio e em particular da bioecologia da espécie.

**Capítulo 2. Reprodução *ex-situ* de stocks selvagens de truta-de-rio (*Salmo trutta*, L.)**, apresentado sob a forma de artigo científico.

**Capítulo 3. Conclusão e considerações finais**, onde são apresentadas, de forma resumida, as principais conclusões e elaboradas considerações relevantes para a conservação e gestão da espécie-alvo, a truta-de-rio.

## 1.9. Referências bibliográficas

- Acornley, R.M. 1999. Water temperatures within spawning beds in two chalk streams and implications for salmonid egg development. *Hydrological Processes* 13: 439–446.
- Alonso, C., Gortázar, J., García de Jalón, D. (2017). Trucha común – *Salmo trutta*. En: *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. Sanz, J. J., Elvira, B. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. <http://www.vertebradosibericos.org>
- Anonymous. 1994. Report of the study group on anadromous trout. ICES CM 1994/M4: 1–80.
- Antunes A., Alexandrino P., & Ferrand N. 1999. Genetic characterization of Portuguese brown trout (*Salmo trutta* L.) and comparison with other European populations. *Ecology of Freshwater Fish* 8: 194-200.

- Antunes A., Faria R., Weiss S. & Alexandrino P. 2001. Complex evolutionary history in the brown trout: Insight on the recognition of conservation units. *Conservation Genetics* 2: 337-347.
- Bauer G., Vogel C. (1987). The parasitic stage of the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera* L.). I. Host response to glochidiosis. *Hydrobiologia* 76: 393-402.
- Behnke, R.J. 1986. Brown trout. *Trout* 27: 42–47.
- Berg, O.K. & Berg, M. 1987. Migrations of sea trout, *Salmo trutta* L., from the Vardnes River in Northern Norway. *Journal of Fish Biology* 31: 113–121.
- Berg, O.K. & Jonsson, B. 1990. Growth and survival rates of the anadromous trout, *Salmo trutta* from the Vardnes River northern Norway. *Environmental Biology of Fishes* 29: 145–154.
- Berg, O.K., Thronæs, E. & Bremset, G. 2000. Seasonal cycle of body composition and energy of brown trout (*Salmo trutta*) in a temperate zone lake. *Ecology of Freshwater Fish* 9: 163–169.
- Brabrand, A., Koestler, A.G. & Borgstrøm, R. 2002. Lake spawning of brown trout related to groundwater influx. *Journal of Fish Biology* 60: 751–763.
- Bremset, G. 2000. Seasonal and diel changes in behaviour, microhabitat use and preferences by young pool-dwelling Atlantic salmon, *Salmo salar*, and brown trout, *Salmo trutta*. *Environmental Biology of Fishes* 59: 163–179.
- Bridcut, E.E. & Giller, P.S. 1995. Diet variability and foraging strategies in brown trout (*Salmo trutta*): an analysis from subpopulations to individuals. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 52: 2543–2552.
- Bunnell, D.B., Isley, J.J., Burrell, K.H. & VanLear, D.H. 1998. Diel movement of brown trout in a southern Appalachian river. *Transactions of the American Fisheries Society* 127: 630–636.
- Campbell, J.S. 1977. Spawning characteristics of brown trout and sea trout *Salmo trutta* L. in Kirk Burn, River Tweed, Scotland. *Journal of Fish Biology* 11: 217–229.
- Collares-Pereira M.J. (coord.), Alves M.J., Ribeiro F., Domingos I., Almeida P.R., da Costa L., Gante H., Filipe A.F., Aboim M.A., Rodrigues P.M. e Magalhães M.F. (2021). *Guia dos Peixes de Água Doce e Migradores de Portugal Continental*. Edições Afrontamento. Porto, 292 pp
- Cortes R.M.V., Teixeira A. & Pereira C. 1998. Repovoamento e transferência de trutas para recuperação de rios salmonídeos: Soluções ou ameaças? *Silva Lusitana* 6: 1-17.
- Crisp, D.T. 1988. Prediction from temperature of eyeing, hatching and 'swim up' times for salmonid embryos. *Freshwater Biology* 19: 41–48.
- Crisp, D.T. 1993. Population-densities of juvenile trout (*Salmo trutta*) in five upland streams and their effects upon growth, survival and dispersal. *Journal of Applied Ecology* 30: 759–771.
- Dellefors, C. & Faremo, U. 1988. Early sexual maturation in males of wild sea trout, *Salmo trutta* L., inhibits smoltification. *Journal of Fish Biology* 33: 741–749.

- Dieperink, C., Pedersen, S. & Pedersen, M.I. 2001. Estuarine predation on radiotagged wild domesticated sea trout (*Salmo trutta* L.) smolts. *Ecology of Freshwater Fish* 10: 177–183.
- Doadrio, I. (ed.) 2001. *Atlas y Libro Rojo de los Peces Continentales de España*. Madrid. 375pp.
- Einum, S. & Fleming, I.A. 1999. Maternal effects of egg size in brown trout (*Salmo trutta*): norms of reaction to environmental quality. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B266*: 2095–2100.
- Elliott, J.M. & Hurley, M.A. 1998a. An individual-based model for predicting the emergence period of sea-trout fry in a Lake District stream. *Journal of Fish Biology* 53: 414–433.
- Elliott, J.M. 1984. Numerical changes and population regulation in young migratory trout *Salmo trutta* in a Lake District stream, 1966–83. *Journal of Animal Ecology* 53: 327–350.
- Elliott, J.M. 1994. *Quantitative Ecology and the Brown Trout*. Oxford: Oxford University Press. xi + 286 pp.
- Elliott, J.M. 1995. Fecundity and egg density in the redd for sea trout. *Journal of Fish Biology* 47: 8893–8901.
- Elliott, J.M. 1997. Stomach contents of adult sea trout caught in six English rivers. *Journal of Fish Biology* 50: 1129–1132.
- Elso, J.I. & Greenberg, L.A. 2001. Habitat use, movements and survival of individual 0+ brown trout (*Salmo trutta*) during winter. *Archiv für Hydrobiologie* 152: 279–295.
- Euzenat, G. 1999. Sea trout (*Salmo trutta* L.) in Normandy and Picardy. In: Baglinière, J.L. & Maisse, G., eds. *Biology and ecology of the brown trout and sea trout*. Berlin: Springer-Praxis Series in Aquaculture and Fisheries, pp. 175–203.
- Fahy, E. 1983. Food and gut parasite burden of migratory trout *Salmo trutta* L. in the sea. *Irish Naturalists' Journal* 21: 11–18.
- Fleming, I.A. 1996. Reproductive strategies of Atlantic salmon: ecology and evolution. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 6: 379–416.
- Garcia-Vazquez, E., Moran, P., Martinez, J.L., Perez, J., de Gaudemar, B. & Beall, E. 2001. Alternative mating strategies in Atlantic salmon and brown trout. *Journal of Heredity* 92: 146–149.
- Geist J. (2010). Strategies for the conservation of endangered freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera* L.): a synthesis of Conservation Genetics and Ecology. *Hydrobiologia* 644: 69-88.
- Gorman, G.C. & Nielson, L.A. 1982. Piscivory by stocked brown trout (*Salmo trutta*) and its impact on the nongame fish community of Bottom Creek, Virginia. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 39: 862–869.
- Gowan, C., Young, M.K., Fausch, K.D. & Riley, S.C. 1994. Restricted movement in resident stream salmonids: a paradigm lost. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 51: 2626–2637.

- Greenberg, L., Steinwall, T. & Persson, H. 2001. Effect of depth and substrate on use of stream pools by brown trout. *Transactions of the American Fisheries Society* 130: 699–705.
- Grey, J. 2001. Ontogeny and dietary specialization in brown trout (*Salmo trutta* L.) from Loch Ness, Scotland, examined using stable isotopes of carbon and nitrogen. *Ecology of Freshwater Fish* 10: 168–176.
- Grønvik, S. & Klemetsen, A. 1987. Marine food and diet overlap of co-occurring Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.), brown trout *Salmo trutta* L. and Atlantic salmon *S. salar* L. off Senja, N Norway. *Polar Biology* 7: 173–177.
- Haraldstad, Ø. & Jonsson, B. 1983. Age and sex segregation in habitat utilization by brown trout in a Norwegian lake. *Transactions of American Fisheries Society* 112: 27–37.
- Haraldstad, Ø., Jonsson, B., Sandlund, O.T. & Schei, T.A. 1987. Lake effect on stream living brown trout (*Salmo trutta*). *Archivium für Hydrobiologie* 109: 39–48.
- Haury, J., Ombredane, D. & Baglinie`re, J.L. 1999. The habitat of the brown trout (*Salmo trutta* L.) in water courses. In: Baglinie`re, J.L. & Maisse, G., eds. *Biology and ecology of the brown trout and sea trout*. Berlin: Springer-Praxis Series in Aquaculture and Fisheries, pp. 37–89.
- Heland, M. 1999. Social organization and territoriality in brown trout juveniles during oontogeny. In: Baglinie`re, J.L. & Maisse, G., eds. *Biology and ecology of the brown trout and sea trout*. Berlin: Springer-Praxis Series in Aquaculture and Fisheries, pp. 115–143.
- Heggenes, J. & Dokk, J.G. 2001. Contrasting temperatures, waterflows, and light: Seasonal habitat selection by young Atlantic salmon and brown trout in a boreonemoral river. *Regulated Rivers: Research and Management* 17: 623–635.
- Heggenes, J. 2002. Flexible summer habitat selection by wild, allopatric brown trout in lotic environments. *Transactions of the American Fisheries Society* 131: 287–298.
- Heggenes, J., Baglinière, J.L. & Cunjak, R.A. 1999. Spatial niche variability for young Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*S. trutta*) in heterogeneous streams. *Ecology of Freshwater Fish* 8: 1–21.
- Heggenes, J., Saltveit, S.J., Bird, D. & Grew, R. 2002. Static habitat partitioning and dynamic selection by sympatric young Atlantic salmon and brown trout in south-west England streams. *Journal of Fish Biology* 60: 72–86.
- Hoitsy G, Woynarovich A. & Moth-Poulsen T. 2012. Guide to the small scale artificial propagation of trout. FAO.
- Hutchings, J.A. 1991. Fitness consequences of variation in egg size and food abundance in brook trout *Salvelinus fontinalis*. *Evolution* 45: 1162–1168.
- IUCN (2021). The IUCN Red List of Threatened Species. Version (2021).
- Jenkins, T.M. 1969. Social structure, position choice and microdistribution of two trout species (*Salmo trutta* and *Salmo gairdneri*) resident in mountain streams. *Animal Behaviour Monographs* 3: 57–123.

- Jensen, K.W. 1968. Sea trout (*Salmo trutta* L.) of the River Istra, western Norway. Report of the Institute of Freshwater Research, Drottningholm 48: 187–213.
- Johnsson, J.I. & Forser, A. 2002. Residence duration influences the outcome of territorial conflicts in brown trout (*Salmo trutta*). *Behavioral Ecology Sociobiology* 51: 282–286.
- Jones, J.W. & Ball, J.N. 1954. The spawning behaviour of brown trout and salmon. *British Journal of Animal Behaviour* 2: 103–114.
- Jonsson, B. & Gravem, F.R. 1985. Use of space and food by resident and migrant brown trout, *Salmo trutta*. *Environmental Biology of Fishes* 14: 281–293.
- Jonsson, B. & L'Abée-Lund, J.H. 1993. Latitudinal clines in life-history variables of anadromous brown trout in Europe. *Journal of Fish Biology* 43 (Suppl A): 1–16.
- Jonsson, B. 1977. Demographic strategy in a brown trout population in Western Norway. *Zoologica Scripta* 6: 255–263.
- Jonsson, B. 1985. Life history pattern of freshwater resident and sea-run migrant brown trout in Norway. *Transactions of the American Fisheries Society* 114: 182–194.
- Jonsson, B. 1989. Life history and habitat use of Norwegian brown trout (*Salmo trutta*). *Freshwater Biology* 21: 71–86.
- Jonsson, B., Jonsson, N., Brodtkorb, E. & Ingebrigtsen, P.-J. 2001. Life-history traits of brown trout vary with the size of small streams. *Functional Ecology* 15: 310–317.
- Jonsson, B., L'Abée-Lund, J.H., Heggberget, T.G., Jensen, A.J., Johnsen, B.O., Næsje, T.F. & Sættem, L.M. 1991c. Longevity, body size and growth in anadromous brown trout. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 48: 1838–1845.
- Jonsson, N. & Jonsson, B. 1997. Energy allocation in polymorphic brown trout. *Functional Ecology* 11: 310–317.
- Jonsson, N. & Jonsson, B. 1998. Body composition and energy allocation in life-history stages of brown trout. *Journal of Fish Biology* 53: 1306–1316.
- Jonsson, N. & Jonsson, B. 1999. Trade-off between egg mass and egg number in brown trout. *Journal of Fish Biology* 55: 767–783.
- Jonsson, N. & Jonsson, B. 2002. Migration of anadromous brown trout in a Norwegian river. *Freshwater Biology* 47: 1–11.
- Jonsson, N., Jonsson, B. & Hansen, L.P. 1995. Brown trout *Salmo trutta* released to support recreational fishing in a Norwegian fjord. *Journal of Fish Biology* 46: 70–84.
- Jonsson, N., Næsje, T.F., Jonsson, B., Saksgard, R. & Sandlund, O.T. 1999. The influence of piscivory on life history traits of brown trout. *Journal of Fish Biology* 55: 1129–1141.
- Jutila, E., Ahvonen, A. & Julkunen, M. 2001. Instream and catchment characteristics affecting the occurrence and population density of brown trout

- (*Salmo trutta* L.) in forest brooks of a boreal basin. *Fisheries Management and Ecology* 8: 501–511.
- Kalleberg, H. 1958. Observations in a stream tank of territoriality and competition in juvenile salmon and trout (*Salmo salar* L. & *S. trutta* L.). Report of Institute of Freshwater Research, Drottningholm 39: 55–98.
- Keeley, E.R. & Grant, J.W.A. 2001. Prey size of salmonid fishes in streams, lakes and oceans. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 58: 1122–1132.
- Klemetsen, A. 1967. On the feeding habits of the population of brown trout (*Salmo trutta* L.) in Jølstervann, west Norway. *Nytt Magasin for Zoologi* 15: 50–67.
- Klemetsen, P.-A. Amundsen, J. B. Dempson, B. Jonsson, N. Jonsson, M. F. O'Connell, E. Mortensen. 2003. Atlantic salmon *Salmo salar* L., brown trout *Salmo trutta* L. and Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.): a review of aspects of their life histories.
- Knutsen, J.A., Knutsen, H., Gjøsæter, J. & Jonsson, B. 2001. Food of anadromous brown trout at sea. *Journal of Fish Biology* 59: 533–543.
- Kottelat M., Freyhof J. (2007). Handbook of European freshwater fishes. Kottelat, Cornol, Switzerland and Freyhof, Berlin, Germany.
- L'Abée-Lund, J.H., Jensen, A.J. & Johnsen, B.O. 1990. Interpopulation variation in male parr maturation of anadromous brown trout (*Salmo trutta*) in Norway. *Canadian Journal of Zoology* 68: 1983–1987.
- L'Abée-Lund, J.H., Langeland, A. & Sægrov, H. 1992. Piscivory by brown trout *Salmo trutta* L. and Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.) in Norwegian lakes. *Journal of Fish Biology* 41: 91–101.
- Lahti, K., Laurila, A., Enberg, K. & Piironen, J. 2001. Variation in aggressive behaviour and growth rate between populations and migratory forms in the brown trout, *Salmo trutta*. *Animal Behaviour* 62: 935–944.
- Landergren, P. 2001. Sea trout *Salmo trutta* L., in small streams on Gotland; the coastal zone as a growth habitat for parr. PhD Thesis. Stockholm, Sweden: Stockholm University. 6 papers + 39 pp.
- Langeland, A., L'Abée-Lund, J.H., Jonsson, B. & Jonsson, N. 1991. Resource partitioning and niche shift in Arctic charr *Salvelinus alpinus* and brown trout *Salmo trutta*. *Journal of Animal Ecology* 60: 895–912.
- Largiander, C.R., Estoup, A., Lecerf, F., Champigneulle, A. & Guyomard, R. 2001. Microsatellite analysis of polyandry and spawning site competition in brown trout (*Salmo trutta* L.). *Genetics Selection Evolution* 33 (Suppl 1): 205–222.
- Limburg, K.E., Landergren, P., Westin, L., Elfman, M. & Kristiansson, P. 2001. Flexible modes of anadromy in Baltic sea trout: making the most of marginal spawning streams. *Journal of Fish Biology* 57: 682–695.
- Lobón-Cerviá, J., Utrilla, C.G., Rincón, C.G. & Amezcua, F. 1997. Environmentally induced spatio-temporal variations in the fecundity of brown trout *Salmo trutta* L. trade-offs between egg size and number. *Freshwater Biology* 38: 277–288.

