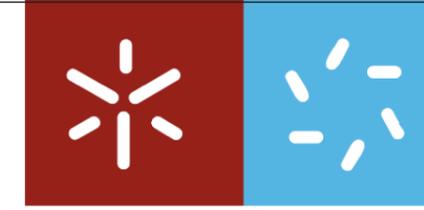




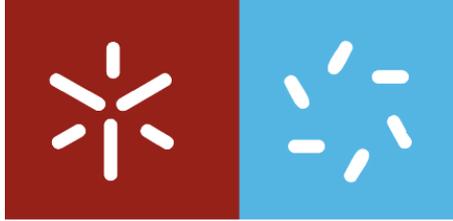
Outubro de 2013



Universidade do Minho
Escola de Ciências

Ângela Maria Amorim

Margaritifera margaritifera no Norte de Portugal: distribuição e estado de conservação



Universidade do Minho
Escola de Ciências

Ângela Maria Amorim

**Margaritifera margaritifera no Norte de
Portugal: distribuição e estado de conservação**

Tese de Mestrado
Mestrado em Ecologia

Trabalho realizado sob a orientação do
Professor Doutor Ronaldo Sousa

Outubro de 2013

DECLARAÇÃO

Nome: Ângela Maria Amorim

Endereço electrónico: angela.amorim.bio@gmail.com

Telefone: 927713714

Número do Bilhete de Identidade: 13767814

Título tese: *Margaritifera margaritifera* no Norte de Portugal: distribuição e estado de conservação

Orientador: Professor Doutor Ronaldo Sousa

Ano de conclusão: 2013

Designação do Mestrado: Ecologia

DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO EM VIGOR, NÃO É PERMITIDA A REPRODUÇÃO DE QUALQUER PARTE DESTA TESE

Universidade do Minho, ___/___/_____

Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS

Ao Departamento de Biologia (Universidade do Minho), instituição de acolhimento, por todo o apoio logístico ao longo dos vários meses em que decorreu este trabalho.

Ao Professor Doutor Ronaldo Sousa, meu orientador, que me deu a possibilidade de realizar este trabalho, por se mostrar sempre disponível e pela infindável ajuda nos últimos 2 anos de trabalho conjunto.

À restante equipa do projecto, Professora Doutora Simone Varandas, Professor Doutor Amílcar Teixeira e Dr. Manuel Lopes-Lima, sem os quais não seria possível realizar este trabalho.

Aos meus amigos de mestrado, pelo companheirismo e motivação demonstrados nos últimos anos.

Aos meus amigos que sempre estiveram presentes, pelo apoio e incentivo a continuar sem nunca desistir.

À família Piscinas pelo carinho e paciência demonstrados e por serem realmente uma segunda família.

E por último, mas mais importante, um agradecimento muito especial aos meus pais, que são os principais responsáveis pelo meu sucesso académico, pois sempre me apoiaram e incentivaram em todas as minhas decisões, e nunca deixaram que me faltasse nada para conseguir singrar quer na vida de estudante, quer a nível pessoal.

A todos um enorme OBRIGADA!

***Margaritifera margaritifera* no Norte de Portugal: distribuição e estado de conservação**

RESUMO

Os ecossistemas de água doce e a sua biodiversidade estão seriamente ameaçados por diversas atividades humanas. Uma das espécies que nos últimos anos tem recebido especial atenção de conservação em sistemas de água doce é o mexilhão de rio *Margaritifera margaritifera* (Linnaeus, 1758). Esta espécie com um ciclo de vida complexo e altamente sensível a pressões humanas tem ampla distribuição geográfica que abrange toda a zona Holárctica. Dado o extenso declínio nas últimas décadas, *M. margaritifera* é internacionalmente protegida. Em Portugal, populações de *M. margaritifera* ainda existem mas apenas em locais onde a pressão humana é diminuta.

Neste estudo não foram encontrados mexilhões no rio Cávado. Nos rios Neiva, Terva e Beça as populações tem densidades reduzidas e estão envelhecidas, onde mais de 70% dos mexilhões são maiores que 80 mm. Populações funcionais com evidências de recrutamento foram encontradas nos rios Paiva, Mente, Rabaçal e Tuela. Nos rios Rabaçal e Tuela foram encontrados populações com densidades elevadas. De um modo geral, verifica-se que existem diferenças significativas nos comprimentos de *M. margaritifera* entre todos os rios, e evidências de uma preferência por áreas junto às margens e com uma baixa profundidade, sedimentos arenosos e cascalho, um alto grau de vegetação ripícola como cobertura e uma ampla gama de velocidades de corrente. *Salmo trutta*, peixe hospedeiro de *M. margaritifera*, esteve presente em todos os rios, tal como um elevado número de insetos aquáticos sensíveis à poluição pertencentes à ordem Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera.

Populações de *M. margaritifera* que vivem em latitudes mais baixas, como em Portugal, são de grande importância para a conservação da diversidade genética e evolução da espécie. Como várias ameaças (e.g. incêndios, mudanças climáticas, presença de açudes e barragens) foram identificadas nestes rios, a implementação de medidas de conservação que incluam por exemplo reflorestação e aumento da conectividade devem ser urgentemente aplicadas.

***Margaritifera margaritifera* in Northern Portugal: distribution and conservation status**

ABSTRACT

Freshwater ecosystems and their biodiversity are being seriously threatened by human activities. One of the species that received a special attention about their conservation is the pearl mussel *Margaritifera margaritifera* (Linnaeus, 1758). This species, with a complex life cycle and highly sensitive to human pressures has a wide distributional range that includes the entire Holarctic zone. Given their decline in the last decades, *M. margaritifera* is internationally protected. In Portugal, *M. margaritifera* populations still exist but only in sites with a very low human pressure.

In this study we did not find pearl mussels in the river Cávado. In rivers Neiva, Terva and Beça populations have a low density and showed signs of aging, where more than 70% of the individuals were bigger than 80mm. Functional populations with evidence of recruitment were found in rivers Paiva, Mente, Rabaçal and Tuela. In rivers Rabaçal and Tuela populations with high densities were found. In general, there are significant differences in shell length of *M. margaritifera* along all rivers, and this species preferred areas near the banks with low depth, sandy and gravel sediments, high degree of cover by riparian vegetation and a wide range of current velocities. The *Salmo trutta*, host fish for *M. margaritifera*, was present in all rivers. All rivers had also a high number of insects sensitive to water pollution belonging to the Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera orders.

Margaritifera margaritifera populations from lower latitudes, such as those in Portugal, have great importance for the conservation of their genetic diversity and is important for species evolution. Since many threats (e.g. fires, climate change, presence of weirs and dams) were identified in these rivers, conservation measures that include, for example, reforestation and increase connectivity should be implemented urgently.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	ii
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
ÍNDICE.....	v
ABREVIATURAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE TABELAS	xi
1.INTRODUÇÃO	2
2. MATERIAIS E MÉTODOS	8
2.1. ÁREA DE ESTUDO	8
2.2. METODOLOGIA E ANÁLISE DE DADOS	13
3. RESULTADOS	20
3.1. RIO CÁVADO	20
3.2. RIO NEIVA	20
3.3. RIO TERVA	21
3.4. RIO BEÇA	24
3.5. RIO PAIVA	27
3.6. RIO MENTE	31
3.7. RIO RABAÇAL	35
3.8. RIO TUELA.....	38
3.9. GERAL	42
4. DISCUSSÃO	48
4.1. DISTRIBUIÇÃO E ESTRUTURA DAS POPULAÇÕES	48
4.2. CARACTERIZAÇÃO DO HABITAT E HOSPEDEIROS.....	52
4.3. CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL	54
4.4. AMEAÇAS À ESPÉCIE E POSSÍVEIS MEDIDAS DE CONSERVAÇÃO	55
5. CONCLUSÃO	61
BIBLIOGRAFIA.....	62
ANEXOS	70

ABREVIATURAS

ASPT – Pontuação média por Taxon

BMWP – Índice de Monitorização biológica do grupo de trabalho

CNPGB – Comissão Nacional Portuguesa da Grandes Barragens

CPUE – Captura por unidade de esforço constante em cada meso-habitat

EPT – Número de famílias pertencentes às ordens Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera

EQR – Qualidade Ecológica Relativa

ETD – Soma das abundâncias de indivíduos pertencentes às famílias Heptageniidae, Ephemeridae, Brachycentridae, Goeridae, Odontoceridae, Limnephilidae, Polycentropodidae, Athericidae, Dixidae, Dolichopodidae, Empididae, Stratiomyidae

EUA – Estados Unidos da América

HMS – Índice de Modificação de Habitat

HQA – Avaliação da Qualidade do Habitat

IASPT – ASPT Ibérico, que corresponde ao BMWP Ibérico dividido pelo número de famílias incluídas no cálculo do BMWP Ibérico