- Lopes-Lima M., Sousa R., Geist J., Aldridge D.C., Araujo R., Bergengren J., Bernal Y., Bódis E., Burlakova L., Van Damme D., Douda K., Froufe E., Georgiev D., Gumpinger C., Karatayev A., Kebapci U., Killeen I., Lajtner J., Larsen B., Lauceri R., Legakis A., Lois S., Lundberg S., Moorkens E., Motte G., Nagel K.-O., Ondina P., Outeiro A., Paunovic M., Prié V., von Proschwitz T., Riccardi N., Rudzīte M., Rudzītis M., Scheder C., Seddon M., Şereflişan H., Simic V., Sokolova S., Stoeckl K., Taskinen J., Teixeira A., Thielen F., Trichkova T., Varandas S., Vicentini H., Zajac K., Zajac T. & Zogaris S. (2017). Conservation status of freshwater mussels in Europe: state of the art and future challenges. *Biological Reviews* 92, 572-607.
- Lyse, A.A., Stefanson, S.O. & Fernø, A. 1998. Behaviour and diet of sea trout post-smolts in a Norwegian fjord system. *Journal of Fish Biology* 52: 923–936.
- Muhlfeld C.C., Dauwalter D.C., D'Angelo V.S., Ferguson A., Giersch J., Impson D., Koizumi I., Kovach R., McGinnity Ph., Schoffmann J., Vollestad L.A., Epifaquio J. (2019). Global Status of Trout and Char: Conservation Challenges in the Twenty-First Century. In *Trout and Char of the World*. Kershner J.L., Williams J.E., Gresswell R.E., and Lobón-Cerviá J. (eds). American Fisheries Society, Bethesda, Maryland. 831pp.
- Næsje, T.F. & Jonsson, B. 1988. Impacted stress: a causal agent of reduced whitefish egg incubation time. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 45: 27–31.
- Næsje, T.F., Sandlund, O.T. & Saksgaard, R. 1998. Selective predation by brown trout (*Salmo trutta*) on polymorphic whitefish (*Coregonus lavaretus* L.). *Special Issues of Advances in Limnology* 50: 283–294.
- Neveu, A. 1999. Feeding strategy of the brown trout (*Salmo trutta* L.) in running water. In: Baglinière, J.L. & Maisse, G., eds. *Biology and Ecology of the brown trout and sea trout*. Berlin: Springer-Praxis Series in Aquaculture and Fisheries, pp. 91–113.
- Nordwall, F., Näslund, I. & Degerman, E. 2001. Intercohort competition effects on survival, movement, and growth of brown trout (*Salmo trutta*) in Swedish streams. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 58: 298–2308.
- Olsen, E.M. & Vollestad, L.A. 2001. Within-stream variation in early life-history traits in brown trout. *Journal of Fish Biology* 59: 1579–1588.
- Ovidio, M. 1999. Annual activity cycle of adult brown trout (*Salmo trutta* L.): a radio-telemetry study in a small stream of the Belgian Ardenne. *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture* 352: 1–18.
- Pakkasmaa, S. & Piironen, J. 2001. Morphological differentiation among local trout (*Salmo trutta*) populations. *Biological Journal of the Linnean Society* 72: 231–239.
- Pemberton, R. 1976a. Sea trout in North Agryll sea lochs. Part 2. Diet. *Journal of Fish Biology* 9: 195–208.
- Reis J. 2006. Atlas dos bivalves de água doce em Portugal continental. Instituto da Conservação da Natureza. Lisboa.

- Ribeiro, F., Beldade, R., Dix M. & Bochechas, J. 2007 Carta Piscícola Nacional Direcção Geral dos Recursos Florestais-Fluviatilis, Lda. Publicação Eletrónica (versão 01/2007).
- Rincón, P.A. & Lobón-Cerviá, J. 1993. Microhabitat use by stream-resident brown trout: bioenergetics consequences. *Transactions of the American Fisheries Society* 122: 575– 587.
- Rincón, P.A. & Lobón-Cerviá, J. 1999. Prey-size selection by brown trout (*Salmo trutta* L.) in a stream in northern Spain. *Canadian Journal of Zoology* 77: 755–765.
- Rincón, P.A. & Lobón-Cerviá, J. 2002. Nonlinear selfthinning in a stream-resident population of brown trout (*Salmo trutta*). *Ecology* 83: 1808–1816.
- Rodriguez, M.A. 2002. Restricted movement in stream fish: the paradigm is incomplete, not lost. *Ecology* 83: 1–13.
- Roussel, J.M. & Bardonnnet, A. 1999. Ontogeny of diel pattern of stream-margin habitat use by emerging brown trout, *Salmo trutta*, in experimental channels: influence of food and predator presence. *Environmental Biology of Fishes* 56: 253–262.
- Santos N.P., Fontainhas-Fernandes A.A., Faria R., Torres Castro L.F., Anjos M.R., Cortes R.M.V. & Alexandrino P. 2006. Genetic evidence for limited introgression between wild and stocked individuals in Portuguese brown trout, *Salmo trutta* populations. *Folia Zoologica* 55(4): 1-13.
- Schei, T.A. & Jonsson, B. 1989. Habitat use of lake-feeding, allopatric brown trout in Lake Oppheimsvatnet, Norway. In: Brannon, E. & Jonsson, B., eds. *Proceedings of the salmonid migration and distribution symposium*. Seattle: University of Washington, pp. 156–168.
- Scott, D. & Irvine, J.R. 2000. Competitive exclusion of brown trout *Salmo trutta* L., by rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* Walbaum, in lake tributaries, New Zealand. *Fisheries Management and Ecology* 7: 225–237.
- Sneider, B. 2000. Spawning microhabitat selection by brown trout in the Linthkanal, a mid-sized river. *Journal of Freshwater Ecology* 15: 181–187.
- Sousa R., Amorim A., Froufe E., Varandas S., Teixeira A., & Lopes-Lima M. 2015. Conservation status of the Freshwater Pearl Mussel *Margaritifera margaritifera* in Portugal. *Limnologia* 50: 4-10.
- Steingrimsson, S.O. & Gislason, G.M. 2002. Body size, diet and growth of landlocked brown trout, *Salmo trutta*, in the subarctic River Laxa, north-east Iceland. *Environmental Biology of Fishes* 63: 417–426.
- Strayer DL, Downing JA, Haag WR, King TL, Layzer JB, Newton TJ, Nichols SJ. 2004. Changing perspectives on pearly mussels, North America's most imperiled animals. *BioScience* 54: 429-439.
- Svärdson, G. & Fagerström, A. 1982. Adaptive difference in the long-distance migration of some trout (*Salmo trutta* L.) stocks. Report of the Institute of Freshwater Research, Drottningholm 60: 51–80.
- Teixeira A. & Cortes R.M.V. 2006. Diet of Stocked and Native Trout, *Salmo trutta*: Is There Competition for Resources? *Folia Zoologica* 55 (1): 61-73.

- Teixeira A. & Cortes R.M.V. 2007. Pit Telemetry as a Method to Study the Habitat Requirements of Fish Populations. Application to Native and Stocked Trout Movements. *Hydrobiologia* 582:171-185. (DOI 10.1007/s10750-006-0551-z).
- Teixeira A. 2015. SOS (Save Our Species) Peixes e Bivalves Ameaçados do Nordeste de Portugal. Programa Operacional Regional do Norte ON2. Eixo Prioritário III. Gestão Ativa de Espaços Protegidos e Classificados (GAEPC 1/1/2014). Processo nº NORTE-09-0230-FEDER-00127. Relatório Final. Bragança.
- Teixeira A. et al. 2019. Conservação e Gestão orientadas para o Mexilhão-do-Rio (*Margaritifera margaritifera*). Operação POSEUR-03-2215-FC-000096). Relatório Inicial.
- Teixeira A., Cortes R.M.V. & Oliveira D. 2006. Habitat Use by Native and Stocked Trout (*Salmo trutta* L.) In Two Northeast Streams, Portugal. *Bulletin Française de la Pêche et la Pisciculture* 382: 1-18.
- Went, A.E.J. 1962. Irish sea trout, a review of investigations to date. *Scientific Progresses of the Royal Society of Dublin* 1: 265–296.
- Wootton, R.J. 1998. *Ecology of Teleost Fishes*, 2nd edn. London: Kluwer.
- Young MR, Williams JC. (1984). The reproductive biology of the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* (Linn.) in Scotland. I. Field studies. *Hydrobiologia* 99: 405- 422. Young M.R, Williams JC. (1983). The status and conservation of the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* Linn. in Great Britain. *Biological Conservation* 25: 35-52.
- Young, M.K. 1999. Summer diel activity and movement of adult brown trout in high-elevation streams in Wyoming, USA. *Journal of Fish Biology* 54: 181–189.

## **CAPÍTULO 2. Reprodução *ex-situ* de stocks selvagens e domésticos de truta-de-rio (*Salmo trutta* L.)**

### **Resumo**

Os rios de aptidão salmonícola de Portugal possuem uma baixa produtividade piscícola, muito ameaçada pela poluição da água, a fragmentação e degradação de habitats, a introdução de espécies exóticas, a sobrepesca e as alterações climáticas. A sustentabilidade ecológica e o fomento de serviços ecossistémicos associado à pesca lúdica e desportiva justifica a criação de pools génicos de populações ameaçadas. Neste âmbito, o presente estudo contribuiu para a conservação *ex situ* de stocks selvagens de truta-de-rio, geneticamente diferenciados. Foram capturados mais de 1000 exemplares selvagens de vários rios/bacias hidrográficas e feita a aclimação ao cativeiro em Postos Aquícolas estatais, com recurso a condições inovadoras em termos de habitat e alimentação. Nas características da reprodução *ex situ* foram investigadas as variáveis da época de desova, a fecundidade total e relativa, a dimensão do ovo e o índice gonadosomático. Foi usado um total de 118 fêmeas, 44 das quais domésticas, retirados os ovos para tabuleiros separados e fertilizados com sémen de vários machos. A desova iniciou-se em meados de dezembro e terminou no final de janeiro. Foram relacionadas as variáveis do tamanho (Lt) e peso (Wt) com diferentes características reprodutivas (peso médio dos ovos, peso total dos ovos, fecundidade total e fecundidade relativa e índice gonadosomático (GSI) dos stocks reprodutores domésticos (Dom1 e Dom2) e selvagens (Paiva, Beça Olo, Baceiro) de *S. trutta*. Na análise comparativa entre stocks de reprodutores foram encontradas diferenças altamente significativas (Teste Kruskal-Wallis, KW-H (5, 118);  $P < 0,001$ ) para todas as variáveis biométricas e os *traits* reprodutivos usados. O tempo de residência e aclimação ao cativeiro, caso dos stocks domésticos (> 5 anos) e stocks selvagens recentemente adaptados (< 3 anos), contribuiu decisivamente para as diferenças encontradas. Os resultados obtidos permitem enquadrar os parâmetros reprodutivos da truta-de-rio em cativeiro noutros observados em diferentes países.

**Palavras-chave:** aclimação, cativeiro, truta-de-rio, reprodução, conservação

## 2.1. INTRODUÇÃO

A truta-de-rio (*Salmo trutta* L.) é uma espécie nativa com valor elevado na Península Ibérica, quer em termos de conservação, acrescido pela relação única estabelecida com o mexilhão-de-rio (*M. margaritifera* L.), espécie criticamente em Perigo (CR) na Europa (IUCN, 2022), quer em termos sociais e económicos, como por exemplo pelas mais valias associadas à pesca lúdica e desportiva nos rios de aptidão salmonícola (Almodóvar & Nicola, 2004; Teixeira & Cortes, 2007; Martinho 2008). Contudo, os rios de montanha da Ibéria possuem, por norma, uma baixa produtividade piscícola, estando em muitos casos sujeitos a uma grande pressão de pesca (Sanchez-Hernandez & Cobo, 2012). Tal facto tem merecido, por parte dos gestores, o recurso à injeção continuada de trutas criadas em cativeiro, seja através de largadas (tamanho  $\geq 20$  cm), orientadas para uma estratégia de *put and take*, seja através do repovoamento com peixes de menor tamanho, com o intuito de contribuir para a sustentabilidade das populações selvagens.

Neste enquadramento, o recurso à reprodução *ex situ* das populações de *Salmo trutta* em Portugal afigura-se essencial para suportar e dinamizar a pesca lúdica e desportiva, nomeadamente em regiões do interior, capaz de potenciar o território, seja pelos serviços ecossistémicos associados, seja pela atratividade e riqueza geradas. No entanto, à luz do conhecimento existente (Teixeira et al., 2021) e da subsequente legislação produzida sobre esta matéria (vide Decreto-Lei nº 112/2017, artigos nº 27 e 28) a reprodução *ex situ* da truta-de-rio deve ter em conta a diversidade e estrutura genética das populações selvagens, de modo que, sempre que acontecer um repovoamento/largada numa massa hídrica, deva ser com material geneticamente idêntico às populações selvagens. Neste âmbito, estudos realizados recentemente (Barros et al., 2021) permitiram fazer a caracterização de 30 populações selvagens do Norte e Centro de Portugal (com exceção das bacias dos rios Mondego e Tejo). Este estudo permitiu fazer a análise dos padrões genéticos da truta-de-rio nas bacias hidrográficas do Noroeste (Minho, Lima, Ave, Cávado e Neiva) Douro e Vouga, e ainda a deteção da estrutura e introgressão genética, assim como a análise da influência de variáveis ambientais no fluxo genético da espécie. A distribuição dos grupos genéticos identificados pode ser visualizada na **Figura 2.1**.

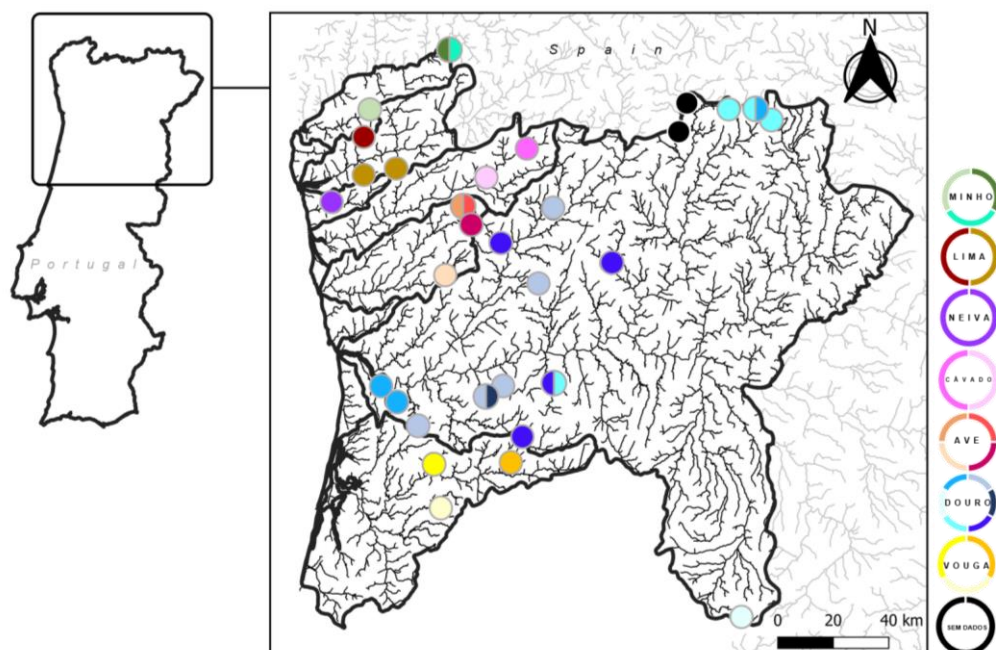


Figura 2.1. Distribuição dos grupos genéticos dos stocks selvagens de *S. trutta* identificados nas diferentes bacias hidrográficas

Tendo em conta a disponibilidade de tanques nos Postos Aquícolas do ICNF para albergar os diferentes stocks de truta-de-rio e a necessidade de maximizar a diversidade genética da espécie e englobar cursos de água com presença de mexilhão-de-rio (*M. margaritifera*) foram estrategicamente selecionados os stocks constantes da **Tabela 2.1** (Teixeira et al., 2021).

Tabela 2.1. Seleção de stocks selvagens de truta-de-rio para criação em cativeiro

Posto Aquícola de Castrelos		Posto Aquícola do Torno	
Stock 1	Baceiro, Sabor (Douro 1)	Stock 1	Paiva, Ouro, Tinhela (Douro 2)
Stock 2	Cávado (Cávado/Ave)	Stock 2	Olo, Beça, Arda (Douro 3)
Stock 3	Trovela, Vez (Lima)	Stock 3	Côa (Douro 4)
Stock 4	Neiva (Neiva)	Stock 4	Mouro, Sucrasto (Minho)

### 2.1.1. Objetivos

O objetivo geral deste capítulo foi contribuir para a conservação e gestão de populações de truta-de-rio em Portugal, sendo os objetivos mais específicos:

- Desenvolver metodologias de aclimação de stocks selvagens de reprodutores ao cativeiro e criação de stocks diferenciados de alevins;
- Realizar a reprodução em cativeiro de stocks selvagens de truta-de-rio.

## 2.2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.2.1. Caracterização das infraestruturas - Postos Aquícolas do ICNF

Para a aclimação dos stocks selvagens de truta-de-rio ao cativeiro foram usadas as seguintes infraestruturas:

- 1) **Posto Aquícola de Castrelos (Bragança):** a) Tanques de cimento reabilitados no âmbito do projeto POSEUR (dimensões 5,5 x 25,0 m), b) Tanques da zona de maternidade (dimensões 1,0 x 10,0 m) e c) Tanques de terra, nomeadamente para trutas de maiores dimensões (i.e., > 25,0 cm, e > 3+) (**Figura 2.2**);



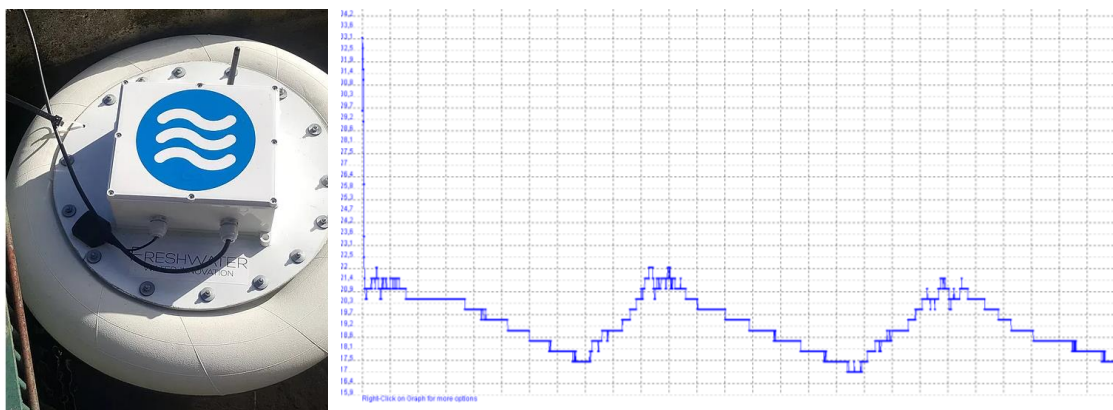
**Figura 2.2. Posto Aquícola de Castrelos (Bragança):** Tanques da maternidade, Tanques reabilitados e tanques de terra, disponibilizados pelo ICNF para a reprodução *ex situ*.