INAG – Instituto Nacional da Água

IPT_n – Índice Português de Invertebrados do Norte

IUCN – União Internacional para a Conservação da Natureza

RHS – *River Habitat Survey*

UE – União Europeia

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1** - Três mexilhões de rio *M. margaritifera* no rio Rabaçal (norte de Portugal).
- Figura 2** - Ciclo de vida do mexilhão de rio *M. margaritifera*.
- Figura 3** - Localização geográfica dos rios Cávado e Neiva e respetivos pontos de amostragem.
- Figura 4** - Localização geográfica do rio Paiva e respetivos pontos de amostragem.
- Figura 5** - Localização geográfica dos rios Beça e Terva e respetivos pontos de amostragem.
- Figura 6** - Localização geográfica dos rios Mente, Rabaçal e Tuela e respetivos pontos de amostragem.
- Figura 7** - Amostragem do mexilhão de rio *M. margaritifera* (**a**- *bathyscopes* (com vidro no fundo), **b**- mergulho em apneia e **c**- levantamento com quatro pessoas).
- Figura 8** - Medição das dimensões do mexilhão de rio *M. margaritifera* com craveira (**a**- comprimento, **b**- altura e **c**- largura).
- Figura 9** - Recolha de macroinvertebrados com rede de mão.
- Figura 10** - Avaliação da ictiofauna recorrendo à pesca elétrica (rio Paiva).
- Figura 11** - Número de indivíduos de *M. margaritifera* por 250 m em S1, S2 e S3; 500 m em S4; 3000 m em S5 e 250 m em S6 e S7, amostrados no rio Neiva.
- Figura 12** - Estrutura da população de *M. margaritifera* no Rio Neiva (N= 21).
- Figura 13** - Número de indivíduos de *M. margaritifera* por 800 m em S1; 1750 m em S2; 800 m em S3; 1000 m em S4 e 900 m em S5, amostrados no rio Terva.
- Figura 14** - Estrutura da população de *M. margaritifera* no rio Terva (N= 14).
- Figura 15** - Número de indivíduos de *M. margaritifera* por 250 m de rio ao longo dos seis locais amostrados no rio Beça.
- Figura 16** - Estrutura da população de *M. margaritifera* no Rio Beça (N= 66).
- Figura 17** - Comprimento de *M. Margaritifera* ao longo dos seis locais amostrados no rio Beça. As *boxplot* mostram os valores da média (linha central), o intervalo do primeiro ao terceiro quartil (caixa), *Tuckey whiskers* e *outliers* (pontos).
- Figura 18** - Percentagem de indivíduos de *M. margaritifera* presentes no rio Beça em relação às características de habitat: cobertura (dados qualitativos sendo 1 raízes ou vegetação, 2 areia, cascalho ou pedras e 3 calhaus, blocos ou rocha), substrato dominante (dados qualitativos sendo 1 raízes, 2 areia, cascalho ou pedras e 3 calhaus,

blocos ou rocha), velocidade da corrente (dados qualitativos de 0 a 5 onde 0 representa a velocidade nula e 5 a velocidade muito alta), profundidade (cm) e distancia à margem (m).

Figura 19 - Número de indivíduos de *M. margaritifera* por 100 m de rio ao longo dos trinta e dois locais amostrados no rio Paiva.

Figura 20 - Estrutura da população de *M. margaritifera* no rio Paiva (N= 353).

Figura 21 - Comprimento de *M. margaritifera* ao longo dos trinta e dois locais amostrados no rio Paiva. As *boxplot* mostram os valores da média (linha central), o intervalo do primeiro ao terceiro quartil (caixa), *Tuckey whiskers* e *outliers* (pontos).

Figura 22 - Percentagem de indivíduos de *M. margaritifera* presentes no rio Paiva em relação às características de habitat: cobertura (dados qualitativos sendo 1 raízes ou vegetação, 2 areia, cascalho ou pedras e 3 calhaus, blocos ou rocha), substrato dominante (dados qualitativos sendo 1 raízes, 2 areia, cascalho ou pedras e 3 calhaus, blocos ou rocha), velocidade da corrente (dados qualitativos de 0 a 5 onde 0 representa a velocidade nula e 5 a velocidade muito alta), profundidade (cm) e distancia à margem (m).

Figura 23 - Número de indivíduos de *M. margaritifera* por 100 m de rio ao longo dos nove locais amostrados no rio Mente.

Figura 24 - Estrutura da população de *M. margaritifera* no rio Mente (N= 177).

Figura 25 - Comprimento de *M. margaritifera* ao longo dos seis locais amostrados no rio Mente. As *boxplot* mostram os valores da média (linha central), o intervalo do primeiro ao terceiro quartil (caixa), *Tuckey whiskers* e *outliers* (pontos).

Figura 26 - Percentagem de indivíduos de *M. margaritifera* presentes no rio Mente em relação às características de habitat: cobertura (dados qualitativos sendo 1 raízes ou vegetação, 2 areia, cascalho ou pedras e 3 calhaus, blocos ou rocha), substrato dominante (dados qualitativos sendo 1 raízes, 2 areia, cascalho ou pedras e 3 calhaus, blocos ou rocha), velocidade da corrente (dados qualitativos de 0 a 5 onde 0 representa a velocidade nula e 5 a velocidade muito alta), profundidade (cm) e distancia à margem (m).

Figura 27 - Número de indivíduos de *M. margaritifera* por 100 m de rio ao longo dos doze locais amostrados no rio Rabaçal.

Figura 28 - Estrutura da população de *M. margaritifera* no rio Rabaçal (N= 3411).

Figura 29 - Comprimento de *M. Margaritifera* ao longo dos 12 locais amostrados no rio Rabaçal. As *boxplot* mostram os valores da média (linha central), o intervalo do primeiro ao terceiro quartil (caixa), *Tuckey whiskers* e *outliers* (pontos).

Figura 30 - Percentagem de indivíduos de *M. margaritifera* presentes no rio Rabaçal em relação às características de habitat: cobertura (dados qualitativos sendo 1 raízes ou vegetação, 2 areia, cascalho ou pedras e 3 calhaus, blocos ou rocha), substrato dominante (dados qualitativos sendo 1 raízes, 2 areia, cascalho ou pedras e 3 calhaus, blocos ou rocha), velocidade da corrente (dados qualitativos de 0 a 5 onde 0 representa a velocidade nula e 5 a velocidade muito alta), profundidade (cm) e distancia à margem (m).

Figura 31 - Número de indivíduos de *M. margaritifera* por 100 m de rio ao longo dos dezasseis sítios amostrados no rio Tuela.

Figura 32 - Estrutura da população de *M. margaritifera* no rio Tuela (N= 1149).

Figura 33 - Comprimento de *M. Margaritifera* ao longo dos dezasseis locais amostrados no rio Tuela. As *boxplot* mostram os valores da média (linha central), o intervalo do primeiro ao terceiro quartil (caixa), *Tuckey whiskers* e *outliers* (pontos).

Figura 34 - Percentagem de indivíduos de *M. margaritifera* presentes no rio Tuela em relação às características de habitat: cobertura (dados qualitativos sendo 1 raízes ou vegetação, 2 areia, cascalho ou pedras e 3 calhaus, blocos ou rocha), substrato dominante (dados qualitativos sendo 1 raízes, 2 areia, cascalho ou pedras e 3 calhaus, blocos ou rocha), velocidade da corrente (dados qualitativos de 0 a 5 onde 0 representa a velocidade nula e 5 a velocidade muito alta), profundidade (cm) e distancia à margem (m).

Figura 35 - Número total de indivíduos de *M. margaritifera* nos rios Cávado, Neiva, Paiva, Beça, Terva, Rabaçal, Tuela e Mente.

Figura 36 - Estrutura das populações (dados conjuntos) de *M. margaritifera* nos rios Cávado, Neiva, Paiva, Beça, Terva, Rabaçal, Tuela e Mente (N= 5191).

Figura 37 - Comprimento de *M. Margaritifera* nos rios Neiva, Paiva, Beça, Terva, Rabaçal, Tuela e Mente. As *boxplot* mostram os valores da média (linha central), o intervalo do primeiro ao terceiro quartil (caixa), *Tuckey whiskers* e *outliers* (pontos).

Figura 38 - Percentagem de indivíduos de *M. margaritifera* (dados conjuntos de todas as populações amostradas) em relação às características de habitat: cobertura (dados

qualitativos sendo 1 raízes ou vegetação, 2 areia, cascalho ou pedras e 3 calhaus, blocos ou rocha), substrato dominante (dados qualitativos sendo 1 raízes, 2 areia, cascalho ou pedras e 3 calhaus, blocos ou rocha), velocidade da corrente (dados qualitativos de 0 a 5 onde 0 representa a velocidade nula e 5 a velocidade muito alta), profundidade (cm) e distancia à margem (m).

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização da comunidade piscícola nos rios Paiva, Beça, Terva, Rabaçal, Tuela e Mente (x - presente, – ausente).

Tabela 2 - Caracterização ambiental dos rios Paiva, Beça, Terva, Rabaçal, Tuela e Mente. Todos os resultados sobre o estado ecológico da água (WES- Water Ecological Status) baseados nos macroinvertebrados estão incluídos.

INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

Os ecossistemas de água doce e a sua biodiversidade estão seriamente ameaçados por diversas atividades humanas. As principais ameaças, que incluem a perda e fragmentação do habitat (resultantes por exemplo da construção de barragens ou outros obstáculos), regularizações das margens, poluição, introdução de espécies invasoras, sobreexploração dos recursos e as alterações climáticas, têm vindo a intensificar os seus efeitos nas últimas décadas e foram responsáveis pela extinção local, regional ou até mesmo global de diversas espécies (Abell *et al.*, 2007; Carpenter *et al.*, 2011). Por outro lado, os declínios na biodiversidade são muito maiores em água doce do que nos ecossistemas terrestres mais afetados (Sala *et al.*, 2000), embora esta situação não seja amplamente reconhecida quer ao nível científico, político ou da sociedade em geral (Darwall *et al.*, 2011).

Para além dos conflitos causados pelos múltiplos usos da água (produção de energia, produtividade económica, meio de transporte, habitat, entre outros), a conservação da biodiversidade em ecossistemas de água doce é complicada pela sua posição como “recetores”, uma vez que os danos causados nos terrenos envolventes vão convergir a estes ecossistemas aquáticos. Outra característica inerente aos ambientes de água doce, particularmente os rios, é serem vulneráveis aos impactos humanos e por estes ecossistemas serem considerados sistemas abertos e direcionais, onde os diferentes organismos utilizam diferentes habitats nos vários momentos do seu ciclo de vida (Dudgeon *et al.*, 2006). Estas características, às quais se acrescem os altos níveis de endemismo em ecossistemas de água doce (já que estes se encontram muitas vezes isolados) tornam os rios ecossistemas muito difíceis de conservar já que qualquer ameaça, em teoria, pode afetar grandes áreas e várias espécies (Malmqvist & Rundle, 2002; Carpenter *et al.*, 2011).

O conhecimento total da diversidade dos ecossistemas de água doce é lamentavelmente incompleta, especialmente entre os invertebrados e micróbios (Dudgeon *et al.*, 2006). Se bem que o interesse em relação a alguns grupos taxonómicos, nomeadamente aves e mamíferos, tem recebido alguma atenção de conservação dentro de ambientes aquáticos (Ricciardi & Rasmussen, 1999), ainda há grupos faunísticos (e.g. peixes, moluscos e crustáceos) que merecem uma análise muito mais aprofundada (Darwall *et al.*, 2011).

Um dos grupos faunísticos sujeito a grandes pressões e onde existem grandes declínios é o que inclui os moluscos de água doce. Na verdade, nas últimas décadas os moluscos de água doce têm sido submetidos a altas taxas de extinção ou declínio (Lydeard *et al.*, 2004; Régnier *et al.*, 2009), sendo as espécies de mexilhões de água doce especialmente ameaçadas (Strayer *et al.*, 2004). Uma das espécies mais carismáticas deste grupo é mexilhão de rio *Margaritifera margaritifera* (Linnaeus, 1758) (Figura 1), que nos últimos anos tem recebido especial atenção de conservação, principalmente em países Europeus.



Fig. 1 - Três mexilhões de rio *M. margaritifera* no rio Rabaçal (norte de Portugal).

O mexilhão de rio *M. margaritifera* é uma espécie amplamente distribuída em toda a zona Holártica, tendo sido provavelmente o bivalve de água doce mais abundante nos rios oligotróficos do hemisfério norte (Araújo & Ramos, 2001). Na América do Norte, esta espécie ocorre na costa atlântica desde Newfoundland, Canadá até Delaware e Pensilvânia, Estados Unidos da América (EUA) e oeste das montanhas dos Apalaches (EUA) (Ziuganov *et al.*, 1994); no entanto, a sua distribuição atual no continente americano não é totalmente conhecida. Na Europa, por sua vez existem grandes populações nos rios russos da Península de Kola (Ziuganov *et al.*, 2001), na Escandinávia, Irlanda e Escócia (Young & Williams, 1983). A distribuição da espécie na faixa sul da Península Ibérica foi inicialmente considerada limitada a poucas populações com um número baixo de efetivos presentes no norte de Espanha (Bauer, 1986). No entanto, recentemente foram redescobertas populações em Portugal (Reis, 2003) e na Galiza (noroeste de Espanha) (Outeiro *et al.*, 2008; Louis *et al.*, 2013). As maiores populações de *M. margaritifera* na Europa Central são registadas nas bacias dos rios Elba, Danúbio, Weser, Main/Rhine e Mass que estão localizados na Alemanha, República Checa, Áustria, Bélgica e

Luxemburgo. Existem ainda pequenas populações em França e nos Estados Bálticos. Apesar desta alargada distribuição apenas um reduzido número de populações europeias pode ser classificada como viável, ou seja, possuem um número significativo de indivíduos jovens (Geist, 2010).

A espécie *M. margaritifera*, salvo poucas exceções, é unicamente encontrada em rios com durezas baixas e pobres em nutrientes e com águas correntes saturadas em oxigénio. É uma espécie com um ciclo de vida complexo, particularmente sensível à eutrofização e a outras mudanças na qualidade da água. Assim sendo, esta espécie é considerada um excelente indicador em ecossistemas aquáticos, já que raramente é encontrada em locais com poluição (Geist, 2010). Embora não pareça ser um indicador da riqueza de espécies de peixes, é um bom indicador para a coocorrência de espécies especializadas que podem tirar proveito das mudanças estruturais resultantes da presença de uma grande densidade de conchas (substrato para várias espécies de invertebrados), das suas taxas de filtração que retiram material em suspensão na água e o depositam no sedimento, das suas taxas de excreção e consequente efeito no ciclo de nutrientes e como agentes importantes para os seus peixes hospedeiros (Geist, 2010).

Esta espécie é um dos invertebrados com maior longevidade, podendo viver mais de 120 anos, principalmente nas latitudes mais a norte da sua distribuição (Bauer, 1992; Beasley & Roberts, 1999). Tal como acontece com todos os mexilhões das famílias Unionidae e Margaritiferidae, esta espécie tem um ciclo de vida complexo (Figura 2) sendo os sexos de *M. margaritifera* geralmente separados (Bauer, 1987). A complexa estratégia reprodutiva destes mexilhões é marcada por uma alta fertilidade, resultando numa única fêmea produzir vários milhões de larvas (gloquídeos) por ano (Young & Williams, 1984). No final do verão os gloquídeos são libertados para a coluna de água (Geist, 2010). Na primeira etapa do ciclo de vida após a sua libertação, os gloquídeos devem ser inalados por um peixe hospedeiro, onde depois vivem enquistados por um período até dez meses sendo posteriormente libertados no leito do rio (Bauer, 1994). Apenas as trutas (*Salmo trutta trutta* e *Salmo trutta fario*) e o salmão do Atlântico (*Salmo salar*) são conhecidos por permitirem a metamorfose completa dos gloquídeos na Europa, sendo assim consideradas as únicas espécies hospedeiras para esta espécie (Young & Williams, 1984). Durante a fase pós-parasitária, os mexilhões de água doce enterram-se nos sedimentos durante cinco anos, onde dependem de um substrato estável e de condições abióticas específicas (e.g. alto teor em oxigénio) (Buddensiek *et al.*, 1993; Geist & Auerswald,

2007). Após este período os animais vivem toda a sua fase adulta enterrados estando a parte posterior acima da superfície do sedimento de forma a realizarem a filtração.

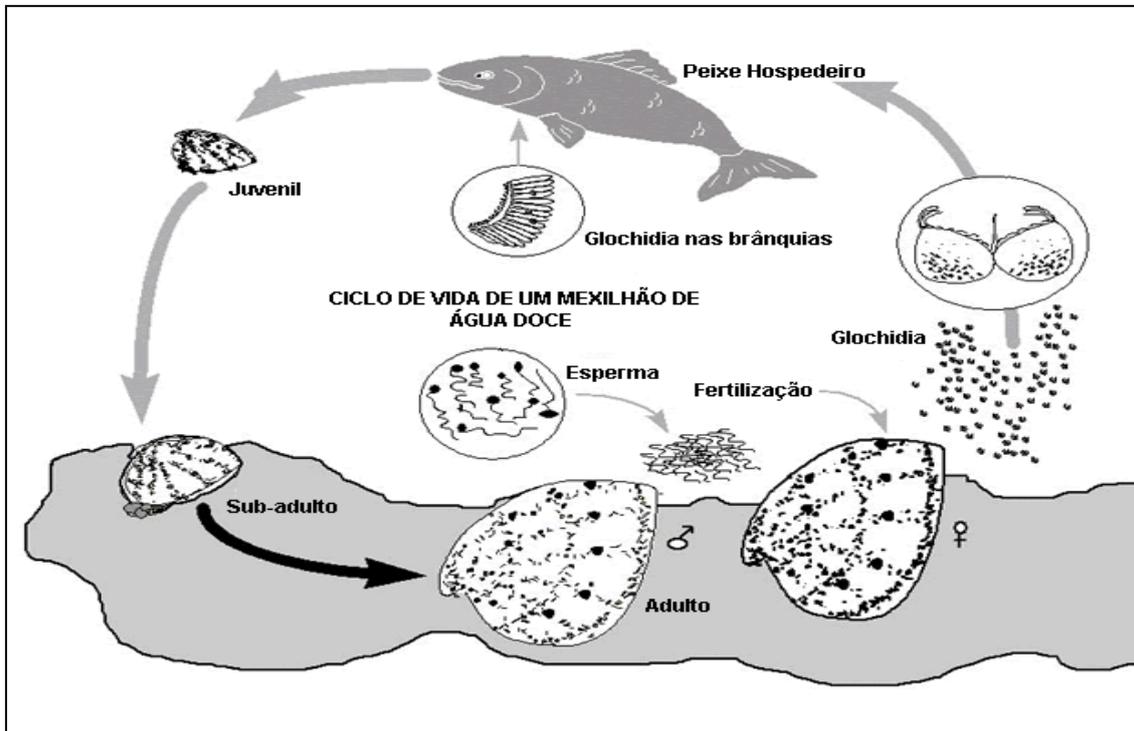


Fig. 2 – Ciclo de vida do mexilhão de rio *M. margaritifera*.

Apesar desta longevidade e distribuição alargada, desde o início do século XX que esta espécie tem sofrido declínios graves em vários ecossistemas aquáticos, tendo desaparecido por completo em muitas regiões europeias (Buddensiek, 1995; Frank & Gerstmann, 2007). O declínio global desta espécie altamente ameaçada na Europa tem atraído muito interesse nas últimas décadas, e vários estudos têm documentado a situação das populações remanescentes e destacado várias causas para o seu declínio (Bauer, 1983; Bauer & Vogel, 1987; Ziuganov *et al.*, 1994; Beasley & Roberts, 1996; Alvarez-Cláudio *et al.*, 2000; Velasco *et al.*, 2002; Reis, 2003; Frank & Gerstmann, 2007). Embora as causas para esta redução catastrófica e extinções locais não sejam totalmente conhecidas, estão normalmente relacionadas com a alteração, perda e degradação do seu habitat (Geist, 2010). A sobrepesca de pérolas desde a época romana (Young & Williams, 1983), juntamente com a poluição da água e eutrofização, regularização de caudais, drenagem, dragagem de canais, introdução de espécies não nativas de peixes e diminuição dos peixes hospedeiros têm sido descritos como os principais fatores implicados na diminuição das populações de *M. margaritifera* (Young & Williams, 1983; Bauer, 1988; Araújo & Ramos, 2001; Hastie & Cosgrove, 2001; Reis, 2006).

Dado o extenso declínio nas últimas décadas, *M. margaritifera* é internacionalmente protegida pelo Anexo III da Convenção de Berna e pelos Anexos II e V da Diretiva Habitat da UE. Foi também listada como “em perigo” na Lista Vermelha da IUCN de espécies ameaçadas, e “criticamente ameaçada” na Europa (IUCN, 2011; Cuttelod *et al.*, 2011). A espécie é também protegida pela Rede Natura 2000.