- 2) **Posto Aquícola do Torno (Marão - Amarante):** a) Tanques de cimento (12,0 x 10,0 m) e b) Tanques retangulares (dimensões 10,0 x 1,2 m) (**Figura 2.3**).



**Figura 2.3. Posto Aquícola do Torno (Amarante): Tanques de cimento retangulares e Tanques de reprodutores disponibilizados pelo ICNF para a reprodução *ex situ*.**

A monitorização a qualidade da água dos tanques foi assegurada através duma estação automática (SmallRiver, Freshwater Lda ©) que funcionou 24h por dia, com recurso a sensores físico-químicos para os seguintes parâmetros: Oxigénio dissolvido, pH, Condutividade, Temperatura, Potencial redox e sólidos dissolvidos totais (**Figura 2.4**).



**Figura 2.4. Monitorização da qualidade da água com estação automática SmallRiver (Esquerda: sonda multiparamétrica; Direita: exemplo de dados da temperatura).**

## 2.2.2. Captura de stocks selvagens de reprodutores de *S. trutta*

A captura dos stocks selvagens de truta-de-rio foi efetuada através de pesca elétrica (Hans Grassl™ ELT60II-GI; 300-600V, DC, 2200W) nos rios selecionados. Foram obtidas amostras para a genética e dados biométricos: 1) comprimento total (ictiómetro, precisão de 0,1 cm) e 2) biomassa (balança digital, precisão 0,1 g) e posteriormente transportados para os Postos Aquícolas de Castrelos e do Torno (**Figura 2.5**).



**Figura 2.5. Captura e obtenção de amostras para a genética, dados biométricos e transporte de stocks selvagens de *S. trutta*.**

A seleção dos 8 stocks de truta-de-rio selvagem dos rios de aptidão salmonícola de Portugal foi feita com base na informação referente à diversidade e estrutura genética, obtida no âmbito do Projeto POSEUR e englobou não só a conservação da *M. margaritifera* mas também o interesse para a pesca em águas interiores. Foram capturados pelo menos 100 exemplares de truta-de-rio por rio selecionado, de várias dimensões, com o intuito de avaliar a melhor adaptação às condições de cativeiro. Uma fração dos peixes selvagens capturados foi marcada com PIT-Tags (OREGON RFDI ©), permitindo a sua identificação e monitorização individual (**Figura 2.6**).



**Figura 2.6. Posto Aquícola de Castrelos (Bragança): Biometria e Marcação com PIT Tags (Oregon RFDI ©) de *S. trutta* provenientes de stocks selvagens do rio Baceiro.**

### **2.2.3. Metodologias de aclimação e criação dos stocks de reprodutores**

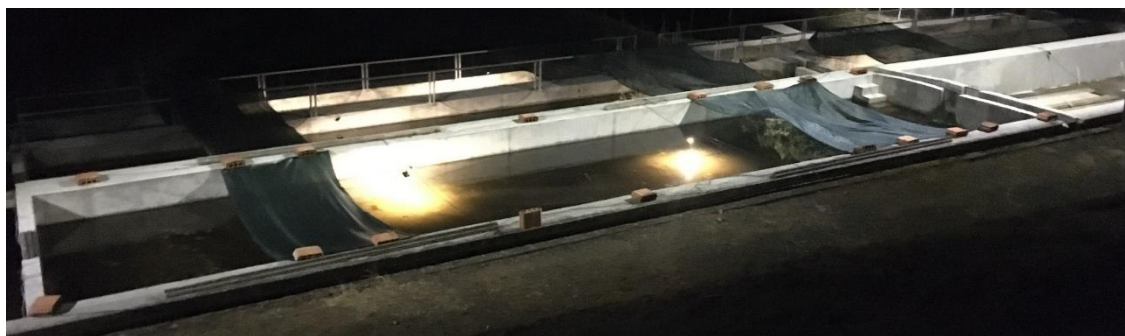
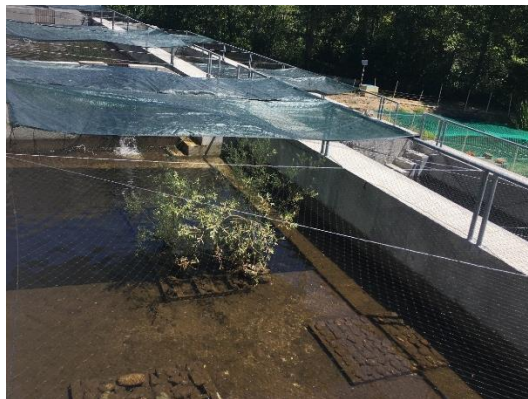
Para aclimação e criação dos stocks de reprodutores foram utilizadas as infraestruturas disponibilizadas pelo ICNF para desenvolvimento de várias experiências, com separação dos stocks de diferentes proveniências e o recurso a diferentes densidades, classes de tamanho/idade e modos de alimentação.

### 2.2.3.1. Preparação prévia dos tanques – criação de habitats naturalizados

Os tanques foram previamente naturalizados com aproximação aos habitats naturais, de modo a mimetizar o meio selvagem, salvaguardando o bem-estar animal numa fase inicial de adaptação a um espaço confinado. Em detalhe, a preparação dos tanques de cimento contemplou numa 1ª fase (**Figura 2.7**):

- 1) Criação de zonas com substrato diversificado do rio, através de colocação plantas aquáticas e zonas de areias alternando com cascalhos, pedras e blocos, capazes de manter uma comunidade de macroinvertebrados, base da alimentação natural da truta-de-rio;
- 2) Incorporação de vasos com vegetação ripícola típica dos rios da região (salgueiros e freixos);
- 3) Disponibilização de refúgios aquáticos, através da colocação de caixas/paletes de madeira (tipo lunkers) cobertas com pedras do rio;
- 4) Colocação de bandas de tela/rede de ensombramento para fomento do isolamento visual;
- 5) Construção de ilhas flutuantes “*wetlands*” de plantas, de modo a garantir refúgio, mas também melhoria da qualidade da água;
- 6) Adição de zonas com feixes de luz LED, ativas no período crepuscular e noturno, de modo a atrair insetos adultos (alados) para a proximidade da superfície da água;
- 7) Aplicação de redes de malha de nylon (5x5 cm) de modo a inviabilizar a predação natural (aves – garça, corvos-marinhos e mamíferos - lontra);
- 8) Colocação de redes nas entradas dos tanques, de modo a evitar a fuga de peixes e a possibilidade de poderem circular para tanques com outras proveniências.

Numa 2ª fase foram retiradas algumas estruturas, nomeadamente os lunkers e outros refúgios situados no fundo dos tanques, para promover uma adaptação mais eficaz à alimentação artificial, abdicando do fornecimento suplementar de invertebrados e pequenos peixes capturados no rio.



**Figura 2.7. Preparação dos tanques de cimento alvo de reabilitação (P. A. Castrelos) para receção e aclimação de stocks selvagens de *S. trutta* para reprodução *ex situ*.**

### 2.2.3.2. Maneio e alimentação das populações selvagens em aclimação

No maneio em cativeiro, optou-se inicialmente pela aclimação de stocks exclusivamente selvagens, evoluindo posteriormente para stocks mistos de trutas selvagens x trutas domésticas. Os tanques com stocks mistos visaram proporcionar uma superior capacidade de adaptação ao cativeiro, através da implementação de um processo de aprendizagem das trutas selvagens com as trutas domésticas, nomeadamente ao nível da atração pelo alimento artificial.

No processo de alimentação em cativeiro foram considerados os seguintes itens em termos da dieta disponibilizada (**Figura 2.8**):

- a. Artificial - composto por farinha de peixe (Aquasoja ©), definida em função da classe de tamanho) e,
- b. Natural - composto por:
  - i. larvas de invertebrados,
  - ii. pequenos peixes;

O **alimento artificial** foi proporcionado através de alimentadores automáticos, colocados estrategicamente na proximidade de locais de refúgio dos peixes (1x/dia), complementado pelo lançamento manual de ração (2x/dia) pelos técnicos/operadores dos Postos Aquícolas.

O **alimento natural**, composto por larvas de macroinvertebrados capturados em rios de aptidão salmonícola, foi inicialmente fornecido com periodicidade de 3 vezes/ semana, enquanto os peixes fornecidos, com periodicidade quinzenal, foram produzidos em tanques anexos dos Postos Aquícolas. Foi ainda criado um “minhocário” para produção de vermes, alimento apreciado pela truta-de-rio.

Importa assinalar que 2 anos após a implementação da naturalização dos tanques, o sistema fornece continuamente larvas de macroinvertebrados (insetos, moluscos, anelídeos), que se desenvolvem no fundo do tanque e insetos alados, maioritariamente no período de primavera até ao outono, através da iluminação instalada (sistema LED) na proximidade da superfície da água de cada tanque.



Figura 2.8. Aclimação em cativeiro, com alimentação baseada em dieta mista): 1) ração artificial - alimentadores e 2) invertebrados e peixes pequenos - dieta natural.

#### 2.2.4. Reprodução *ex situ* de *Salmo trutta*

A reprodução *ex situ* de truta-de-rio, foi efetuada nos Postos Aquícolas do Estado (Posto Aquícola de Castrelos e Postos Aquícola do Torno), de acordo com estratégia definida pelo ICNF. Com efeito, o atual programa de reprodução em cativeiro tem por objetivo a obtenção em número elevado de alevins/juvenis e de adultos de truta-de-rio, para ações de repovoamentos e largadas, respetivamente. Nesta conformidade foi feita a reprodução a partir de:

1. **Stocks de truta-de-rio pré-existentes (mix génico)**, paulatinamente a eliminar, quando o volume de produtos sexuais dos stocks selvagens diferenciados o permita, e
2. **Stocks de truta-de-rio selvagens diferenciados por bacia hidrográfica**, dependentes do número de reprodutores com maturidade sexual, após fase mais crítica de adaptação ao cativeiro.

A reprodução da truta-de-rio em cativeiro iniciou-se em dezembro de 2021 (dois stocks pré-existentes de reprodutores de grande dimensão; i.e. < 450 mm e  $\geq$  450 mm) e prolongou-se durante o mês de janeiro, com sucessivos eventos sempre que as trutas de origem selvagem apresentaram maturação sexual (preferencialmente trutas de idade  $\geq$  3<sup>+</sup>). Foi ainda realizada a reprodução artificial de exemplares sexualmente maduros das seguintes populações selvagens: Baceiro/Sabor, Beça, Paiva e Olo e não tendo sido possível obter produtos sexuais nas populações originárias dos rios Vez, Côa, Cávado e Mouro/Sucastro.

O procedimento envolveu, sumariamente, as seguintes etapas (**Figura 2.9**):

- 1) Avaliação prévia do estado de maturação: observação do ventre abaulado e do orifício genital entumecido e avermelhado que permitiu identificar as fêmeas maduras. Uma ligeira pressão do ventre na proximidade do orifício urogenital com libertação dos produtos sexuais revela os animais em condições de ser feita a reprodução artificial. Nesta fase os machos foram separados das fêmeas e a alimentação suspensa durante 24 h antes da manipulação;
- 2) Os peixes maduros foram anestesiados, de forma a evitar qualquer stress e traumatismo, com *2-phenoxy-ethanol* (0,25 ml.L<sup>-1</sup>). Posteriormente,

- foram retirados da solução anestésica, logo que sedados (decúbito lateral), enxaguados, antes de qualquer do procedimento de extração. Todo o processo de reprodução foi realizado ao abrigo de luz solar direta;
- 3) A extração dos óvulos foi feita por leve compressão abdominal para um tabuleiro limpo e seco. Os óvulos viáveis têm sempre aspeto homogéneo e coloração amarelada;
  - 4) A extração do sémen foi feita também por leve compressão abdominal sobre os óvulos anteriormente colocados no tabuleiro;
  - 5) Foi promovida a máxima diversidade dos produtos sexuais (pelo menos 1 macho: 4 fêmea) misturando delicadamente o conjunto obtido, sem adição de água (fertilização a seco). Após esta operação a mistura foi coberta com um filme de água e deixada em repouso por cerca 30 minutos. Posteriormente os ovos foram enxaguados em água fresca e limpa e levados para os incubadores;
  - 6) A incubação foi realizada em baterias de bandejas que beneficiaram de um fluxo contínuo de água corrente e limpa, ao abrigo de luz solar direta. Os ovos foram colocados nas bandejas de plástico com fundo de tela, aproximadamente 6000 por bandeja, distribuídos homoganeamente, ficando cobertos por cerca de 4-5 cm de água corrente;
  - 7) Durante o período de incubação, os ovos não embrionados, malformados /mortos, foram removidos, evitando a contaminação por microrganismos;
  - 8) O período de metamorfose dos ovos depende da temperatura da água. No caso do Posto Aquícola de Castrelos o período alargou-se por 3 meses (de dezembro a março), em virtude de a água de abastecimento dos tanques provir do rio Baceiro (mais fria), enquanto no Posto Aquícola do Torno o período foi de 1,5 meses, dada que a água de abastecimento provém de furo com uma temperatura média de cerca de 10 °C;
  - 9) Após a eclosão, os alevins (primeira fase) permaneceram bandeja iniciando a absorção das reservas vitelinas ainda no fundo do tabuleiro, sem manifestação de qualquer flutuabilidade;
  - 10) Posteriormente os alevins foram transferidos para tanques da maternidade e iniciada a alimentação com ração (farinha de peixes, denominada de arranque), quando cerca de  $\frac{3}{4}$  do saco vitelino já foi, entretanto, absorvido.



Figura 2.9. Posto Aquícola de Castelos e Marão: Reprodução *ex situ* de *Salmo trutta* provenientes de stocks selvagens.

Para caracterização dos *traits* reprodutivos dos stocks de truta-de-rio, disponíveis nos Postos Aquícolas de Castrelos e do Torno, foram recolhidas amostras a partir das populações de exemplares maduros (**Figura 2.10**).



**Figura 2.10. Postos Aquícolas de Castrelos e Torno: Recolha de amostras para caracterização reprodutiva dos stocks selvagens e domésticos de *Salmo trutta*.**

Os reprodutores foram pesados antes e após a desova. O tamanho do ovo (diâmetro) foi medido com recurso a um microscópio estereoscópio OLYMPUS SMZ10 com software de aquisição de imagem. Os ovos fertilizados de cada população foram incubados separadamente na bateria de tabuleiros de incubação de cada Posto Aquícola. Os ovos mortos e não fertilizados foram removidos diariamente. A fecundidade foi calculada em termos de fecundidade total (número de ovos/fêmea) ou relativa (número de ovos/kg de peso corporal). Foi também determinado o índice gonadosomático ( $GSI = 100 Gw/Wt$ , sendo Gw o peso das gónadas e Wt o peso total). Sumariamente foram determinados os seguintes *traits* reprodutivos: época de desova, comprimento e peso antes e após desova, peso e diâmetro dos ovos fecundidade total, fecundidade relativa e índice gonadosomático (Wootton, 1998).

## **2.2.5. Avaliação da performance dos peixes reprodutores**

### **2.2.5.1. Modelos de crescimento**

Para além da obtenção de dados biométricos no momento da captura dos peixes selvagens, foram feitas regularmente, em cativeiro, mais medições em amostras das populações para avaliação da evolução de parâmetros como o crescimento e a condição corporal dos stocks de futuros reprodutores.

### 2.2.5.1.1. Modelos de crescimento de Von Bertalanffy

Na equação de Von Bertalanffy (1938) o crescimento pode ser ajustado a um modelo sigmoidal, não simétrico, que estabelece a função entre o comprimento total ( $L(t)$ ) e a idade ( $t$ ), de acordo com:

$$L(t) = L_{\infty} * [1 - \exp * (-k * (t - t_0))] \quad \text{onde:}$$

$L(t)$  - Comprimento para uma dada idade (em cm);

$L_{\infty}$  - Comprimento máximo teórico que uma dada espécie pode atingir ou comprimento máximo assintótico (em cm);

$k$  - Coeficiente de crescimento (em anos<sup>-1</sup>);

$t$  - Idade (em anos);

$t_0$  - Idade teórica (em anos) no comprimento zero,  $L(t) = 0$ .

Para a obtenção dos comprimentos modais por idade recorreu-se ao modelo de Bhattacharya (1967) e à rotina ELEFAN I (Pauly e Morgan, 1987).