Em Portugal, esta espécie de água doce foi registada pela primeira vez em 1845, por Morelet, que a descreveu como uma nova espécie (*Unio tristis*) com base numa única concha recolhida no rio Tâmega (Reis, 2003). Dados publicados sobre a presença de *M. margaritifera* em Portugal por Nobre (1941) confirmaram a sua ocorrência no rio Douro e alguns afluentes (rios Tâmega, Sousa, Paiva e Ferreira) a norte, no rio Vouga no centro, e no rio Mira a sul. No entanto, a presença no rio Mira é altamente improvável (e talvez tenha resultado de uma errada identificação de espécimes pertencentes a *Potomida littoralis* como sendo *M. margaritifera*) uma vez que este rio está localizado muito a sul e com condições climáticas e ambientais inapropriadas para a espécie. Por outro lado, os hospedeiros no rio Mira não são adequados. Por sua vez, Bauer (1986) visitou afluentes do Douro, conhecidos por terem contido grandes populações de *M. margaritifera*, e não encontrou nenhum vestígio da espécie. Com base nestes dados Young *et al.* (2001) afirmou que esta espécie deveria estar extinta em Portugal. Por último, Reis (2003, 2006) descreveu a presença de mexilhões de rio em seis rios (Rabaçal, Mente, Tuela e Paiva na bacia do Douro e nos rios Cávado e Neiva), todos localizados no norte de Portugal. Esta área em geral apresenta uma vegetação ripícola bem preservada (com *Alnus glutinosa*) e é colonizada também por espécies de mamíferos importantes do ponto de vista da conservação como o lobo (*Canis lupus*), toupeira de água (*Galemys pyrenaicus*) e lontra (*Lutra lutra*).

Dadas as características ecológicas da espécie bem como a sua importância de conservação, aliada à falta de informação existente sobre *M. margaritifera* em Portugal, tornou-se premente obter dados sobre a sua ecologia básica (e.g. distribuição, abundância, biomassa, estrutura das populações e crescimento) de forma a garantir a sua proteção futura bem como o desenvolvimento de possíveis medidas que mitiguem os impactos a que a espécie tem sido sujeita. Desta forma esta tese de mestrado visou essencialmente avaliar o estado das populações de *M. margaritifera* em Portugal de forma a servir de referência a futuros trabalhos ecológicos e de conservação, bem como apontar medidas de gestão que possam ser utilizadas na conservação da espécie.

MATERIAIS E MÉTODOS

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. ÁREA DE ESTUDO

A espécie em estudo, *Margaritifera margaritifera*, está restrita ao norte de Portugal uma vez que requer águas com temperatura relativamente baixa. Assim, dos principais rios localizados a norte de Portugal (Minho, Lima, Neiva, Cávado, Ave, Tâmega e Douro) foram selecionados para este estudo os rios Cávado, Neiva, bem como alguns dos afluentes do Douro (e.g. Paiva, Beça, Terva, Mente, Rabaçal e Tuela) por, em teoria, possuírem as características abióticas favoráveis à presença da espécie, e por estudos anteriores registrarem a sua presença (Reis, 2003; Varandas *et al.*, 2013).

O Rio Cávado (Figura 3) nasce na serra do Larouco, a uma altitude de cerca de 1520 metros, e desagua no oceano Atlântico, junto a Esposende, após um percurso de 118 quilómetros. A bacia hidrográfica do rio Cávado é limitada a norte pela bacia do rio Lima e a este e a sul pelas bacias dos rios Douro e Ave, tendo uma área de 1600 km². Os seus principais afluentes são o rio Homem na margem direita e o rio Rabagão na margem esquerda. O escoamento médio anual na foz do rio é de 2123 hm³. Nesta bacia estão presentes várias barragens para aproveitamento hidroelétrico dada a grande capacidade de armazenamento (na ordem dos 1180 hm³, valor que corresponde a quase 30 % do total existente em Portugal). As barragens mais importantes são: Alto Cávado, Paradela, Salamonde, Caniçada e Penide no rio Cávado; Alto Rabagão e Venda Nova, no rio Rabagão; e Vilarinho das Furnas, no rio Homem. (*Rio Cávado*, In *Infopédia*; URL:[www.infopedia.pt/\\$rio-cavado](http://www.infopedia.pt/$rio-cavado)). Neste rio foram amostrados cinco locais localizados a montante, uma vez que as zonas a jusante não possuem as condições adequadas para a presença da espécie nomeadamente devido à existência de barragens (Figura 3).

O Rio Neiva (Figura 3) é um rio da região minhota localizado a sul do rio Lima. Desagua no oceano Atlântico, junto à povoação conhecida por Foz do Neiva. A bacia hidrográfica deste rio tem uma área de 242 km² e é caracterizada geologicamente pela existência de granitos e terrenos de aluvião junto à foz. O escoamento total anual na sua foz é de 259 hm³ (*Rio Neiva*, In *Infopédia*; URL:[www.infopedia.pt/\\$rio-neiva](http://www.infopedia.pt/$rio-neiva)). Neste rio, devido ao seu reduzido comprimento, foram amostrados sete locais (Figura 3).

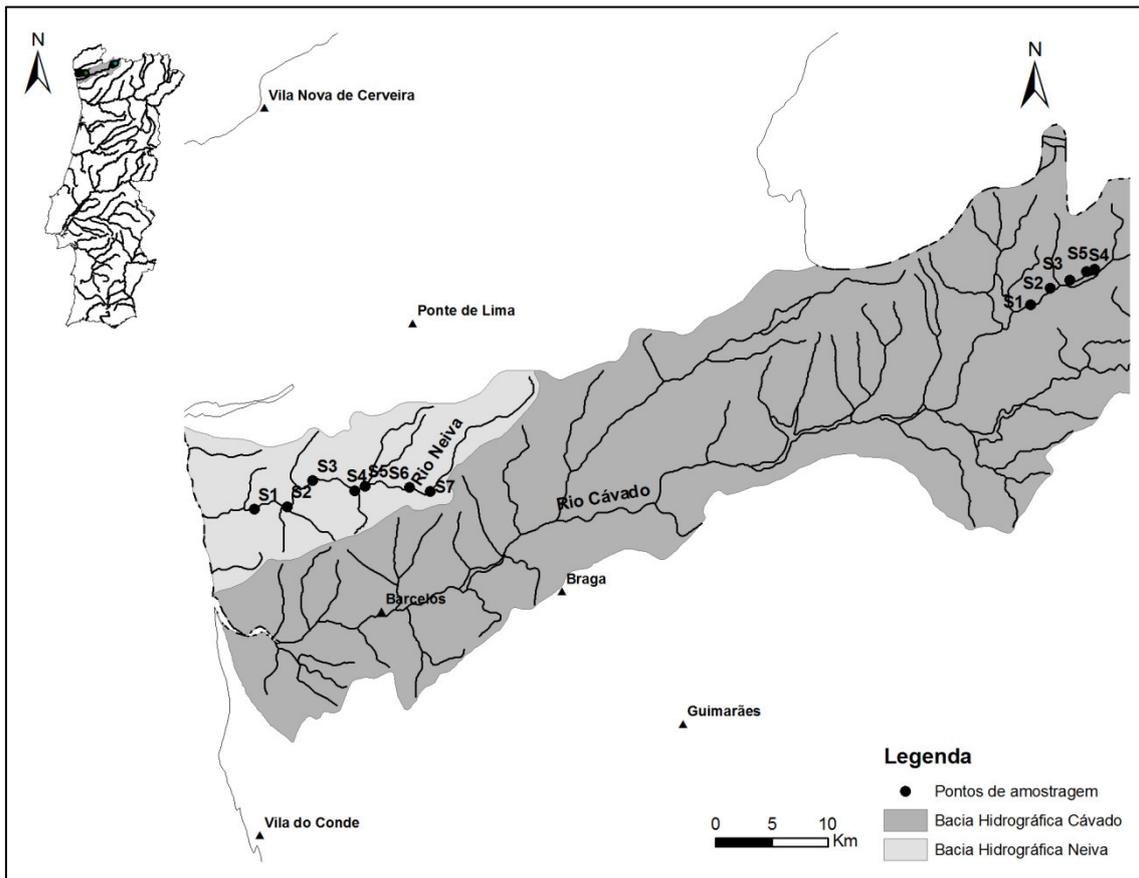


Fig. 3 - Localização geográfica dos rios Cávado e Neiva e respetivos pontos de amostragem.

O Rio Paiva (Figura 4) é o afluente principal da margem esquerda do Douro em Portugal. Nasce na serra de Leomil, tem uma extensão total de 108 quilómetros e uma bacia hidrográfica que abrange uma área de 795 km² inteiramente localizada em Portugal. Possui um escoamento anual médio de 696 hm³ (*Rio Paiva*, In *Infopédia*; URL:www.infopedia.pt/\$rio-paiva). Na zona inicial do rio as margens são dominadas por zonas agrícolas e florestais. Nas zonas médias e baixas, o vale tem encostas muito íngremes e é dominado por extensas áreas florestais com pinheiros e eucaliptos, mas também com carvalhos e sobreiros. Em geral, este rio apresenta uma vegetação ripícola bem preservada (com *Alnus glutinosa*) e água de excelente qualidade, sendo geralmente classificado como um dos rios mais limpos da Europa. Esta área é também colonizada por espécies de mamíferos importantes do ponto de vista da conservação como *Canis lupus*, *Galemys pyrenaicus* e *Lutra lutra*. Dada a sua importância ecológica e de conservação esta área é classificada como um sítio da Rede Natura 2000 (Sousa *et al.*, in press). Neste rio, devido ao seu extenso comprimento, foram realizadas amostras em trinta e dois sítios (Figura 4).

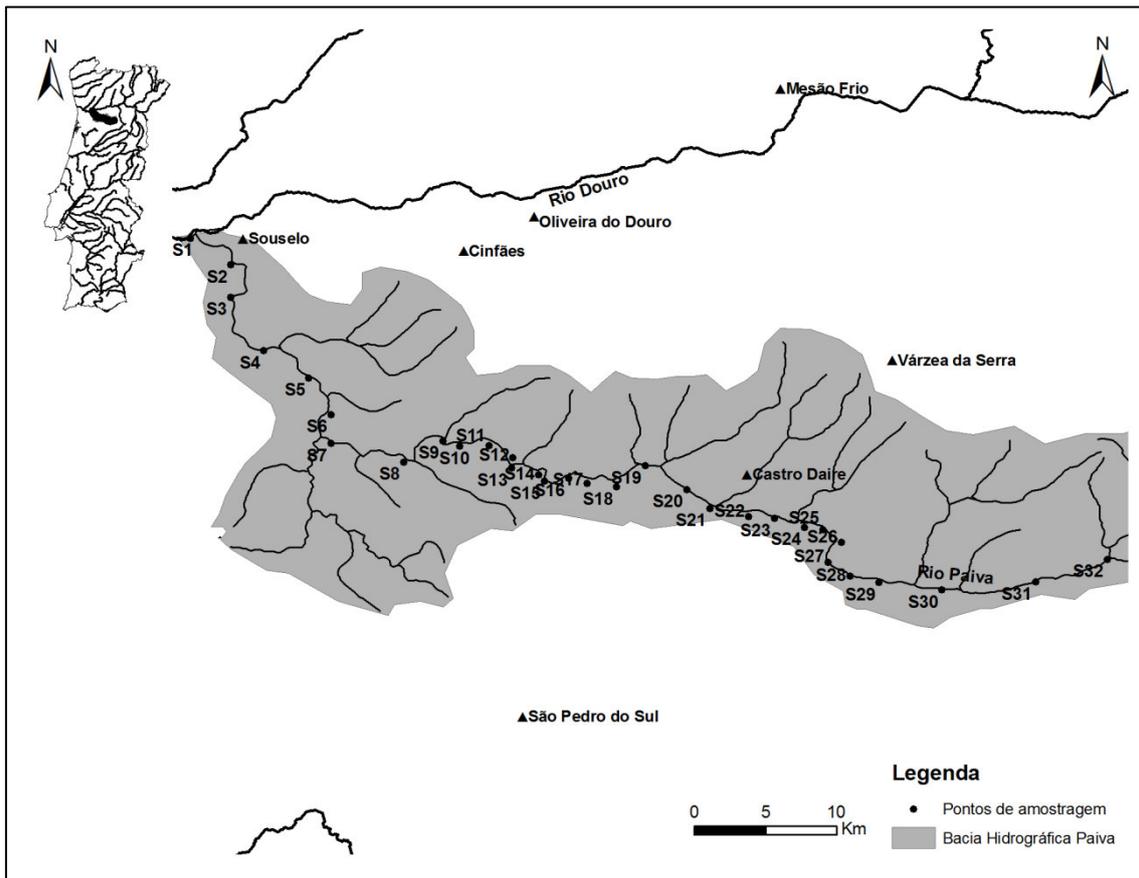


Fig. 4 - Localização geográfica do rio Paiva e respetivos pontos de amostragem.

Os rios Beça e Terva (Figura 5) são afluentes do rio Tâmega. A bacia hidrográfica do rio Beça possui uma área de 337 km², 46 quilómetros de comprimento e uma média de precipitação anual de 1000-2000 mm. Este rio tem geralmente boas condições ambientais devido aos baixos níveis de pressão humana. No entanto, a presença de vários açudes para irrigação e barragens hidroelétricas resultam na interrupção do fluxo natural do rio, na fragmentação do habitat, na perda de conectividade e regulação do caudal (Varandas *et al.*, 2013). Neste rio apenas foram amostrados seis locais (Figura 5). O Rio Terva (Figura 5) possui uma bacia hidrográfica de 101 km² de área e 27 quilómetros de comprimento. Este rio sofre uma maior pressão humana (urbana e agrícola) nas áreas a montante, resultando no enriquecimento em nutrientes (eutrofização) que impõem alguns problemas na qualidade da água, principalmente durante o verão. Estes problemas na qualidade da água resultam igualmente de uma precipitação anual baixa (cerca de 700-800 mm) e também pela presença de açudes e barragens ao longo do rio (Varandas *et al.*, 2013). Neste rio apenas foram amostrados cinco locais (Figura 5).

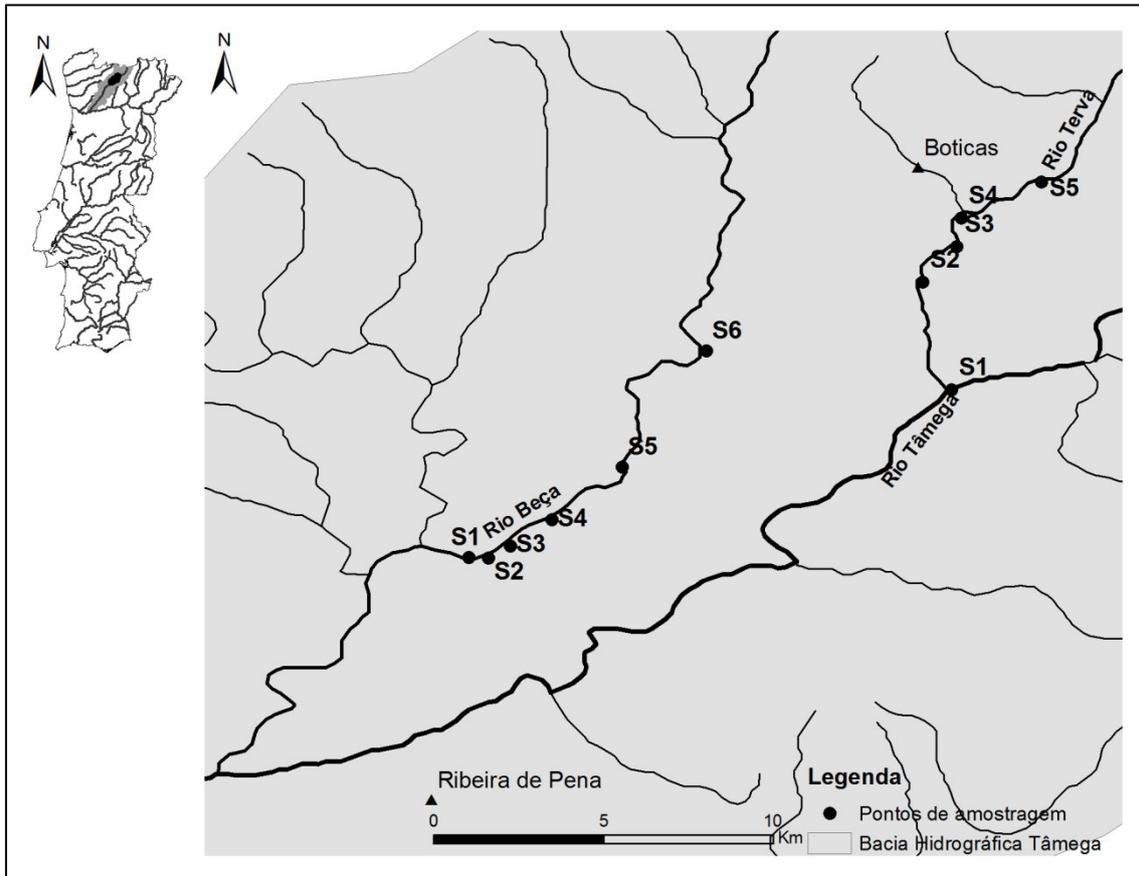


Fig. 5 - Localização geográfica dos rios Beça e Terva e respetivos pontos de amostragem.

O rio Tua é um afluente da margem direita do rio Douro, e em Portugal possui uma bacia hidrográfica com 3123 km² (*Rio Tua, In Infopédia*; URL:www.infopedia.pt/\$rio-tua). Nesta bacia, os três principais afluentes são os rios Mente, Rabaçal e Tuela. O Rio Mente (Figura 6) nasce a 1292 metros de altitude na Serra de Teixeira na Galiza e tem uma extensão de 57 quilómetros. Serve de fronteira entre Portugal e Espanha na parte média do seu curso e desagua no rio Rabaçal, após cerca de 35 quilómetros em território português (*Rio Mente, In Infopédia*; URL:www.infopedia.pt/\$rio-mente). Neste rio foram amostrados nove locais (Figura 6). O Rio Rabaçal (Figura 6) nasce na Galiza e entra em Portugal pelo concelho de Vinhais, onde conflui com o Rio Mente. O seu percurso em território português é de cerca de 65 quilómetros (*Rio Rabaçal, In Infopédia*; URL:www.infopedia.pt/\$rio-rabacal). Possui duas barragens (Barragem de Rebordelo no extremo sul do concelho de Vinhais e a Barragem de Bouçoais-Sonim no concelho de Mirandela/Valpaços) antes de se juntar ao Rio Tuela a Norte de Mirandela, para formar o Rio Tua (CNPGB; URL:cnpgeb.inag.pt/gr_barragens/gbportugal/Mapanorte.htm). Neste rio foram amostrados doze locais (Figura 6). O Rio Tuela (Figura 6) nasce em Espanha na provincia de

Castela e Leão, na Serra Secundera, a 1896 m de altitude, e entra em Portugal no concelho de Vinhais. Constitui a parte superior do rio Tua até à sua confluência com o rio Rabaçal, três quilómetros a norte da cidade de Mirandela (*Rio Tuela*, In *Infopédia*; URL:www.infopedia.pt/\$rio-tuela). É um rio com uma extensão semelhante ao Rio Rabaçal possuindo uma barragem (Barragem de Nunes) no concelho de Vinhais (CNPGB; URL:cnpgb.inag.pt/gr_barragens/gbportugal/Mapanorte.htm). Neste rio foram amostrados dezasseis locais (Figura 6).