### 2.2.5.1.2. Relação comprimento - peso

A equação que traduz a relação entre o comprimento e o peso é a seguinte:

$$W = a * L^b \quad \text{onde:}$$

$W$  - Peso do indivíduo em gramas (g)

$L$  - Comprimento total do indivíduo em centímetros (cm)

$a$  e  $b$  - coeficientes da equação, tendo  $b$  o seguinte significado:

$b$  - Coeficiente de isometria ( $b = 3$ ) ou alometria ( $b \neq 3$ )

### 2.2.5.2. Condição corporal

A condição corporal dos peixes que pode ser determinada pelo Fator K ou Fator de Condição de Fulton (Ricker, 1975):

$$K = (100 * W) / L^b \quad \text{onde:}$$

$K$  - Fator de condição ou coeficiente de condição física

$W$  - Peso do indivíduo em gramas (g)

$L$  - Comprimento total do indivíduo em centímetros (cm)

No caso dos salmonídeos, o fator K assume, normalmente, variações entre valores compreendidos entre 0,8 e 2 (**Tabela 2.2**) (Barnham & Baxter, 1998).

Tabela 2.2. Condição física K dos salmonídeos (adaptado de Barnham & Baxter, 1998).

EXCELENTE	BOM	RAZOÁVEL	MEDÍOCRE	MAU
1,60	1,40	1,20	1,00	0,80

### 3.2.3. Tratamento de dados

A determinação dos parâmetros de crescimento da equação de Von Bertalanffy (1938) foi realizada com recurso ao software FISAT II (FAO/ICLARM Stock Assessment Tools II) (Gayanilo et al., 2005). Os valores de  $k$  e  $L_{\infty}$  foram obtidos através da rotina ELEFAN I (Pauly e Morgan, 1987). Para a obtenção destes valores dentro da rotina ELEFAN I foram utilizadas as três sub-rotinas disponíveis, "K Scan"; "Response Surface" e "Automatic Search" de modo a obter, de uma forma complementar, a melhor solução. Após alcançar o melhor "Score" ou "Rn - goodness of fit index" das várias simulações, o utilizador pode visualizar e identificar a "melhor" curva de crescimento e adotar os valores alcançados para  $k$  e  $L_{\infty}$ . Adicionalmente, referir que as várias simulações nas diversas sub-rotinas do ELEFAN I também foram realizadas fixando e não fixando o comprimento inicial e a amostra ("Constant starting point" versus "Variable starting point") por forma a dar início ao processo iterativo da busca da melhor solução.

O valor de  $t_0$  foi obtido a partir da equação empírica de PAULY (1979), fazendo uso dos valores de  $k$  e  $L_{\infty}$  alcançados pelas simulações da rotina ELEFAN I do software FISAT II:

$$\text{Log}(-t_0) = -0,3922 - 0,2752 * \text{Log } L_{\infty} - 1,038 * \text{Log } k$$

onde:

$t_0$  - Idade teórica (em anos) no comprimento zero,  $L(t) = 0$ ;

$L_{\infty}$  - Comprimento máximo teórico (cm) que uma dada espécie pode atingir ou comprimento máximo assintótico;

$k$  - Coeficiente de crescimento (em anos<sup>-1</sup>).

Referir ainda que, no presente trabalho, se usou a rotina Bhattacharya (1967), incluída no software FISAT II (FAO/ICLARM Stock Assessment Tools II), para se fazer uma estimativa da idade por classes modais. Para se obterem os parâmetros de crescimento ( $k$  e  $L_{\infty}$ ), tendo como ponto de partida esta rotina,

seria necessário terem-se mais dados, nomeadamente mais amostragens temporais para ser possível aplicar sucessivamente as rotinas "*Bhattacharya*" → "*Linking of Means*" → "*Gulland & Holt*".

Adicionalmente vincar a fundamental importância da escolha dos intervalos selecionados para a distribuição das frequências de comprimentos (um fator que à primeira vista parece ter pouca relevância, mas que mostra ter uma enorme importância aquando da análise dos dados obtidos). Intervalos de distribuição de frequências de comprimentos diferentes levam a análises e conclusões diferentes dos dados obtidos pelas rotinas *Bhattacharya* e *ELEFAN I* (o conhecimento do histórico dos dados da espécie no local específico tem uma importância fundamental, servindo os mesmos para ajudar a validar os resultados das simulações obtidas). Outro fator fundamental, na tentativa de alcançar uma correta obtenção de dados, é a definição do valor de  $L_{\infty}$ . Numa primeira análise, e para amostras pequenas, pode-se escolher para  $L_{\infty}$  e um valor próximo do valor máximo das amostras. Para amostras grandes, convém escolher para  $L_{\infty}$  um valor dado pela média dos dez maiores valores obtidos para o comprimento. (Sparre & Venema, 1997)

O software *FISAT II* e todos os seus programas e rotinas devem ser entendidos como um software de apoio à decisão, isto é, o tratamento dos dados, o seu input e posteriormente o seu output estão intimamente ligados à prática e conhecimentos do utilizador. É, em última análise, o utilizador a "última rotina" para a validação dos dados obtidos.

No tratamento estatístico, os dados obtidos foram avaliados quanto à normalidade e homocedasticidade usando os testes de Shapiro e Levene, respetivamente. Uma vez que a maioria dos dados não se ajustaram a uma distribuição normal, a análise estatística foi realizada com recurso a testes não-paramétricos dos dados, tendo sido aplicados os testes Mann-Whitney (U) e Kruskal-Wallis (H). Ambos são testes não-paramétricos usados para testar amostras independentes, seja no caso duas amostras (Teste U de Mann-Whitney) ou mais de duas amostras independentes (teste H de Kruskal-Wallis). O teste Kruskal-Wallis é um teste usado para testar a hipótese nula, quando os pressupostos da ANOVA não se verificam (normalidade e homogeneidade). Os dados foram analisados usando o software *STATISTICA 7* (StatSoft inc).

## 2.3. RESULTADOS

### 2.3.1. Avaliação dos stocks selvagens nos rios selecionados

Foram capturadas 5 espécies nativas pertencentes a 2 famílias: 1) **Salmonidae** – truta-de-rio (*Salmo trutta* Linnaeus, 1758); 2) **Leuciscidae** - escalo-do-norte (*Squalius carolitertii* Doadrio, 1988), bordalo (*Squalius alburnoides* Steindachner, 1866), boga-do-Douro (*Pseudochondrostoma duriense* Coelho, 1985) e ruivaco (*Achondrostoma oligolepis* Robalo, Doadrio, V. C. Almada & Kottelat, 2005). A abundância (CPUE nº indivíduos/100 m<sup>2</sup>) registada em diferentes troços de aptidão salmonícola dos rios Sabor, Baceiro, Beça, Olo e Paiva consta da **Tabela 2.3**.

**Tabela 2.3.** Abundância CPUE (nº ind./100 m<sup>2</sup>) nos rios Sabor, Baceiro, Beça, Olo e Paiva.

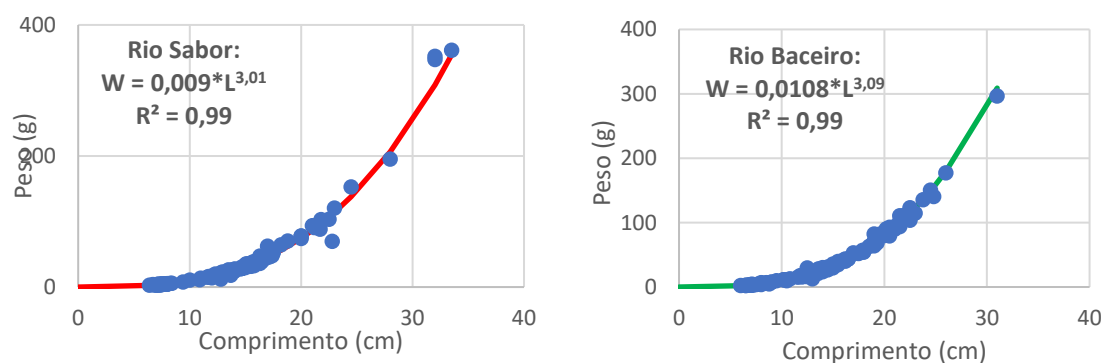
Local	<i>S. trutta</i>	<i>S. carolitertii</i>	<i>S. alburnoides</i>	<i>P. duriense</i>	<i>A. oligolepis</i>
Sabor1	4,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Sabor2	10,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Sabor3	1,5	5,0	20,7	3,8	0,0
Sabor4	2,3	0,3	2,4	3,9	0,0
Baceiro1	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Baceiro2	6,8	0,0	0,0	0,0	0,0
Baceiro3	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Baceiro4	0,3	0,1	0,0	7,0	0,0
Beça1	1,2	0,0	0,0	7,3	0,0
Beça2	1,5	0,2	0,0	4,2	0,0
Beça3	4,1	0,0	0,0	5,2	0,0
Beça4	6,9	0,0	0,0	8,6	0,0
Olo1	6,5	1,3	0,0	0,0	0,0
Paiva1	4,1	0,5	0,0	1,0	0,5

Os resultados obtidos (**Tabela 2.4**), permitem destacar as populações do rio Sabor como tendo um crescimento teórico superior, podendo atingir  $L_{\infty} = 338,0$  mm, enquanto as populações do rio Olo não superaram um  $L_{\infty} = 235,0$  mm. De referir ainda que foram inventariados os comprimentos máximos no presente estudo ( $L_{m\acute{a}x}$ ).

Tabela 2.4. Parâmetros de von Bertalanffy calculados para a *Salmo trutta* dos rios Sabor, Baceiro, Beça, Olo e Paiva.  $k$  e  $L^\infty$  determinados através da rotina ELEFAN I,  $t_0$  a partir da equação empírica de Pauly (1979) e comprimentos máximos inventariados ( $L_{máx}$ ).

População	$t_0$ [ano]	$K$ [ano <sup>-1</sup> ]	$L^\infty$ [mm]	$L_{máx}$ [mm]
Sabor	-0,432	0,37	338	335
Baceiro	-0,510	0,32	320	310
Beça	-0,498	0,33	310	306
Olo	-0,491	0,36	235	230
Paiva	-0,558	0,30	293	290

Na **Figura 2.11** estão apresentadas as relações peso-comprimento das populações selvagens de *S. trutta* do rio Sabor ( $n = 121$ ) e do rio Baceiro ( $n = 127$ ). Não foram detetadas diferenças significativas (teste U de Mann-Whitney,  $P > 0,05$ ) no crescimento de ambas as populações de truta-de-rio dos rios Sabor e Baceiro. Foi obtido um coeficiente praticamente isométrico (Rio Sabor:  $b = 3,01$ ; Rio Baceiro:  $b = 3,09$ ). Dada a similitude genética, os exemplares de ambos os rios foram colocados no mesmo tanque no Posto Aquícola de Castrelos.



**Figura 2.11.** Relação peso-comprimento dos exemplares de truta selvagem capturados nos Rios Sabor e Baceiro.

Na **Figura 2.12** estão apresentadas as relações peso-comprimento das populações selvagens de *S. trutta* dos rios Beça ( $n = 121$ ), Olo ( $n = 127$ ) e Paiva ( $n=11$ ). Por razões estratégicas os stocks dos rios Beça e Olo, apesar da divergência genética ter sido baixa, foram tratados separadamente, tal como o stock do rio Paiva, em tanques localizados no Posto Aquícola do Torno (Marão). Foram detetadas diferenças significativas (Teste Kruskal-Wallis, KW-H (4, 423);  $P < 0,001$ ) no crescimento das populações selvagens de 5 dos cursos de água estudados, *i.e.*, rios Sabor, Baceiro, Beça, Olo e Paiva.

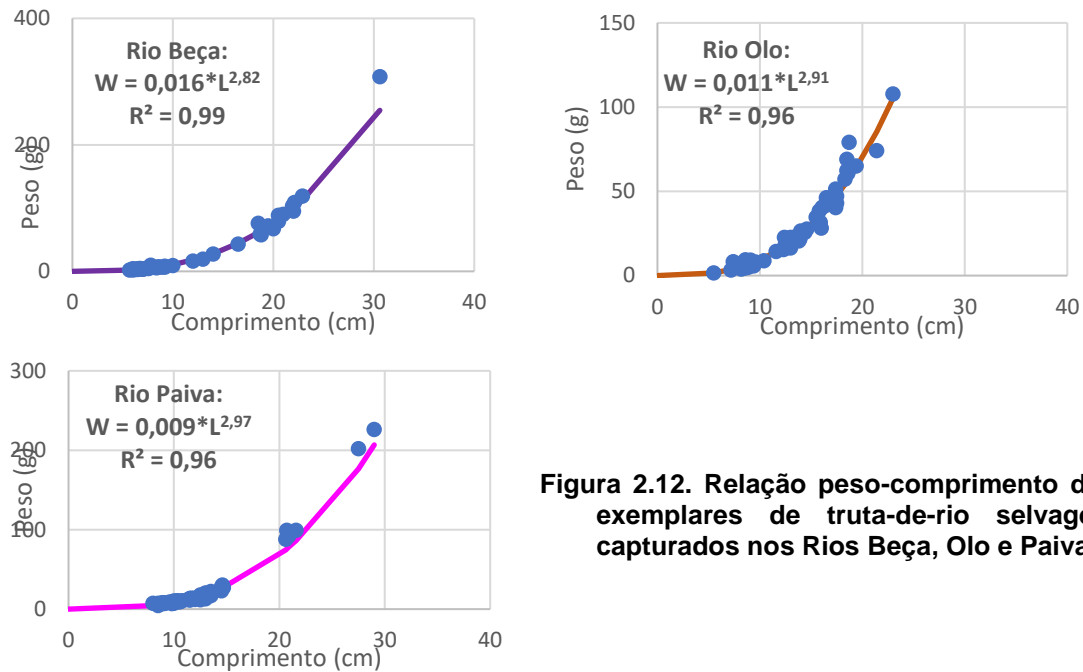


Figura 2.12. Relação peso-comprimento dos exemplares de truta-de-rio selvagem capturados nos Rios Beça, Olo e Paiva.

Relativamente ao coeficiente de condição K de Fulton foram também observadas diferenças significativas entre os stocks selvagens (Teste Kruskal-Wallis, KW-H (4, 423) = 287,1; P < 0,001) (Figura 2.13). Os valores médios de K oscilaram entre os valores encontrados para o rio Baceiro K= 0,77 e para o rio Beça K = 1,6, variando a classificação da condição corporal de **Pobre** para **Excelente**.

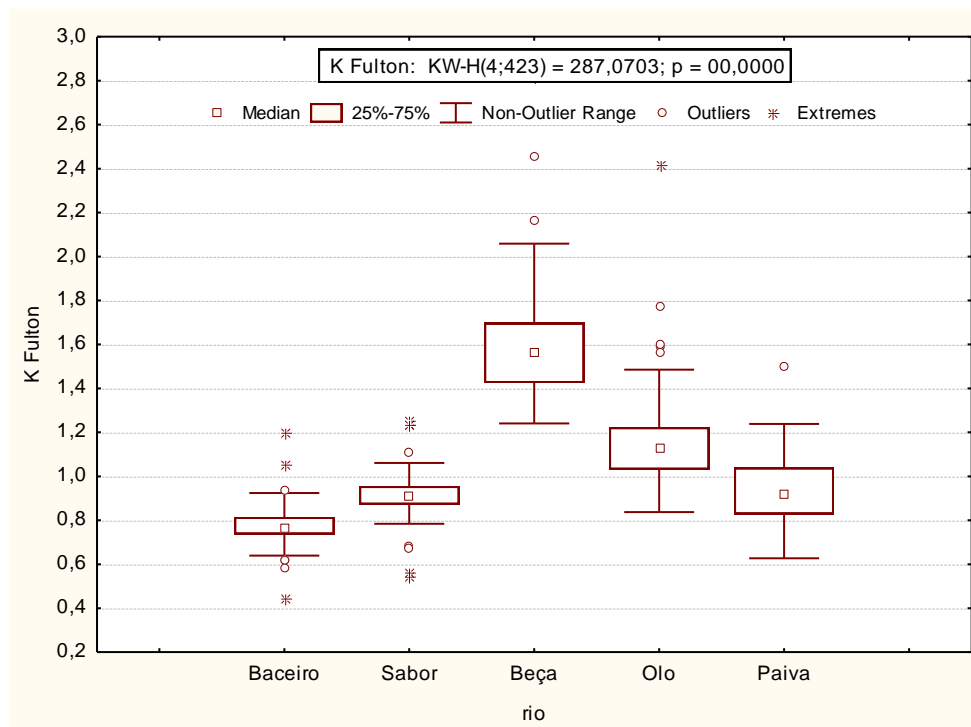


Figura 2.13. Coeficiente de condição física K nos rios Baceiro e Sabor, Beça, Olo e Paiva). As boxplot mostram os valores da média (linha central), o intervalo de 25-75% (caixa), valores máximos e mínimos e ainda extremos (asteriscos) e outliers (pontos).

O processo de seleção e a captura de stocks de truta-de-rio selvagem, resultou num número total que ultrapassou os 1000 exemplares (**Tabela 2.5**), provenientes de pelo menos 8 diferentes origens (*i.e.*, rios) que estão, na atualidade, nos Postos Aquícolas estatais, *i.e.*, PA de Castrelos e PA do Torno.