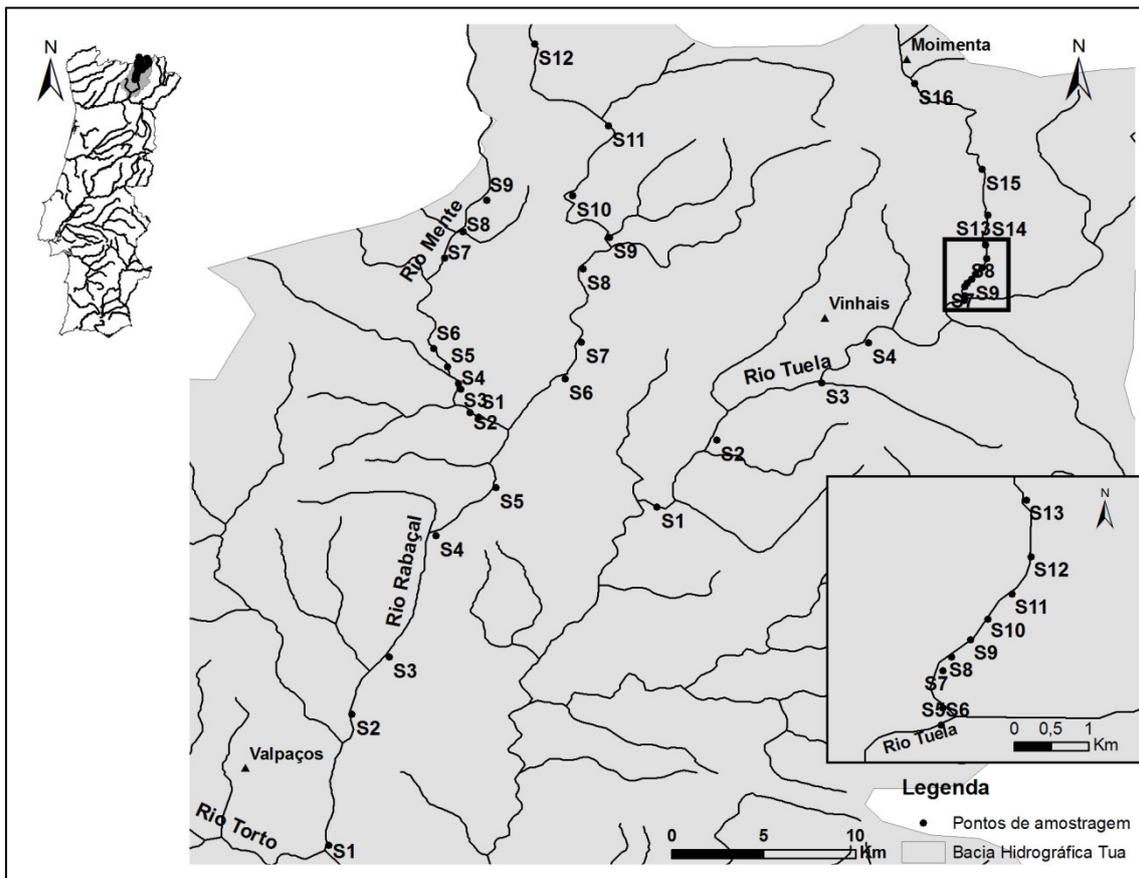


Fig. 6 - Localização geográfica dos rios Ribeira, Rabaçal e Tuela e respetivos pontos de amostragem.

2.2. METODOLOGIA E ANÁLISE DE DADOS

Neste estudo foram feitas amostragens nos rios Beça e Terva (entre Julho e Setembro de 2011), Neiva (entre Agosto e Setembro de 2012), Paiva (entre Março e Julho de 2012), Cávado (Agosto de 2012), Mente (Julho de 2013), Rabaçal e Tuela (entre Maio e Setembro de 2013) ao longo dos troços com características ambientais que em teoria podem ser colonizados por *M. margaritifera*. Nestes rios, percursos de 100 m foram amostrados, com exceção dos rios Neiva, Terva e Beça que como possuíam abundâncias muito baixas, optou-se por realizar percursos que variaram entre os 250 m e os 3000 m. Nestes locais todos os indivíduos visíveis foram amostrados utilizando *bathyscopes* (com vidro no fundo) e mergulho em apneia (Figura 7a e 7b). Estes levantamentos foram realizados sempre com um mínimo de quatro pessoas e um mínimo de duas horas despendidas em cada local (Figura 7c). Para todos os indivíduos encontrados foram registados cinco atributos ecológicos (distância à margem, profundidade média da coluna de água, velocidade média da corrente, tipo de substrato predominante do leito do rio e a cobertura encontrada no local onde foi encontrado o indivíduo amostrado) de forma a avaliar o micro-habitat preferencial para a espécie.

Para cada local a abundância de mexilhões de rio foi determinada.



Fig. 7 - Amostragem do mexilhão de rio *M. margaritifera* (**a**- mergulho em apneia, **b**- *bathyscopes* (com vidro no fundo) e **c**- levantamento com quatro pessoas).

Em todos os animais recolhidos foram medidas as dimensões dos indivíduos (comprimento, altura e largura da concha) com uma craveira (Figura 8). Todos os indivíduos foram cuidadosamente devolvidos ao rio na sua posição original após a recolha destas informações. Para inferir sobre a estrutura da população e verificar se há evidências de recrutamento recente, foi usada uma distribuição de tamanho-frequência com intervalos de 5 milímetros seguindo a metodologia descrita em Young *et al.* (2001).

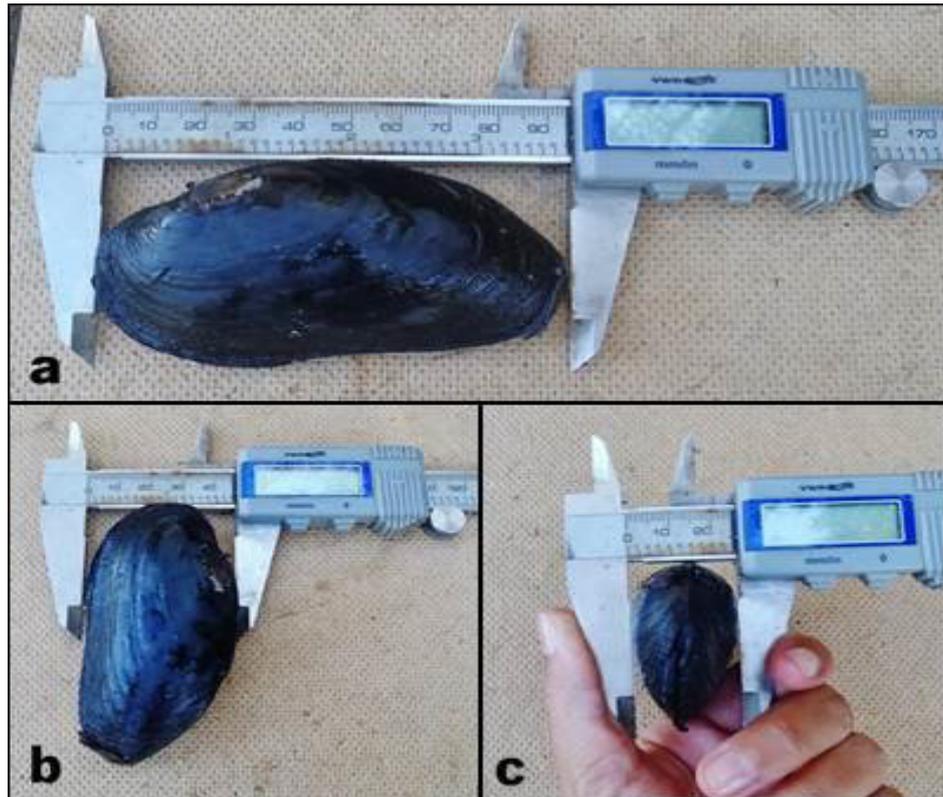


Fig. 8 - Medição das dimensões do mexilhão de rio *M. margaritifera* com craveira (**a**- comprimento, **b**- altura e **c**- largura).

Para a caracterização e avaliação ecológica do habitat foram recolhidos dados sobre as propriedades físico-químicas, biológicas e hidromorfológicas. Os parâmetros físico-químicos recolhidos foram temperatura da água, pH, oxigénio dissolvido e condutividade. Foram também recolhidas amostras de macroinvertebrados com uma rede de mão de 500 mm de malha, utilizando técnicas semi-quantitativas num alcance de 50 metros de comprimento representativos dos habitats presentes, perturbando o leito do rio para desalojar os organismos (Figura 9). Estes organismos foram posteriormente classificados em laboratório, tendo os invertebrados sido preservados em etanol a 70% e identificados taxonomicamente até ao nível da família. É de referir que os dados físico-químicos, biológicos e hidromorfológicas referentes aos rios Mente, Rabaçal e Tuela, foram consultados num trabalho já realizado (Claro, 2010).



Fig. 9 – Recolha de macroinvertebrados com rede de mão (**a** – rede de mão, **b** – macroinvertebrados).

Os dados obtidos foram utilizados para calcular o índice bêntico de integridade biótica (IPtI_n – Índice Português de Invertebrados do Norte, - INAG, 2009; Buffagni & Furse, 2006; Buffagni *et al.*, 2006). Este índice foi calculado seguindo as recomendações do Instituto Nacional da Água (INAG) e resulta da soma ponderada de cinco indicadores normalizados usando o quociente entre os valores observados e os de referência correspondente a valores para o tipo de rio do norte de Portugal (INAG, 2008, 2009). Os cinco indicadores traduzem-se na riqueza – S; número de famílias pertencentes às ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera – EPT; o índice de equitabilidade de Pielou – J'; ASPT Ibérico, que corresponde ao BMWP Ibérico (Alba-Tercedor & Sanchez-Ortega, 1988) dividido pelo número de famílias incluídas no cálculo do BMWP Ibérico (IASPT) e soma das abundâncias de indivíduos pertencentes às famílias Heptageniidae, Ephemeridae, Brachycentridae, Goeridae, Odontoceridae, Limnephilidae, Polycentropodidae, Athericidae, Dixidae, Dolichopodidae, Empididae, Stratiomyidae - taxa ETD.

O valor final de IPTIN foi expresso em Relação à Qualidade Ecológica (EQR, escala entre zero e um), em que o valor um representa (tipo-específico) condições de referência e valores próximos de zero mau estado ecológico. No Anexo 1 e 2, são apresentados os valores de referência para as diferentes tipologias de rios de Portugal Continental e os valores das fronteiras entre as classes de qualidade em EQR (INAG 2009).

Uma vez que *M. margaritifera* tem um ciclo de vida único, em que as larvas (denominadas gloquídeos) devem alojar-se num hospedeiro durante um período variável de tempo, sofrendo metamorfose e soltando-se depois já em estado juvenil (Barnhart *et al.*, 2008), foi também analisada a densidade da população de trutas (*Salmo trutta*) que funcionam como

peixe hospedeiro para esta espécie. Assim, foi avaliada a ictiofauna em vários locais dos rios mencionados anteriormente, recorrendo-se à pesca elétrica (Figura 10), para avaliar a ocorrência e densidade de peixes. A captura dos peixes presentes nos rios foi realizada numa única passagem, seguindo uma abordagem CPUE (captura por unidade de esforço constante em cada meso-habitat) em todos os habitats num total de 100 metros de distância. Os peixes foram colocados em recipientes para recuperar, identificados ao nível da espécie, contados e libertados.