**Tabela 2.5. Número de exemplares selvagens de *S. trutta* capturados para reprodutores em cativeiro, discriminado por rio de proveniência, tanque e Posto Aquícola do ICNF**

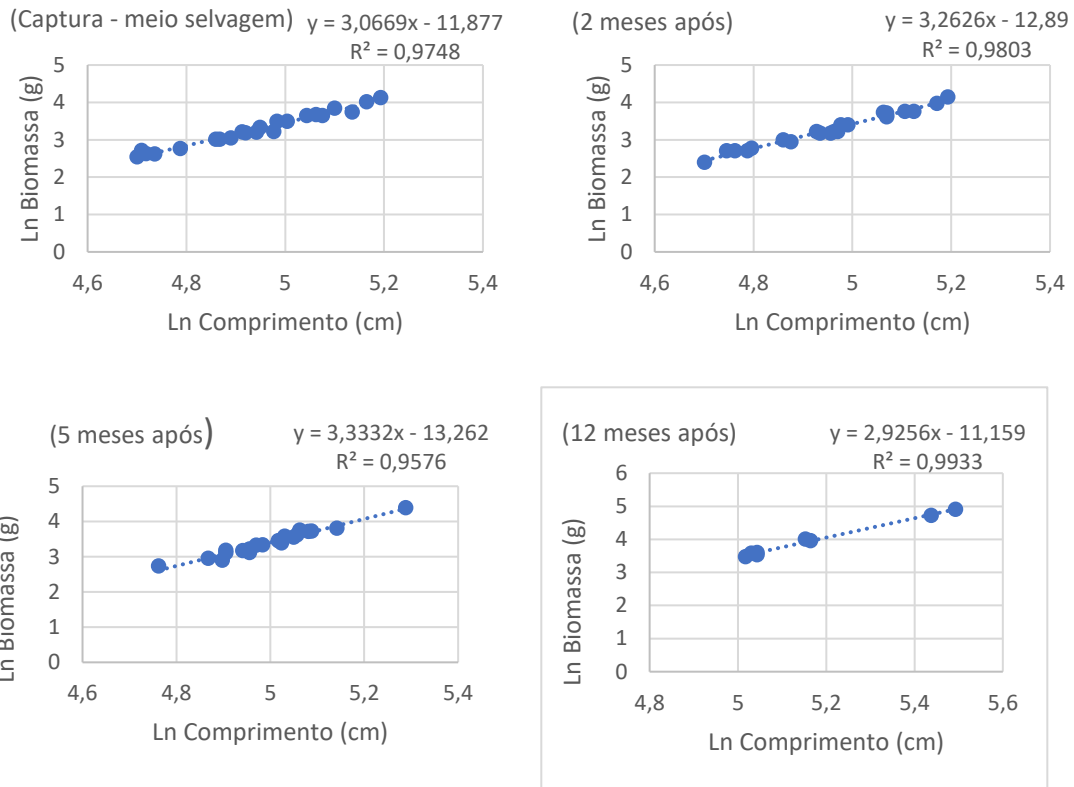
Posto Aquícola/ Origem	Identificação do Stock	Nº de exemplares
<b>Posto Aquícola de Castrelos – Bragança</b>		
Tanque 1 – Baceiro/Sabor	Douro 1	200
Tanque 2 – Cávado	Cávado 1	110
Tanque 3 – Trovela/Vez	Lima 1	122
Tanque 4 – Neiva	Neiva 1	107
<b>Posto Aquícola do Torno Marão – Ansiães</b>		
Tanque 1 – Paiva/Ouro/Tinhela	Douro 2	> 100
Tanque 2 – Olo*	Douro 3	> 100
Tanque 3 – Beça/Arda/Cabrum	Douro 3	> 100
Tanque 5 – rio Côa	Douro 4	125
Tanque 4 – Mouro/Sucrasto	Minho 1	123

\* stock de truta-de-rio diferenciado do stock do rio Beça, por motivos estratégicos do ICNF

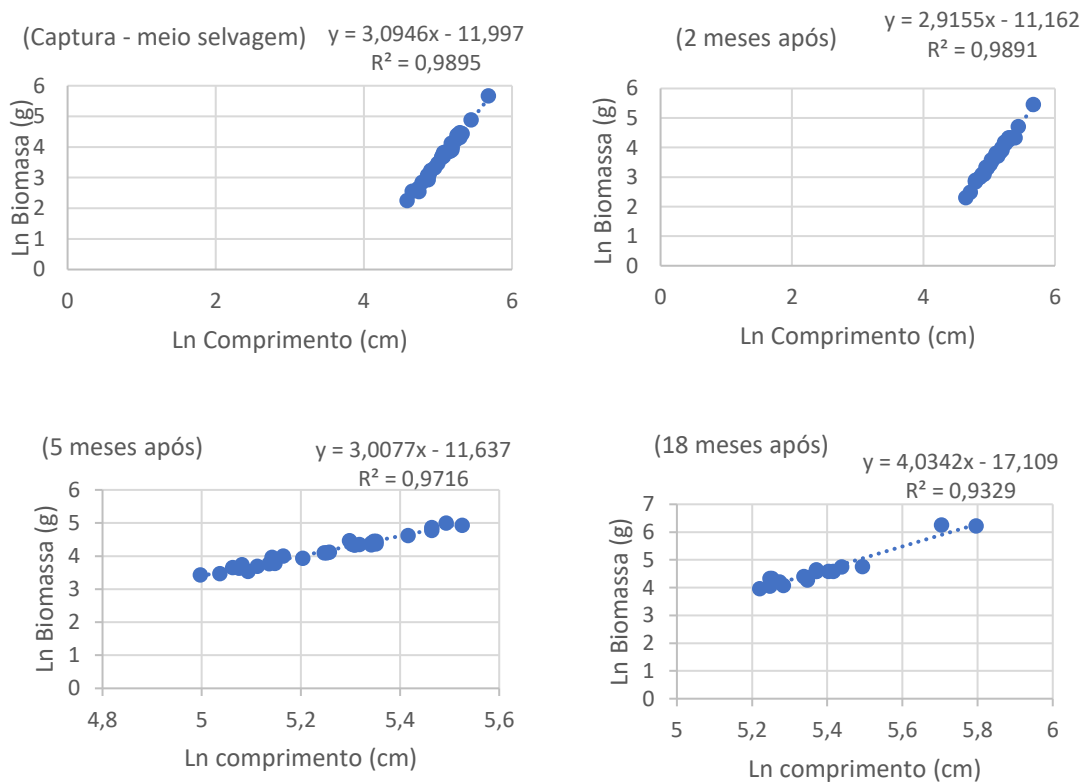
No processo de transporte dos peixes dos rios para os Postos Aquícolas não foram registadas taxas de mortalidade superiores a 5%.

### **2.3.2. Evolução da condição física dos peixes aclimatados**

A captura faseada de stocks de reprodutores de origem selvagem, resultou num processo evolutivo ao nível da aclimação e adaptação ao cativeiro por parte dos diferentes stocks nos 2 Postos Aquícolas estatais. Como exemplo são seguidamente apresentados os resultados obtidos para o stock proveniente do rio Baceiro/Sabor baseado na relação entre o peso (g) e comprimento (cm) e na evolução da condição física ao longo do tempo de estabulação. Foram consideradas 2 classes de tamanhos, *i.e.*, alevins e juvenis (< 15 cm; n= 22) (**Figura 2.14**) e adultos ( $\geq$  15 cm; n = 30) (**Figura 2.15**) e 4 períodos referentes à: 1) captura e avaliação da condição física dos animais no estado selvagem; 2) estabulação após 2 meses; 3) estabulação após 5 meses e 4) estabulação após 12/18 meses, com subsequente avaliação da condição física (Fator K de Fulton).



**Figura 2.14. Relação peso-comprimento dos juvenis de truta selvagem, capturados no rio Baceiro, considerando os momentos da captura, 2, 5 e 12 meses após cativoiro.**



**Figura 2.15. Relação peso-comprimento dos adultos de truta selvagem, capturados no rio Baceiro, considerando os momentos da captura, 2, 5 e 18 meses após.**

Relativamente ao crescimento dos stocks de trutas de dimensão inferior (i.e., < 15 cm) observou-se um crescimento muito próximo da isometria ( $b=3$ ), indicador da proporcionalidade existente entre o crescimento em tamanho e peso deste stock, um ano após a estabulação. No caso das trutas de dimensão superior (i.e. > 15 cm) verificou-se um crescimento alométrico positivo ( $b>3$ ), em especial após 18 meses de estabulação, assinalando-se uma taxa superior de crescimento dos peixes em termos do tamanho e menos do peso.

Globalmente, os resultados obtidos para as restantes populações seguem um mesmo padrão de variação das populações dos rios Baceiro e Sabor, quando a análise é feita para o mesmo período de tempo. Registaram-se baixas taxas de mortalidade (< 10%) e a maioria dos peixes mostraram aspeto saudável, sem sinais de doença, e apresentaram uma suficiente/boa condição física.

Os resultados obtidos para a condição física dos peixes e percentagem de sobrevivência do stock do rio Baceiro/Sabor, podem ser consultados na tabela seguinte (**Tabela 2.6**).

**Tabela 2.6. Condição física (média  $\pm$  SD) das populações de *Salmo trutta* selvagens do rio Baceiro/Sabor, aclimatadas ao cativeiro (Posto Aquícola de Castrelos).**

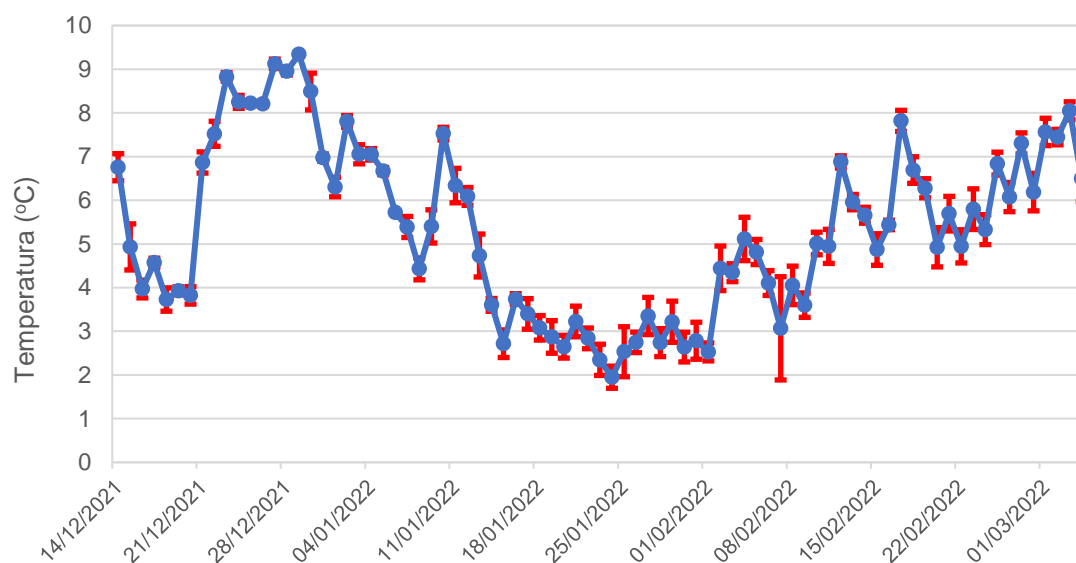
Condição física (Fator de Fulton)	Alevins e Juvenis	Adultos
Momento da captura – rio Baceiro	1,02 $\pm$ 0,08	1,02 $\pm$ 0,10
2 meses após (cativeiro)	0,98 $\pm$ 0,07	0,94 $\pm$ 0,10
5 meses após (cativeiro)	0,96 $\pm$ 0,08	0,90 $\pm$ 0,08
12 (alevins, juvenis) e 18 meses após (cativeiro)	0,95 $\pm$ 0,06	0,82 $\pm$ 0,12
Sobrevivência (%)	96	94

No caso dos reprodutores de origem do Rio Baceiro/Sabor, a análise dos resultados permite destacar a manutenção, ao longo do tempo, quer dos alevins e juvenis quer dos adultos de uma boa condição física. A marcação dos peixes com PIT-Tags (OREGON RFDI©), permitiu a identificação e monitorização individual dos exemplares em processo de aclimação ao cativeiro.

### 2.3.3. Reprodução em cativeiro dos stocks domésticos e selvagens

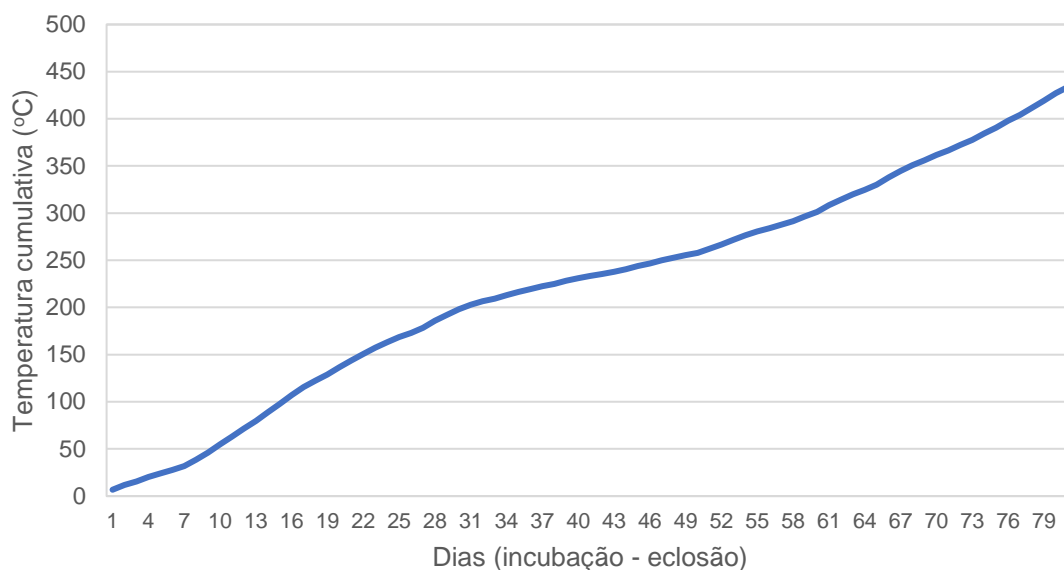
A época de reprodução em cativeiro dos stocks de truta-de-rio dos Postos Aquícolas estatais, *i.e.*, P.A. Castrelos (Bragança) e P.A. Torno (Marão – Amarante), iniciou-se em meados de dezembro 2021, nomeadamente para os stocks domésticos, mais precoces em termos de maturação sexual, e prolongou-se até final de janeiro de 2022, com sucessivos eventos de desova distribuídos pelos stocks de origem selvagem.

A variação da temperatura da água no P.A. de Castrelos para o ciclo reprodutivo oscilou entre 1,95 e 9,34 °C (**Figura 2.16**), com duração de cerca de 80 dias e a verificação de 434 dias-grau até à eclosão dos alevins vesiculados (**Figura 2.17**). A água que abastece o P.A. de Castrelos é proveniente do rio Baceiro, nomeadamente de um açude situado a aproximadamente 1 km a montante, sendo a água transportada, por gravidade, através de um canal aberto.



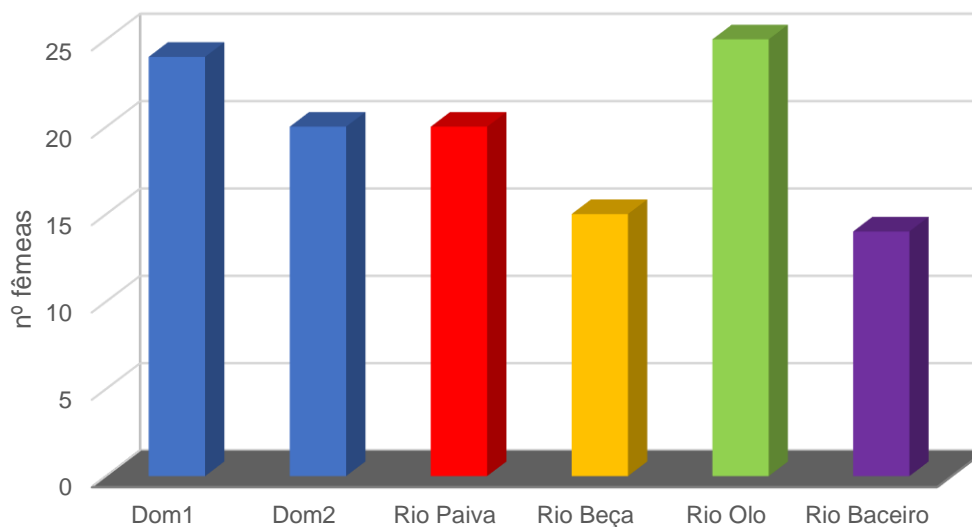
**Figura 2.16. Temperatura média diária (°C) e desvio padrão (SD) da água no Posto Aquícola de Castrelos (Bragança) desde a fertilização até à eclosão dos alevins para os stocks domésticos – mix génico (14 de dezembro de 2021 a 4 de março de 2022).**

No caso do P.A. do Torno a água usada na reprodução é proveniente de um furo artesiano, mantendo uma temperatura aproximada de 10 °C ( $T = 10,1 \pm 1,2$  °C), responsável por um ciclo reprodutivo mais célere, de aproximadamente 30 dias até à eclosão dos alevins.



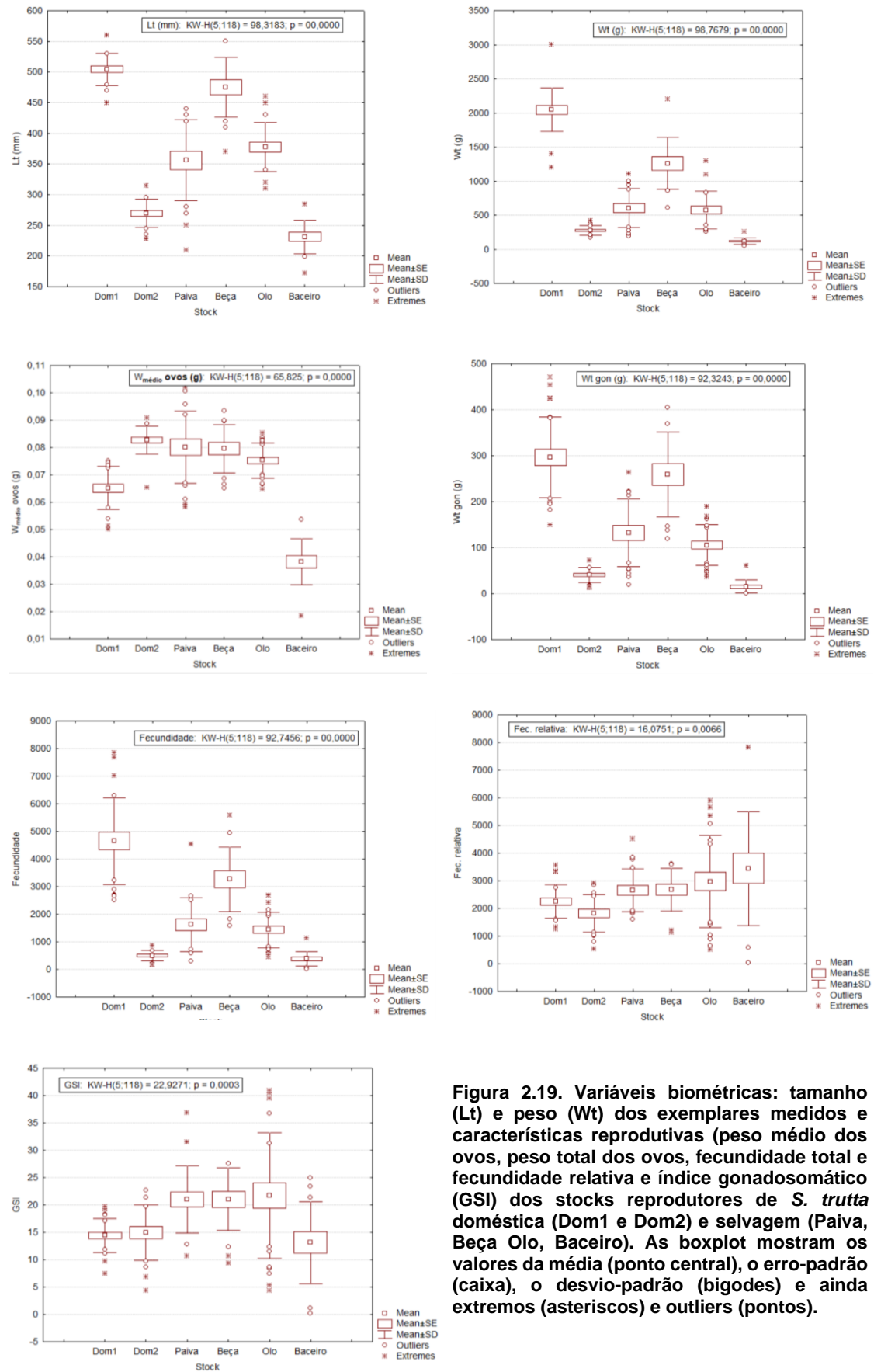
**Figura 2.17. Temperatura média acumulada (°C) da água no Posto Aquícola de Castrelos (Bragança) desde a fertilização até à eclosão dos alevins para os stocks domésticos – mix génico (14 de dezembro de 2021 a 4 de março de 2022).**

Relativamente à caracterização reprodutiva das populações domésticas e selvagens de truta-de-rio foram obtidos dados de 118 fêmeas distribuídos por 6 stocks distintos (**Figura 2.18**).



**Figura 2.18. Número de fêmeas dos stocks domésticos (Dom1, Dom2) e selvagens (Paiva, Beça, Olo, Baceiro) usados no estudo (dezembro de 2021 - janeiro de 2022).**

Da análise comparativa entre os stocks de reprodutores sobressaem diferenças altamente significativas (Testes Kruskal-Wallis, KW-H (5, 118);  $P < 0,001$ ) para todas as variáveis biométricas e os *traits* reprodutivos calculados (**Figura 2.19**).



**Figura 2.19. Variáveis biométricas: tamanho (Lt) e peso (Wt) dos exemplares medidos e características reprodutivas (peso médio dos ovos, peso total dos ovos, fecundidade total e fecundidade relativa e índice gonadosomático (GSI) dos stocks reprodutores de *S. trutta* doméstica (Dom1 e Dom2) e selvagem (Paiva, Beça Olo, Baceiro). As boxplot mostram os valores da média (ponto central), o erro-padrão (caixa), o desvio-padrão (bigodes) e ainda extremos (asteriscos) e outliers (pontos).**

Os dados biométricos e os *traits* reprodutivos das populações domésticas e selvagens, mensurados durante a época de desova, estão sumariados nas **Tabelas 2.7 a 2.12**. As diferenças identificadas entre stocks estão fortemente relacionadas com a idade dos peixes. Com efeito, no stock doméstico nº1 os exemplares possuem idade  $\geq 5^+$ , enquanto no stock doméstico nº2 é  $\leq 3^+$ .

**Tabela 2.7. Biometria e variáveis reprodutivas do stock reprodutor doméstico nº1 (mix génico) (n=24) de *Salmo trutta*, do Posto Aquícola de Castrelos (dezembro 2021)**

Biometria e Variáveis reprodutivas	Mínimo	Máximo	Média $\pm$ SD
Comprimento total (mm)	450	560	504,6 $\pm$ 26,2
W <sub>t</sub> antes desova (g)	1200	3000	2045,8 $\pm$ 3212,3
W <sub>t</sub> depois desova (g)	1100	2800	1860,4 $\pm$ 310,7
W <sub>t</sub> total ovos (g)	150	471	296,7 $\pm$ 88,0
W <sub>t</sub> ovo individual (mg)	42,5	83,1	65,2 $\pm$ 8,2
Diâmetro ovo (mm)	4,56	6,47	5,5 $\pm$ 0,4
Fecundidade Total (ovos/ind.)	2504	7842	4648 $\pm$ 1572
Fecundidade Relativa (ovos/Kg)	1252	3565	2253 $\pm$ 603
Índice Gonadosomático (GSI)	7,5	19,7	14,4 $\pm$ 3,1

**Tabela 2.8. Biometria e variáveis reprodutivas do stock reprodutor doméstico nº2 (mix génico) (n=20) de *Salmo trutta*, do Posto Aquícola de Castrelos (dezembro 2021)**

Biometria e Variáveis reprodutivas	Mínimo	Máximo	Média $\pm$ SD
Comprimento total (mm)	228	315	269,7 $\pm$ 23,2
W <sub>t</sub> antes desova (g)	173	420	274,7 $\pm$ 70,1
W <sub>t</sub> depois desova (g)	152	387	257,0 $\pm$ 70,1
W <sub>t</sub> total ovos (g)	13	72	40,9 $\pm$ 16,2
W <sub>t</sub> ovo individual (mg)	52,0	98,1	82,8 $\pm$ 6,2
Diâmetro ovo (mm)	4,7	6,1	5,4 $\pm$ 0,3
Fecundidade Total (ovos/ind.)	160	873	496 $\pm$ 197
Fecundidade Relativa (ovos/Kg)	538	2918	1825 $\pm$ 670
Índice Gonadosomático (GSI)	4,4	22,7	15,0 $\pm$ 5,1

No caso dos stocks reprodutores de origem selvagem, existem também diferenças acentuadas referentes ao tempo de estabulação (Tabelas 2.9 a 2.12). Existem stocks com um tempo de residência  $\leq 2$  anos, como por exemplo o stock proveniente do rio Baceiro/Sabor, ainda em aclimação ao cativeiro.

**Tabela 2.9. Biometria e variáveis reprodutivas do stock reprodutor selvagem de *Salmo trutta* do Rio Paiva (n=20), do Posto Aquícola do Torno (janeiro 2022)**

Biometria e Variáveis reprodutivas	Mínimo	Máximo	Média $\pm$ SD
Comprimento total (mm)	210	440	356,0 $\pm$ 65,9
W <sub>i</sub> antes desova (g)	188	1106	604,7 $\pm$ 284,5
W <sub>i</sub> depois desova (g)	165	890	498,9 $\pm$ 229,7
W <sub>i</sub> total ovos (g)	20	264	132,0 $\pm$ 73,4
W <sub>i</sub> ovo individual (mg)	10,4	110,4	80,2 $\pm$ 16,1
Diâmetro ovo (mm)	4,4	6,2	5,3 $\pm$ 0,3
Fecundidade Total (ovos/ind.)	303	4532	1623 $\pm$ 967
Fecundidade Relativa (ovos/Kg)	1611	4519	2656 $\pm$ 782
Índice Gonadosomático (GSI)	10,6	36,9	21,0 $\pm$ 6,1

**Tabela 2.10. Biometria e variáveis reprodutivas do stock reprodutor selvagem de *Salmo trutta* do Rio Beça (n=15), do Posto Aquícola do Torno (janeiro 2022)**

Biometria e Variáveis reprodutivas	Mínimo	Máximo	Média $\pm$ SD
Comprimento total (mm)	370	550	475,3 $\pm$ 48,8
W <sub>i</sub> antes desova (g)	608	2200	1260,9 $\pm$ 382,7
W <sub>i</sub> depois desova (g)	398	2405	1033,0 $\pm$ 440,9
W <sub>i</sub> total ovos (g)	119	405	259,3 $\pm$ 92,6
W <sub>i</sub> ovo individual (mg)	61,4	101,3	79,6 $\pm$ 9,2
Diâmetro ovo (mm)	4,8	6,0	5,3 $\pm$ 0,2
Fecundidade Total (ovos/ind.)	1576	5586	3264 $\pm$ 1166
Fecundidade Relativa (ovos/Kg)	1139	3600	2676 $\pm$ 779
Índice Gonadosomático (GSI)	9,3	27,6	21,1 $\pm$ 5,7

Por outro lado, existem outros stocks, caso do rio Olo com um tempo de residência  $\geq 4$  anos, com os peixes completamente adaptados ao cativeiro e com um tamanho e condição corporal superior, onde a quantidade dos produtos sexuais produzidos foi evidente.

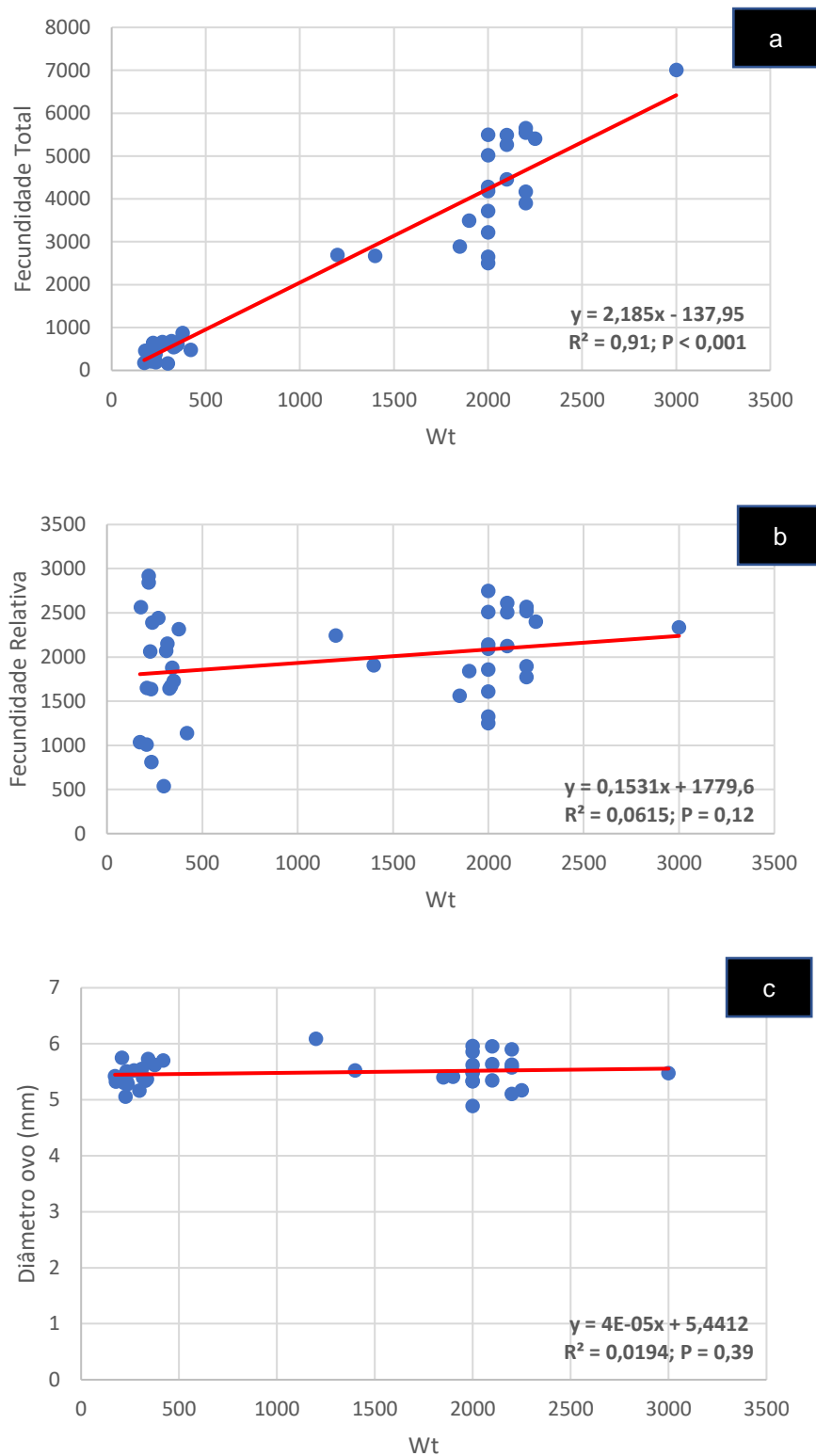
**Tabela 2.11. Biometria e variáveis reprodutivas do stock reprodutor selvagem de *Salmo trutta* do Rio Olo (n=25), do Posto Aquícola do Torno (janeiro 2022)**

Biometria e Variáveis reprodutivas	Mínimo	Máximo	Média $\pm$ SD
Comprimento total (mm)	310	460	378 $\pm$ 40,3
W <sub>i</sub> antes desova (g)	262	1292	577 $\pm$ 272,6
W <sub>i</sub> depois desova (g)	173	962	441 $\pm$ 213,8
W <sub>i</sub> total ovos (g)	36	190	105 $\pm$ 44,6
W <sub>i</sub> ovo individual (mg)	51,9	90,3	75,3 $\pm$ 6,9
Diâmetro ovo (mm)	4,2	5,8	5,2 $\pm$ 0,2
Fecundidade Total (ovos/ind.)	433	2681	1433 $\pm$ 650
Fecundidade Relativa (ovos/Kg)	522	5890	2972 $\pm$ 1661
Índice Gonadosomático (GSI)	4,3	40,9	21,7 $\pm$ 11,5

**Tabela 2.12. Biometria e variáveis reprodutivas do stock reprodutor selvagem de *Salmo trutta* do Rio Baceiro/Sabor (n=14), do Posto Aquícola de Castrelos (janeiro 2022)**

Biometria e Variáveis reprodutivas	Mínimo	Máximo	Média $\pm$ SD
Comprimento total (mm)	172	285	231,3 $\pm$ 27,5
W <sub>i</sub> antes desova (g)	48	79	63,4 $\pm$ 22,2
W <sub>i</sub> depois desova (g)	67	152	97,6 $\pm$ 39,6
W <sub>i</sub> total ovos (g)	0,2	15	9,0 $\pm$ 7,8
W <sub>i</sub> ovo individual (mg)	10,2	57,2	38,3 $\pm$ 8,8
Diâmetro ovo (mm)	3,9	5,5	4,6 $\pm$ 0,3
Fecundidade Total (ovos/ind.)	4	1131	384 $\pm$ 264
Fecundidade Relativa (ovos/Kg)	39	7826	3449 $\pm$ 2063
Índice Gonadosomático (GSI)	0,2	25,0	13,2 $\pm$ 7,5

Uma análise pormenorizada em dois stocks, i.e., Dom. nº1 e nº2 (**Figura 2.20**) e Paiva (**Figura 2.21**), evidencia uma alometria positiva significativa entre a fecundidade total e o peso corporal das fêmeas ( $P < 0,001$ , **Figura 2.20a e 2.21a**).



**Figura 2.20.** Relação entre o peso corporal das fêmeas domésticas (considerando os stocks nº 1 e 2) e fecundidade total (a), fecundidade relativa (b) e diâmetro do ovo (c).

Por sua vez não foram encontradas correlações significativas ( $P > 0,10$ ) entre a fecundidade relativa e o diâmetro dos ovos e o peso corporal das fêmeas (Figura 2.20b,c e 2.21b,c) quer para os stocks domésticos, quer para os stocks selvagens. Esta tendência foi semelhante para os restantes stocks selvagens.