Fig. 10 - Avaliação da ictiofauna recorrendo à pesca elétrica (rio Paiva).

Para completar as pesquisas biológicas foi consultada a caracterização ambiental, incluindo a caracterização física do habitat, realizada em alguns locais amostrados nomeadamente nos rios Paiva, Beça e Terva. Nestes rios com *M. margaritifera* foi feita a caracterização física do habitat seguindo a metodologia do *River Habitat Survey* (RHS; Raven *et al.*, 1997, 1998). O RHS avalia a qualidade do habitat ao longo de um alcance de 500 metros e dentro de um *buffer* a 50 metros de cada margem. O índice da qualidade hidromorfológica do rio é expresso através da Avaliação da Qualidade do Habitat (HQA, versão 2.1), e o Índice de Modificação de Habitat (HMS, versão 2003) são calculados a partir de informações da pesquisa RHS. O HQA dá uma indicação geral da diversidade de habitat prevista pelas características naturais do rio, enquanto o HMS dá uma indicação da modificação artificial da morfologia do rio (Raven *et al.*, 2005). O cálculo destes dois índices acima mencionados realizou-se utilizando o *software* RAPID 2.1 (<http://www.ceh.ac.uk/products/software/RAPID.html>).

O tratamento de dados foi realizado com recurso ao programa Excel, enquanto o tratamento estatístico, a fim de analisar as diferenças nos comprimentos foi feito a partir do teste não paramétrico *Kruskal-Wallis* utilizando o *software* MINITAB14.

RESULTADOS

3. RESULTADOS

3.1. RIO CÁVADO

Neste rio não foi encontrado qualquer exemplar de *M. margaritifera* nos cinco locais amostrados.

3.2. RIO NEIVA

Margaritifera margaritifera esteve presente em três dos sete locais pesquisados no rio Neiva. O local mais a jusante com indivíduos foi localizado no S3 e o mais a montante no S5. Foram encontrados apenas 21 bivalves sendo o maior número (15 bivalves) registado no S5 (Figura 11).

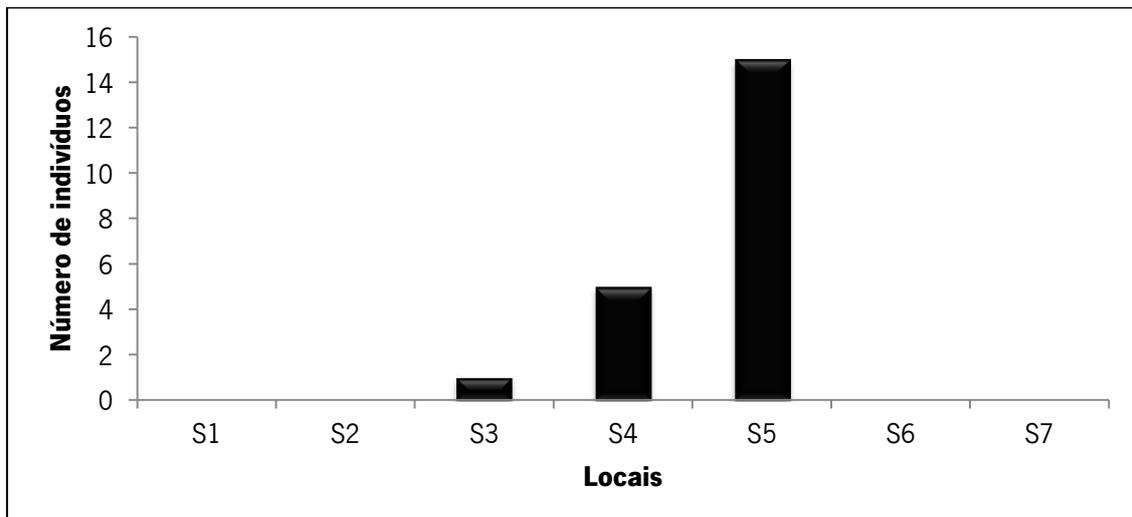


Fig. 11 - Número de indivíduos de *M. margaritifera* por 250 m em S1, S2 e S3; 500 m em S4; 3000 m em S5 e 250 m em S6 e S7, amostrados no rio Neiva.

A estrutura da população mostrou que os espécimes grandes (e velhos) dominam (Figura 12), com uma percentagem máxima de indivíduos na classe 80-90 mm de tamanho, sendo que mais de 70% dos indivíduos amostrados tinham mais de 70 mm. Apenas 4.8% dos exemplares amostrados neste rio pode ser considerado juvenis (comprimento inferior a 60 mm).

O tamanho médio dos indivíduos encontrados neste rio foi de 75.4 mm (± 9.2 mm de desvio padrão). O menor indivíduo amostrado tinha 49.0 mm e o maior 89.3 mm.

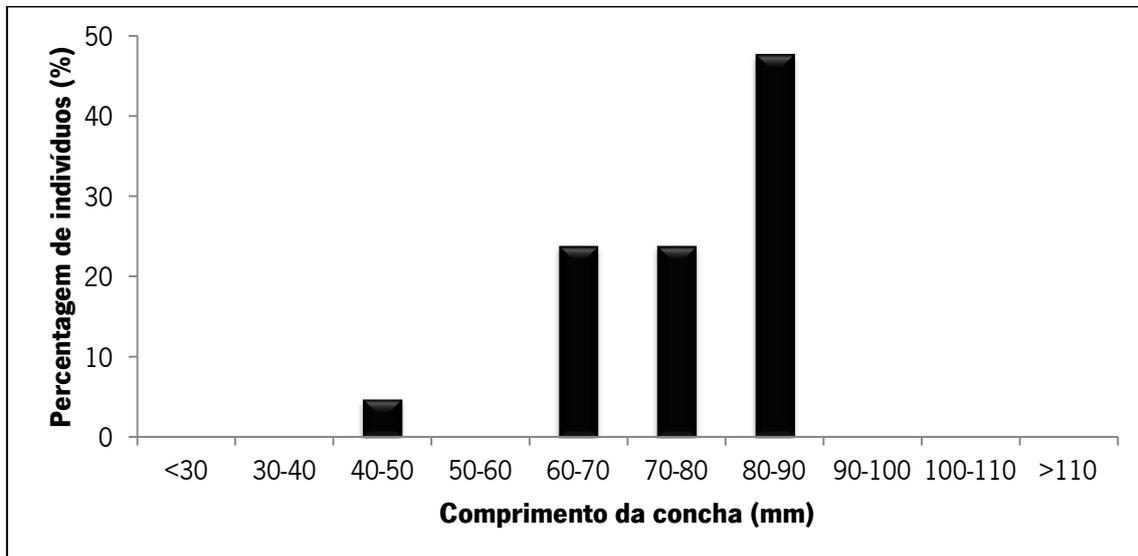


Fig. 12 - Estrutura da população de *M. margaritifera* no Rio Neiva (N= 21).

Todos os indivíduos, com exceção do amostrado no local 4, foram recolhidos a 2 m das margens. Esta espécie colonizou preferencialmente áreas com uma velocidade da corrente entre 1 e 2. Quanto à profundidade, os espécimes foram encontrados até 1 m exceto o recolhido no local 4 que se encontrava a 2 m. Por sua vez o substrato preferencial para esta espécie foi areia e cascalho em áreas normalmente cobertas por vegetação (dados não mostrados).

3.3. RIO TERVA

Margaritifera margaritifera foi encontrada em apenas um dos cinco locais pesquisados do rio Terva (Figura 13). Foram encontrados somente 14 indivíduos no local S4, no entanto no local S2 foram encontradas 28 conchas vazias bem conservadas nas margens, com comprimentos entre 68 mm e 98 mm. Nos locais S1, S3 e S5 não foram encontradas quaisquer conchas mortas.

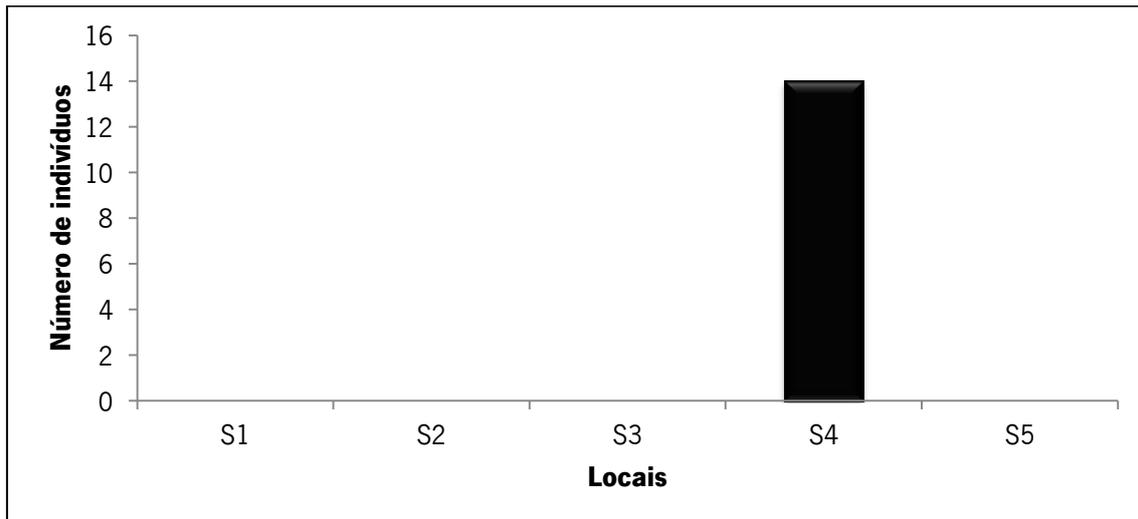


Fig. 13 - Número de indivíduos de *M. margaritifera* por 800 m em S1; 1750 m em S2; 800 m em S3; 1000 m em S4 e 900 m em S5, amostrados no rio Terva.

A estrutura da população mostrou que os espécimes grandes (e velhos) dominaram (Figura 14), com uma percentagem máxima de indivíduos na classe 100-110 mm e maiores que 110 mm de tamanho. De referir que todos os indivíduos amostrados tinham mais de 80 mm. O tamanho médio foi de 105.0 mm (± 8.8 mm de desvio padrão) sendo que o menor indivíduo amostrado tinha 88.0 mm de comprimento e o maior 113.5 mm.