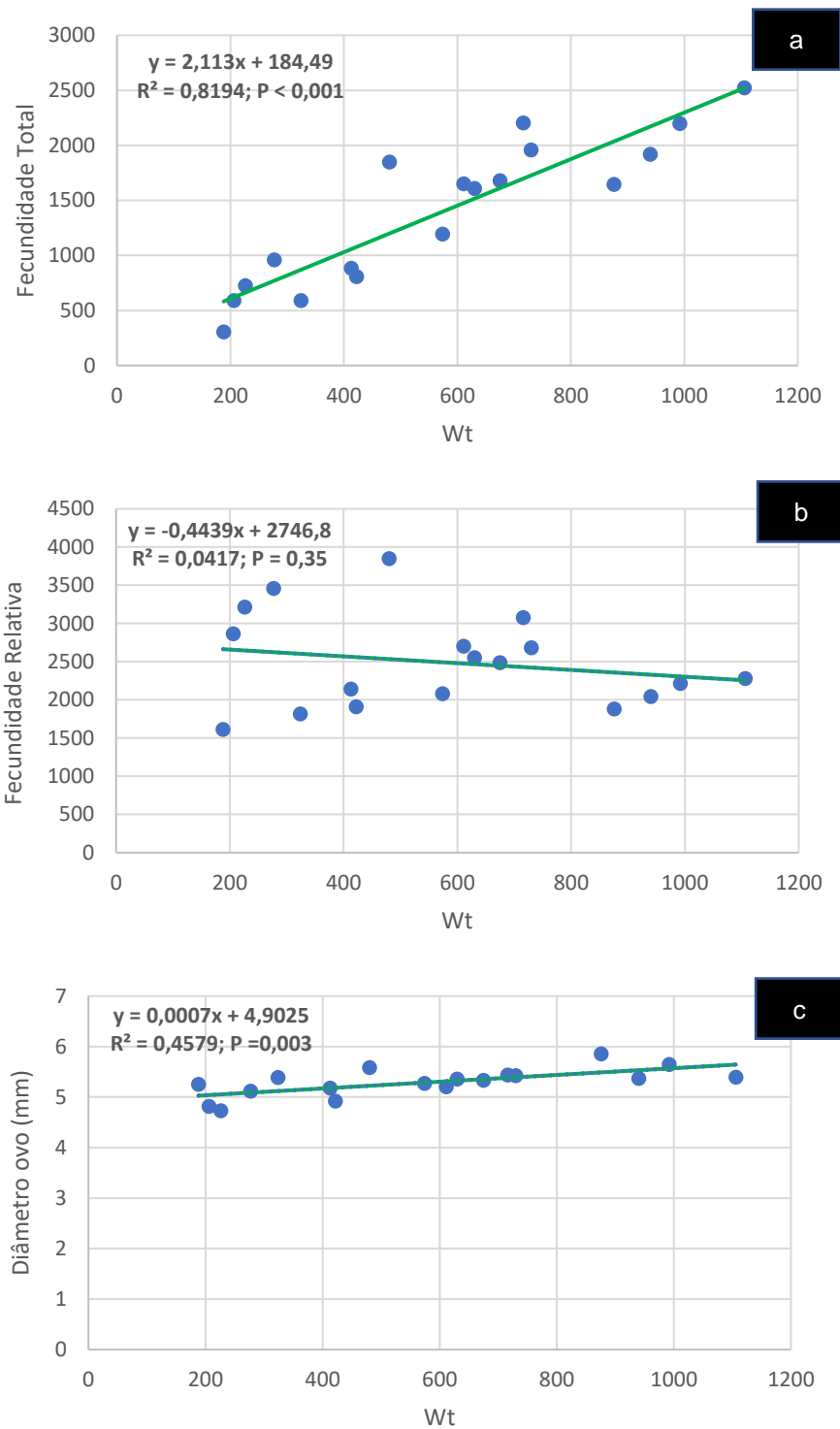


Figura 2.21. Relação entre o peso corporal ( $W_t$ ) das fêmeas selvagens originárias do rio Paiva e a fecundidade total (a), a fecundidade relativa (b) e o diâmetro do ovo (c).

### 2.3.4. Produção de alevins e juvenis

A produção de truta-de-rio em cativeiro nos anos de 2020 e 2021 é ainda, maioritariamente, assegurada pelos reprodutores de grandes dimensões pré-existentes. Neste contexto, nos Postos Aquícolas de Castrelos e do Torno são produzidos anualmente, respetivamente, 200 000 e 1 100 000 alevins. Contudo, já existem stocks de juvenis provenientes de reprodutores selvagens dos rios, conforme **Tabela 2.13**.

**Tabela 2.13. Produção baseada em stocks reprodutores selvagens de *Salmo trutta* no Posto Aquícola de Castrelos e Posto Aquícola do Torno (janeiro 2022)**

Stocks/Origem	Nº alevins (2022)	Nº juvenis (2021)	Posto Aquícola
<b>Beça</b>	600 000	400 000	Torno
<b>Olo</b>	400 000	300 000	Torno
<b>Paiva</b>	100 000	70 000	Torno
<b>Baceiro/Sabor</b>	20 000	2 000	Castrelos

### 2.4. DISCUSSÃO

A truta-de-rio (*Salmo trutta* L.) é um dos peixes mais manipulados no mundo, conjuntamente com outros salmonídeos, ciclídeos, silurídeos e ciprinídeos. Na Europa, a manipulação consiste principalmente na domesticação orientada para a produção de ovos, alevins, subadultos e adultos. A produção artificial, iniciada no século XVIII explodiu desde a década de 1950 (Naish et al., 2008) inicialmente para consumo humano e posteriormente também para a sustentabilidade ou aumento da produtividade de sistemas naturais. O recurso a repovoamentos para incrementar as populações naturais pela libertação de trutas produzidas em cativeiro são comuns na Europa há mais de um século (Hansen e Loeschcke, 1994). Na atualidade, um dos principais objetivos dos repovoamentos e largadas com truta-de-rio criada em cativeiro é o de contribuir para a sustentabilidade da pesca lúdica e desportiva em águas interiores (Teixeira, 2006, Teixeira et al., 2007; Teixeira et al., 2013; Berrebi et al., 2021).

Numerosos estudos sobre a diversidade genética em trutas selvagens europeias com recurso a ferramentas moleculares (e.g., Antunes et al., 1999; Sanz, 2018), alertam para uma homogeneização genética progressiva (ou seja,

diferenciação reduzida entre populações) das populações naturais como resultado da hibridação com stocks domésticos, i.e., criados em cativeiro. Existem registos em quase todos os países europeus, após a realização de repovoamentos de truta-de-rio, de linhagens genéticas mistas, (e.g., Largiadèr & Scholl, 1995; Apostolidis et al., 1996; Lerceteau-Köhler et al., 2013; Almodóvar et al., 2006; Fruciano et al., 2014; Berrebi et al., 2019; Bernás & Waş-Barcz, 2020). Essa “nuvem” de linhagens geneticamente semelhantes utilizadas para repovoamento contribuiu, necessariamente, para a redução da diversidade natural das espécies. Tal facto, está na origem de conflitos de interesses entre grupos de pescadores que defendem a libertação em larga escala de trutas criadas em cativeiro para apoiar a pesca recreativa, e conservacionistas e biólogos que tentam preservar a diversidade genética local de trutas nativas (Berrebi et al., 2021). No entanto, existem na atualidade vários centros de reprodução em cativeiro orientados para a criação de linhagens locais provenientes de áreas restritas, capazes de limitar essa perda de diversidade geral sempre que usadas localmente para repovoamentos (Berrebi et al., 2021). É o caso do presente estudo, englobado no Projeto de Conservação e Gestão orientadas para o mexilhão-de-rio (*Margaritifera margaritifera*) (Teixeira et al., 2021), mais especificamente numa ação de reprodução *ex situ* do hospedeiro truta-de-rio, e na qual, baseado no conhecimento prévio da diversidade genética, se evoluiu para a criação de stocks de reprodutores diferenciados por massa hídrica, de modo a mitigar potenciais fenómenos de introgressão genética em Portugal.

A domesticação é definida como o processo pelo qual uma população de animais se adapta aos humanos e ambientes de cativeiro por uma ou mais combinações de modificações genéticas ao longo de gerações e eventos de desenvolvimento induzidos pelo ambiente, recorrentes em cada geração (Price, 1999). A **primeira etapa do processo de domesticação** começa com a transferência de peixes da natureza (F0) para o cativeiro onde são confrontados com um novo ambiente (Milla et al., 2020). Este passo é muito importante porque ocorrem vários tipos de manipulação (e.g., pesca, manuseio e transporte) durante este estágio que podem constituir fatores de stress de origem mecânica, físico-química, social e sensorial com impacto em muitas funções biológicas,

caso de perturbações endócrinas que são acompanhadas por alterações de parâmetros fisiológicos. O transporte de peixes é acompanhado por severas modificações na qualidade da água (e.g., acidificação e aumento das concentrações de amónia e dióxido de carbono) e potencial mortalidade (Sampaio e Freire, 2016). A maioria dos parâmetros fisiológicos retorna aos níveis de repouso nos peixes sobreviventes dentro de 48-72 h após a captura, indicando que a espécie pode recuperar a homeostase fisiológica num tempo relativamente curto se a duração e a intensidade dos fatores de stress ligados à captura não forem elevadas. Este período de carga alostática (ajuste fisiológico) que pode ser considerado como a **segunda etapa da domesticação** corresponde ao período de aclimação (Segner et al., 2012) dos peixes selvagens ao ambiente de cativeiro, onde os peixes são expostos a uma multiplicidade de condições ambientais controladas (Lorenzen et al., 2012).

Segundo Ibarra-Zatarain et al. (2016) o sucesso da aclimação é multifatorial, dependente de uma resposta complexa do organismo, caracterizada por um modo de vida que pode diferir muito entre as condições ambientais selvagens e as proporcionadas pelo sistema de cultivo. A aclimação bem-sucedida exige que todas essas características ambientais do sistema de criação (e.g., temperatura, salinidade e concentração de amónia) estejam dentro da faixa compatível com os requisitos biológicos da espécie e da população. A capacidade de aclimação depende, portanto, do nível de divergência entre os dois ambientes, mas também das características de transição da natureza para o cativeiro (e.g., aclimação aguda *versus* progressiva) e, finalmente, do tamanho e estágio de desenvolvimento dos peixes capturados na natureza (ovos fertilizados vs. juvenis (Okpala et al. 2017)). No presente estudo, as taxas de mortalidade registadas durante todo o processo de aclimação, i.e., desde a captura, manuseio, transporte e primeiro estágio (48-72h) no cativeiro, não ultrapassaram 10%, inclusive em períodos posteriores. Para tal, muito contribuiu o desenvolvimento de novas metodologias de aclimação, nomeadamente ao nível das modificações introduzidas em termos do habitat (e.g., naturalização dos tanques de cimento), da alimentação (fornecimento de alimento natural, com incorporação gradual de alimento artificial (ração) e inclusive sociais, com a

incorporação de truta de origem doméstica, com o intuito de contribuir para a adaptação e aprendizagem no consumo da ração.

A obtenção da primeira geração de peixes em cativeiro de peixes selvagens é o **terceiro passo da domesticação**. Esta etapa permite a produção de alevins em cativeiro. Os estágios da gametogénese em reprodutores selvagens aclimatados em cativeiro podem, no entanto, não ser totalmente concluídos uma vez que esses peixes selvagens nem sempre respondem com sucesso aos estímulos hormonais usados para induzir a maturação das gónadas (Hassin et al., 1997; Krejszeff et al., 2009). Esta falha no controle reprodutivo não se deve a mudanças nas características genéticas, mas a múltiplas diferenças em fatores ambientais e sociais entre peixes selvagens e domésticos que perturbam o controle hormonal no nível do eixo hipotálamo-hipófise-gónada em comparação com as variações endócrinas naturais no selvagem (Hassin et al., 1997). Mesmo que a aclimação seja bem-sucedida, várias condições de stress em cativeiro de origem física, química, nutricional, energética, entre outras, são fatores adicionais que podem interromper ainda mais o progresso do ciclo reprodutivo desses peixes F0 (Cleary et al., 2000). Após a primeira reprodução bem-sucedida, as próximas gerações em cativeiro fortalecem ainda mais a adaptação progressiva que leva a grandes mudanças fenotípicas impulsionadas pela seleção natural e/ou pela seleção artificial descontrolada. Essas mudanças podem ser consideradas como o **quarto passo da domesticação** e englobam aspetos relacionados com o crescimento, nutrição, reprodução das novas gerações, imunidade e resistência a patógenos, resposta ao stress, entre outros aspetos.

No presente estudo, o processo de domesticação ainda corresponde ao 3º passo, com a produção da primeira geração de alevins (F1) em cativeiro. É sabido que a truta-de-rio atinge a maturidade sexual entre a idade de 2 e 5 anos, embora a maturação ocorra, geralmente, entre os 3-4 anos (Collares-Pereira et al. 2021). No presente estudo, foram capturados exemplares de vários tamanhos/idade embora a maioria seja de idade > 2+ e, portanto, correspondendo a animais sexualmente maduros. Como documentado na literatura, a desova natural da truta-de-rio ocorre durante o período de outono-inverno, no Hemisfério Norte, *i.e.*, entre outubro e fevereiro (Thomas 1964; Moyle

1976), e na primavera-verão, no Hemisfério Sul, *i.e.*, entre o final de maio e julho (Hopkins, 1970; MacDowell, 1978). No presente estudo, os stocks domésticos atingiram mais precocemente a maturação sexual, tendo sido iniciada a época de desova em meados de dezembro. No caso dos stocks de origem selvagem a desova foi feita em vários períodos, desde final de dezembro até final de janeiro.

Relativamente às características reprodutivas determinadas em vários estudos, realçam-se valores médios para a fecundidade e tamanho do ovo, por exemplo, de 1285 ovos.fêmea<sup>-1</sup> e 4,64 mm de diâmetro (Brown & Kamp, 1941), 1848 ovos.fêmea<sup>-1</sup> e 3387 ovos kg.fêmea<sup>-1</sup> (Zeiss et al., 1973) e ainda 1176 ovos.fêmea<sup>-1</sup> e 4,67 mm de diâmetro (Toledo et al., 1993). Os valores médios obtidos no presente estudo, para os stocks selvagens, oscilaram entre 384 ovos.fêmea<sup>-1</sup> e 4,6 mm de diâmetro no Rio Baceiro/Sabor e 3264 ovos.fêmea<sup>-1</sup> e 5,3 mm no Rio Beça, enquanto nos stocks domésticos variaram entre 496 ovos.fêmea<sup>-1</sup> e 5,4 mm de diâmetro no Mix Dom2 e 4648 ovos.fêmea<sup>-1</sup> e 5,5 mm no Mix Dom1, cujos reprodutores possuíam dimensão/peso muito superior, *i.e.*, Lt = 504,6 mm; Wt = 2046 g em contraste com Lt = 269,7 mm; Wt = 275 g.

Finalmente importa salientar a revisão efetuada por Klemetsen et al. (2003) acerca dos salmonídeos, na qual vários estudos alertam para preocupações associadas às alterações climáticas, particularmente o aquecimento global, e aos impactes negativos nas populações de salmonídeos (Minns et al., 1995; Dempson et al., 2001). De facto, são de esperar modificações ao nível da atividade, migrações e desova, desenvolvimento embrionário, eclosão, emergência, crescimento e características do *life-history* dos salmonídeos, como resultado das variações extremas na temperatura e fluxo de água (Elliot & Elliot, 2010). Neste enquadramento, foram observados nos rios do Parque Natural de Montesinho (NE de Portugal) durante o ano de 2022, mais especificamente no período de verão, *i.e.*, de julho a setembro, diminuições drásticas nos caudais dos rios e temperaturas muito elevadas para rios tipicamente de aptidão salmonícola. Com efeito, os rios Sabor, Maçãs, Baceiro e Mente assumiram um carácter temporário neste período, tendo a conectividade fluvial ocorrido apenas nos rios Tuela e Rabaçal. Por outro lado, foi atingida uma temperatura da água de 24 °C, limitante para o desenvolvimento da truta-de-rio, uma espécie de características estenotérmicas (ótimo < 20 °C). Tal facto implicou perdas

significativas de efetivos, quer no meio selvagem quer inclusive em cativeiro (e.g., Posto Aquícola de Castrelos), configurando a necessidade de repensar a gestão da espécie e habitats e o ordenamento das massas hídricas. Com efeito, no caso do Parque Natural de Montesinho foram recentemente desenvolvidos Planos de Gestão e Exploração dos rios Mente, Rabaçal e Tuela (Martinho, 2020, 2021a, 2021b) que importa ampliar a outras massas hídricas e, sempre que necessário, ajustar perante fenómenos extremos, como é o caso das alterações climáticas que produzam impactes negativos com a consequente ameaça da sustentabilidade ecológica.

## 2.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almodóvar A, Nicola GG., (2004). Angling impact on conservation of Spanish stream dwelling brown trout *Salmo trutta*. *Fisheries Management and Ecology* 11:173\_182
- Almódovar, A., Nicola, G.G., Elvira, B., Garcia-Marin, J.-L., (2006). Introgression variability among Iberian brown trout evolutionary significant units: the influence of local management and environmental features. *Freshw. Biol.* 51, 1175–1187.
- Antunes, A., Apostolidis, A., Berrebi, P., Duguid, A., Ferguson, A., García-Marín, J.-L., Guyomard, R., Hansen, M.M., Hindar, K., Koljonen, M.L., Laikre, L., Largiad`er, C., Martínez, P., Nielsen, E.E., Palm, S., Ruzzante, D., Ryman, N., Triantaphyllidis, C., (1999). Conservation genetic management of brown trout (*Salmo trutta*) in Europe. Concerted Action on Identification, Management and Exploitation of Genetic Resources in the Brown Trout (*Salmo trutta*) (“TROUTCONCERT”; EU FAIR CT97-3882). Laikre, L. ed. 91 pp.
- Apostolidis, A., Karakousis, Y., Triantaphyllidis, C. (1996). Genetic divergence and phylogenetic relationships among *Salmo trutta* L. (brown trout) populations from Greece and other European countries. *Heredity* 76, 551–560.
- Barnham K. & Baxter, A., (1998). Condition Factor K for Salmonoid fish. *Fish. notes* 616.
- Barros T., Ferreira E. E Fonseca C. (2021). Relatório no âmbito da Ação 7 (Caraterização Genética e Morfo-Ecológica das Populações de *S.trutta* em Portugal). In Relatório Final do Projeto POSEUR-03-2215-FC-000096: Medidas de Conservação e Gestão orientadas para o Mexilhão-de-rio (Margaritifera margaritifera). U. Aveiro.
- Bhattacharya C.G. (1967). A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics* 23: 115-135.
- Bernás, R., Wąs-Barcz, A., (2020). Genetic structure of important resident brown trout breeding lines in Poland. *J. Appl. Genet.* 61, 239–247.
- Berrebi P., Horvath A., Splendiani A., Palm S., Bernás R. (2021). Genetic diversity of domestic brown trout stocks in Europe. *Aquaculture* 544 (737043)
- Berrebi, P., Caputo Barrucchi, V., Splendiani, A., Muracciole, S., Sabatini, S., Palmas, F., Tougard, C., Arculeo, M., Marić, S., (2019). Brown trout (*Salmo trutta* L.) high genetic diversity around Tyrrhenian Sea as revealed by nuclear and mitochondrial markers. *Hydrobiologia* 826, 209–231.
- Brown C.J.D. & Kamp G.C., (1941). Gonad measurement and egg counts of brown trout (*Salmo trutta*) from the Madison River, Montana. *Transactions of the American Fisheries Society* 71,195-200.
- Cleary JJ, Pankhurst NW, Battaglione SC, (2000). The effect of capture and handling stress on 715 plasma steroid levels and gonadal condition in wild and farmed snapper *Pagrus auratus* 716 (Sparidae). *Journal of the World Aquaculture Society* 31: 558–569.
- Dempson, J. B., O’Connell, M. F. & Cochrane, N. M., (2001). Potential impact of climate warming on recreational fishing opportunities for Atlantic salmon, *Salmo salar* L. in Newfoundland, Canada. *Fisheries Management and Ecology* 8, 69–82.
- Elliott, J.M. & Elliott J. A., (2010). Temperature requirements of Atlantic salmon *Salmo salar*, brown trout *Salmo trutta* and Arctic charr *Salvelinus alpinus*: predicting the effects of climate change. *Journal of Fish Biology* (2010) 77, 1793–1817
- Fruciano, C., Pappalardo, A.M., Tigano, C., Ferrito, V., (2014). Phylogeographical relationships of Sicilian brown trout and the effects of genetic introgression on

- morphospace occupation. *Biol. J. Linn. Soc.* 112, 387–398.
- Gayaniilo, F.C.Jr., Sparre P., Pauly D., (2005). FAO-ICLARM stock assessment tools II (FiSAT II) (Revised version). User's guide. FAO computerized information series (fisheries). Nº 8. Rome FAO. 168 pp.
- Hansen, M.M., Loeschcke, V., (1994). Effect of releasing hatchery-reared brown trout to wild trout populations. *Conserv. Genet.* 68, 273–289.
- Hassin S, De Monbrison D, Hanin Y, Elizur A, Zohar Y, Popper DM, (1997). Domestication of 800 the white grouper, *Epinephelus aeneus*. 1. Growth and reproduction. *Aquaculture* 156: 801 305–316.
- Hopkins C.L. (1970). Some aspects of the bionomic fish in the brown trout nursery stream. *Fisheries Research Bulletin of New Zealand* 4,1-38.
- Ibarra-Zatarain Z, Fatsini E, Rey S, Chereguini O, Martin I, Rasines I, Alcaraz C, Duncan N 811, (2016). Characterization of stress coping style in Senegalese sole (*Solea Senegalensis*) 812 juveniles and breeders for aquaculture. *Royal Society Open Science* 3: 160495.
- Klemetsen, A., Amundsen, P.-A., Dempson, J. B., Jonsson, B., Jonsson, N., O'Connell, M. F. & Mortensen, E., (2003a). Atlantic salmon *Salmo salar* L., brown trout *Salmo trutta* L. and Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.): a review of aspects of their life histories. *Ecology of Freshwater Fish* 12, 1–59.
- Krejszef S, Targońska K, Zarski D, Kucharczyk D, (2009). Domestication affects spawning of 841 the ide (*Leuciscus idus*)-preliminary study. *Aquaculture* 295: 145–147.
- Largiadèr, C.R., Scholl, A., (1995). Effects of stocking on the genetic diversity of brown trout populations of the Adriatic and Danubian drainages in Switzerland. *J. Fish Biol.* 47, 209–225.
- Lerceteau-Kohler, E., Schliewen, U., Kopun, T., Weiss, S., (2013). Genetic variation in brown trout *Salmo trutta* across the Danube, Rhine, and Elbe headwaters: a failure of the phylogeographic paradigm? *BMC Evol. Biol.* 13, 176.
- Lorenzen K, Beveridge MCM, Mangel M, (2012). Cultured fish: Integrative biology and 878 management of domestication and interactions with wild fish. *Biological Reviews* 87: 639-660.
- MacDowal R.M., (1978). *New Zealand Freshwater Fishes - A Guide and Natural History*. Heinemann Educational Books (NZ), Auckland, New Zealand.
- Martinho A., (2020). Plano de Gestão e Exploração da Zona de Pesca Lúdica do Rio Mente. Divisão de Extensão e Competitividade Florestal. Departamento Regional de Gestão e Valorização da Floresta. Direção Regional de Conservação da Natureza e Florestas do Norte. Vila Real, 76 pp
- Martinho A., (2021a). Plano de Gestão e Exploração da Zona de Pesca Lúdica do Rio Tuela. Divisão de Extensão e Competitividade Florestal. Departamento Regional de Gestão e Valorização da Floresta. Direção Regional de Conservação da Natureza e Florestas do Norte. Vila Real.
- Martinho A., (2021b). Plano de Gestão e Exploração da Zona de Pesca Lúdica do Rio Rabaçal. Divisão de Extensão e Competitividade Florestal. Departamento Regional de Gestão e Valorização da Floresta. Direção Regional de Conservação da Natureza e Florestas do Norte. Vila Real.

- Martinho A.M.V., (2008). Gestão sustentável de populações de Truta (*Salmo trutta*): O Caso do Rio Olo. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção Florestal. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real. 153 pp.
- Milla S., Pasquet A., El Mohajer L., Fontaine P., (2020). How domestication alters fish phenotypes. *Reviews in Aquaculture*, Wiley 13 (1), pp.388-405. 10.1111/raq.12480. hal- 02930642
- Minns, C. K., Randall, R. G., Chadwick, E. M. P., Moore, J. E. & Green, R. (1995). Potential impact of climate change on the habitat and population dynamics of juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in eastern Canada. In *Climate Change and Northern Fish Populations* (Beamish, R. J., ed.), pp. 699–708. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 121.
- Moyle P.B. (1976) *Inland Fishes of California*. University of California Press, Berkeley, CA, USA.
- Naish, K.A., Taylor, J.E., Levin, P.S., Quinn, T.P., Winton, J.R., Huppert, D., Hilborn, R. (2008). An evaluation of the effects of conservation and fishery enhancement hatcheries on wild populations of salmon. *Adv. Mar. Biol.* 53, 61–194.
- Okpala COR, Sardo G, Vitale S (2017) On the acclimatization of pelagic fish species 921 juveniles in a closed environment: An atlantic horse mackerel case study. *American Journal of Animal and Veterinary Sciences* 12: 65–70.
- Pauly D., Morgan G.R. (eds.) (1987). Length-based methods in fisheries research. *ICLARM Conf. Proc.* 13: 468.
- Pauly D. (1979). Theory and management of tropical multispecies stocks - A review, with emphasis on the southeast Asia demersal fisheries. *ICLARM Studies & Review* 1: 1-35.
- Price EO (1999) Behavioral development in animals undergoing domestication. *Applied Animal Behaviour Science* 65: 245–271.
- Ricker W.E. (1975). Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bull. 191 of the Depart. Of the Environment Fisheries and Marine Service, Ottawa, 382 pp.
- Sampaio FDF, Freire CA (2016) An overview of stress physiology of fish transport: changes 971 in water quality as a function of transport duration. *Fish and Fisheries* 17: 1055–1072.
- Sanz, N., (2018). Phylogeographic history of brown trout: a review. In: Lobon-Cervia, J., Sanz, N. (Eds.), *Brown Trout: Biology, Ecology and Management*. John Wiley & Sons Ltd., pp. 17–63
- Segner H, Sundh H, Buchmann K, Douxfils J, Sundell KS, Mathieu C, Ruane N, Jutfelt F, 981 Toften H, Vaughan L (2012) Health of farmed fish: Its relation to fish welfare and its 982 utility as welfare indicator. *Fish Physiology and Biochemistry* 38: 85–105.
- Sparre P., Venema S. C. (1997). Introdução à avaliação de mananciais de peixes tropicais. FAO documento Técnico Sobre Pescas 306/1 Rev2. Parte 1 – Manual.
- Teixeira A. & Cortes R.M.V. (2007). Pit Telemetry as a Method to Study the Habitat Requirements of Fish Populations. Application to Native and Stocked Trout Movements. *Hydrobiologia* 582:171-185.
- Teixeira A. (2006). Repovoamento de rios de salmonídeos (*Salmo trutta* L.): Estratégias diferenciais de utilização de recursos entre trutas nativas e estabuladas. Efeitos na dinâmica destas populações e incidências na gestão da espécie. Tese de Doutorado. UTAD, Vila Real. 159 pp.

- Teixeira A. et al. (2021). Conservação e Gestão orientadas para o Mexilhão-do-Rio (*Margaritifera margaritifera*) (Relatório Final). Coordenação Geral: QUERCUS - Associação Nacional para a conservação da Natureza (Concurso Internacional n.º 01/2018, Ref.ª CP01-MARG-QUERCUS/2018). Operação POSEUR-03-2215-FC-000096.
- Teixeira A., Fonseca T. e Oliveira J. (2013). Habitat improvement and restocking of salmonid streams in Northeastern Portugal. *Silva Lusitana* 21: 1-8.
- Thomas J.D. (1964) Study on the growth of trout, *Salmo trutta* from four contrasting habitats. *Proceedings of the Zoological Society of London* 142,459-510.
- Toledo M., Lemaire A.L., Bagliniere J.L. & Bran\_ a F. (1993). Caracteristiques biologiques de la truite de mer (*Salmo trutta*) au nord de l'Espagne, dans deux rivières des Asturies. *Bulletin Francais de Peche et de Pisciculture* 330, 295-306.
- Wootton, R.J. (1998). *Ecology of Teleost Fishes*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Von Bertalanffy L. (1938). A quantitative theory of organic growth. *Human Biology* 10: 181-213.
- Zeiss E., Basulto S. & Astudillo V. (1973) Consideraciones sobre algunos aspectos del desove e incubacion artificial de truchas del genero *Salmo* en Chile. *Biologia Pesquera de Chile* 6,77-100.

### Capítulo 3. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho permitiu aprofundar o conhecimento da reprodução em cativeiro da truta-de-rio em Portugal, inserido num quadro de sustentabilidade ecológica. Entre as principais conclusões deste trabalho, realçam-se para as diferentes etapas do processo de domesticação dos stocks de truta-de-rio:

#### 1. 1ª etapa do processo de domesticação

**a. Seleção e captura de stocks selvagens:** Foram selecionados e capturados, pelo menos 100 exemplares, pertencentes às populações selvagens de truta-de-rio dos rios/bacias hidrográficas do Côa, Baceiro/Sabor, Beça/Olo, Paiva, Vez, Neiva, Cávado e Mouro/Sucastro. A seleção baseou-se no conhecimento prévio da diversidade genética e na estratégia definida pelo Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas. A baixa produtividade piscícola dos rios de Portugal refletiu-se na densidade de truta-de-rio (CPUE < 11 indivíduos/100 m<sup>2</sup>), quer em troços exclusivamente salmonícola, quer em troços de transição salmonícola/ciprinícola, onde se registou a sua coabitação com outras espécies nativas, caso do escalo-do-norte, o bordalo, a boga-do-Douro e o ruivaco. Não foi registada qualquer mortalidade piscícola na captura;

**b. Manuseio e transporte de stocks selvagens para o cativeiro:** Todos os exemplares capturados foram minimamente manuseados, de modo a evitar o stress de origem mecânica, físico-química, social e sensorial, e transportados para os Postos Aquícolas de Castrelos (Bragança) e Torno (Amarante). Assim, logo que capturados através de pesca elétrica, os exemplares foram, de imediato, colocados num tanque com a água do próprio rio, com sistema de fornecimento suplementar de oxigénio dissolvido, e transportados com baixa densidade, no mesmo dia, para o local de destino. A mortalidade piscícola não excedeu 5%;

#### 2. 2ª etapa do processo de domesticação

**a) Aclimação ao cativeiro – fase inicial:** Recorreu-se à implementação de novas metodologias na aclimação dos animais selvagens com melhorias promovidas ao nível da alimentação, do habitat e bem-estar animal, inclusive com ao nível social de forma a acelerar o processo de adaptação. **Ao nível do habitat** foi feita a naturalização dos tanques, com a criação de

diversidade de microhabitats, através de colocação plantas aquáticas e zonas de substrato natural, incorporação de vasos com vegetação ripícola típica dos rios da região (salgueiros e freixos), criação de refúgios aquáticos, através da colocação de caixas de madeira (e.g. lunkers), isolamento visual pela colocação de tela de ensombramento, criação de ilhas flutuantes “*wetlands*” de plantas, para melhoria da qualidade da água. Foram também colocadas redes de nylon (5x5 cm) de modo a inviabilizar a predação natural (aves – garça, corvos-marinhos e mamíferos – lontra) e ainda redes nas entradas dos tanques, de modo a evitar a fuga de peixes. **Ao nível da alimentação** em cativeiro foi inicialmente fornecida uma dieta mista composta por alimento artificial (farinha de peixe) e natural, composto por larvas de invertebrados e pequenos peixes. Paralelamente, todos os tanques foram dotados de zonas com feixes de luz LED, ativas no período crepuscular e noturno, de modo a atrair insetos adultos (alados) constituindo mais uma fonte de alimento para os peixes. **Ao nível da social** foram incorporados nos tanques alguns exemplares domésticos devidamente identificados (marcados com PIT tags) com o intuito de “ensinarem” as trutas selvagens a capturar o alimento inerte (ração). Não foram detetadas mortalidade superiores a 10%, tendo em consideração todos os stocks selvagens;

**b) Avaliação do crescimento e evolução da condição corporal:** Da implementação dos modelos de crescimento de von Betalanffy resultou o estabelecimento de vários parâmetros, baseados nos stocks selvagens, com coeficientes de crescimento entre  $0,30 < K < 0,37$  e comprimentos máximos  $290 < L_{máx} < 335$  mm, enquanto a partir da relação peso-comprimento foi possível encontrar coeficientes de alometria entre  $2,82 < b < 3,09$ . No que respeita à condição corporal os valores oscilaram entre  $< 0,77 < K < 1,6$ . Com efeito, apesar das diferenças significativas detetadas a condição dos peixes, no momento da captura, a condição corporal variou entre uma classificação de Razoável e Bom. Relativamente à evolução da condição corporal em cativeiro não se registaram, para os dados disponíveis e período analisado, variações assinaláveis nos parâmetros determinados, sugerindo uma adaptação adequada ao cativeiro, positivamente correlacionada com as melhorias implementadas nas condições dos tanques.

### **3. 3ª etapa do processo de domesticação**

Nesta etapa, identificada pela produção de alevins em cativeiro, foram produzidos no ano de 2022 cerca de 1 000 000 de alevins originários de stocks selvagens, cujos progenitores foram previamente aclimatados ao cativeiro. No presente estudo foram também identificadas as características reprodutivas. Assim, por exemplo para os stocks selvagens, obtiveram-se valores médios oscilando entre 384 ovos.fêmea<sup>-1</sup> e 4,6 mm de diâmetro no Rio Baceiro/Sabor e 3264 ovos.fêmea<sup>-1</sup> e 5,3 mm no Rio Beça, enquanto nos stocks domésticos variaram entre 496 ovos.fêmea<sup>-1</sup> e 5,4 mm de diâmetro no Mix Dom2 e 4648 ovos.fêmea<sup>-1</sup> e 5,5 mm no Mix Dom1.

### **Considerações finais**

Perante todas as ameaças identificadas para os rios (e.g. poluição da água, fragmentação e degradação de habitats aquáticos, morte massiva da galeria ripícola em especial dos amiais, introdução de espécies invasoras, pesca ilegal e sobrepesca, e alterações climáticas) somos de opinião que a conservação *ex situ* e em particular a reprodução em cativeiro, dando seguimento a uma estratégia recentemente definida, assente na legislação da pesca de águas interiores (e.g. DL 112 de 2017), assume carácter prioritário na estratégia de conservação da natureza e da biodiversidade de Portugal, não apenas para as espécies nativas de salmonídeos (e.g., truta-de-rio, truta marisca, salmão) como também para muitas espécies endémicas da Ibéria que englobam leuciscídeos (e.g. escalos, bogas, bordalo, ruivaco) ciprinídeos (e.g., barbos) e cobitídeos (e.g., verdemãs), entre outras. Para tal, é fundamental a continuação na aposta da modernização, com recurso à inovação e tecnologia para dotar as infraestruturas existentes e outras que venham a ser criadas, de condições que permitam preservar stocks de pools génicos de espécies e populações ameaçadas. Por outro lado, a promoção de mecanismos de cogestão com stakeholders locais (e.g., poder local, associações de pescadores, ONGAs) afiguram-se essenciais para a gestão adequada dos stocks selvagens e domésticos, nomeadamente para a definição da tipologia de repovoamentos e largadas a efetuar no futuro, de modo a compatibilizar a salvaguarda do património natural com a exploração dos recursos, num quadro de sustentabilidade dos serviços ecossistémicos associados.