Apesar do reduzido número de mexilhões encontrados, todos os espécimes foram recolhidos a 2 m das margens e até 50 cm de profundidade. Os indivíduos recolhidos neste rio parecem preferir velocidades moderadas a elevadas, e estavam enterrados e cobertos por pedras ou com substratos mistos de pedra e areia grossa. Os mexilhões encontrados em substrato misto tinham uma camada de algas verdes filamentosas ligadas ao perióstraco.

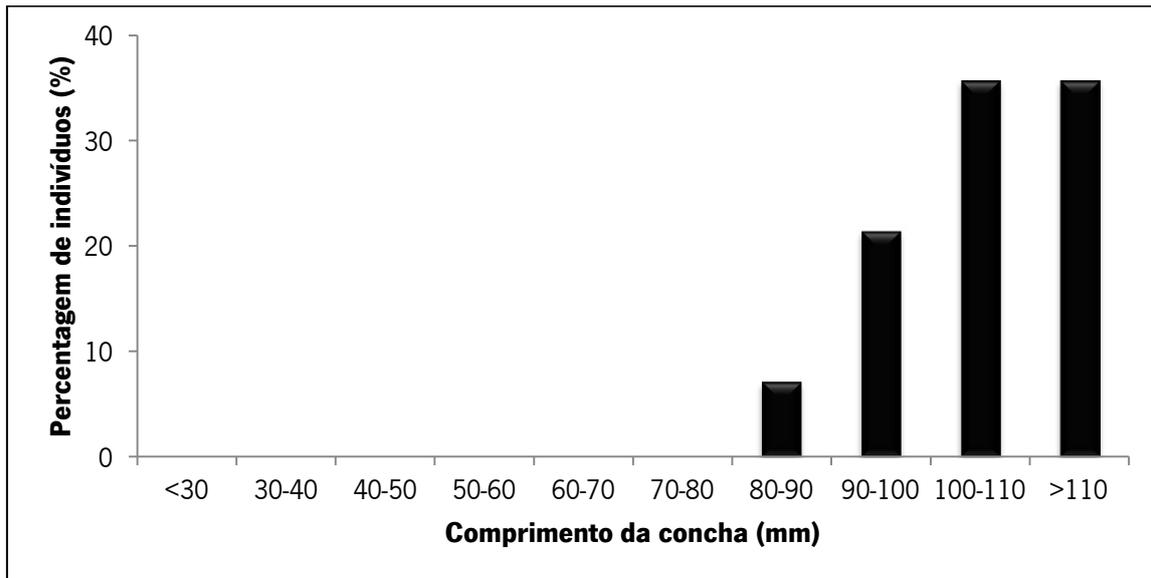


Fig. 14 - Estrutura da população de *M. margaritifera* no rio Terva (N= 14).

Relativamente à comunidade de peixes foram encontradas seis espécies diferentes (*Luciobarbus bocagei*, *Pseudochondrostoma duriensis*, *Squalius alburnoides*, *Squalius carolitertii*, *Salmo truta*) sendo uma não nativa (*Lepomis gibbosus*), que representou menos de 1% do total de indivíduos capturados (Tabela 1). *Salmo truta fario* foi o único peixe hospedeiro de *M. margaritifera* encontrado neste rio sendo a segunda espécie mais abundante (208 indivíduos por 100 m de rio, representando 29% do total de indivíduos capturados).

Relativamente à caracterização ambiental realizada no rio Terva registou-se uma variação entre os 15.3 °C e 16.5 °C na temperatura média; por outro lado a condutividade da água registou um valor médio de 96.0 µS/cm e o oxigénio dissolvido de 9.2 mg/L; os nitratos tiveram valores médios de 24 mg NO₃/L (Tabela 2). Foram recolhidos, neste rio, um total de 16 famílias de macroinvertebrados. Insetos aquáticos sensíveis à poluição pertencentes à ordem Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera dominaram (71.5%) e o número de famílias EPT foi elevado (16 famílias) (Tabela 2). Como resultado, o estado ecológico da água, avaliado através do índice bêntico de integridade biótica (IPt_N) foi considerado excelente (Tabela 2). A avaliação da qualidade do habitat baseada no RHS mostrou que os locais amostrados do Rio Terva têm diferenças nos resultados HMS. Os locais 1 e 2 foram classificados com a pior qualidade enquanto os restantes três locais variaram entre obviamente modificado (locais 3 e 4) e boa qualidade (local 5). Apesar das baixas avaliações HMS registadas, o índice HQA exibiu excelente qualidade para todos os locais.

3.4. RIO BEÇA

Margaritifera margaritifera esteve presente em cinco dos seis locais pesquisados, sendo encontrado um total de 66 indivíduos (Figura 15). O local mais a jusante com indivíduos foi localizado no S1 e o mais a montante no S5. A maior abundância (33 bivalves por 250 m de rio) foi registada no S1 e apenas em dois locais (S1 e S2) foram encontrados mais de 20 indivíduos por 250 m de rio tendo os restantes locais menos de 10 bivalves por 250 m de rio.

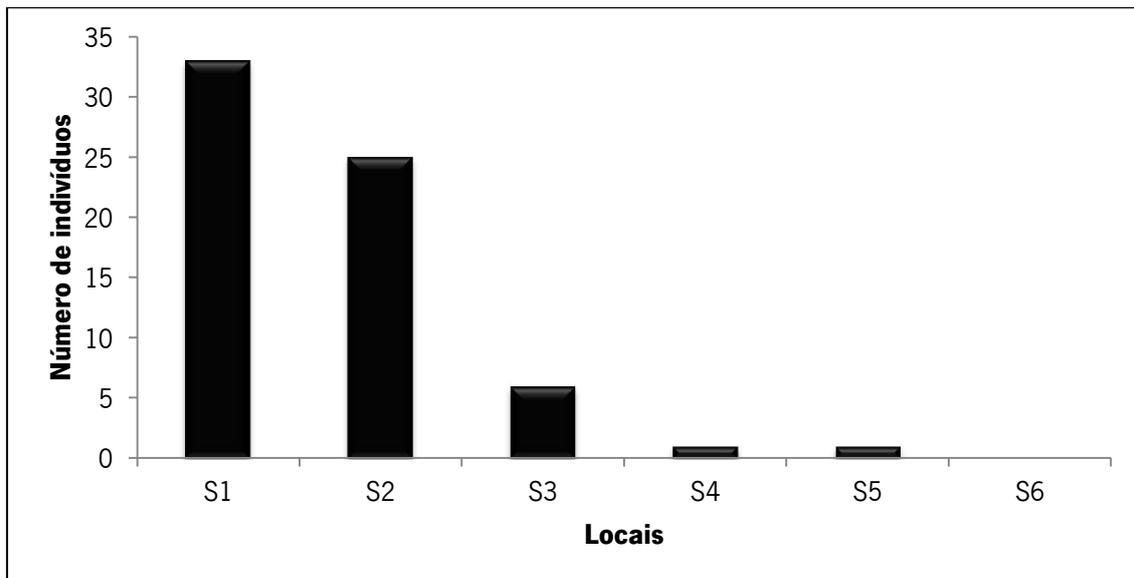


Fig. 15 - Número de indivíduos de *M. margaritifera* por 250 m de rio ao longo dos seis locais amostrados no rio Beça.

A estrutura da população mostrou que os espécimes grandes (e velhos) dominam (Figura 16), com uma percentagem máxima de indivíduos na classe >110 mm. Mais de 80% dos indivíduos amostrados tinham mais de 70 mm. Apenas 10.9% dos exemplares amostrados neste rio podem ser considerados juvenis (comprimento inferior a 60 mm). O tamanho médio foi de 94.0 mm (± 21.3 mm de desvio padrão). O menor indivíduo amostrado tinha 29.0 mm e o maior 123.0 mm. Verificou-se uma distinção nos comprimentos médios dos indivíduos ao longo dos diferentes locais de amostragem ($H= 12.81$, $p < 0.001$; Figura 17).

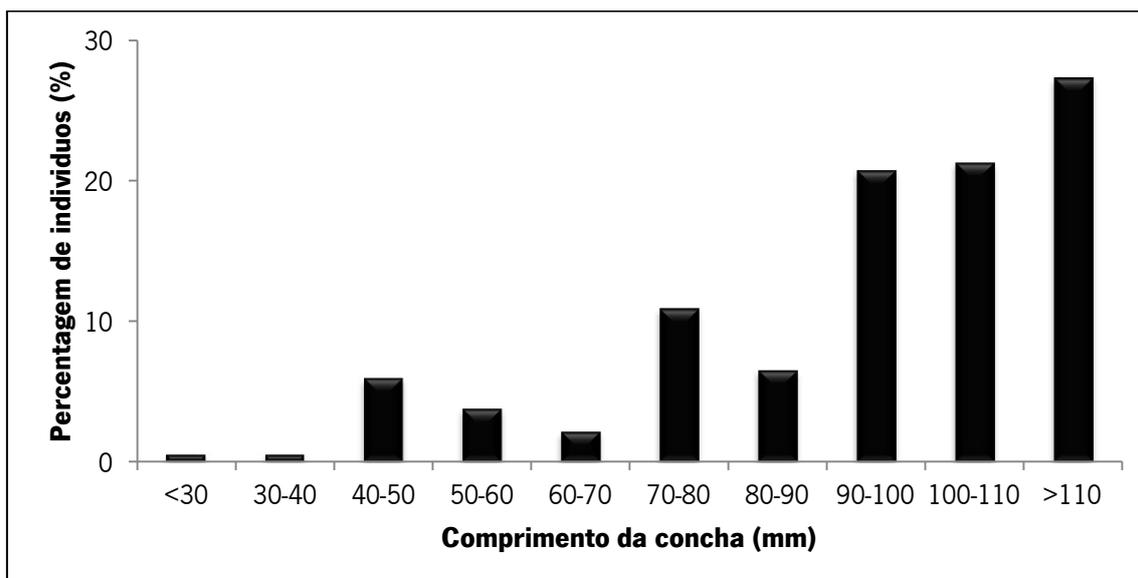


Fig. 16 - Estrutura da população de *M. margaritifera* no Rio Beça (N= 66).

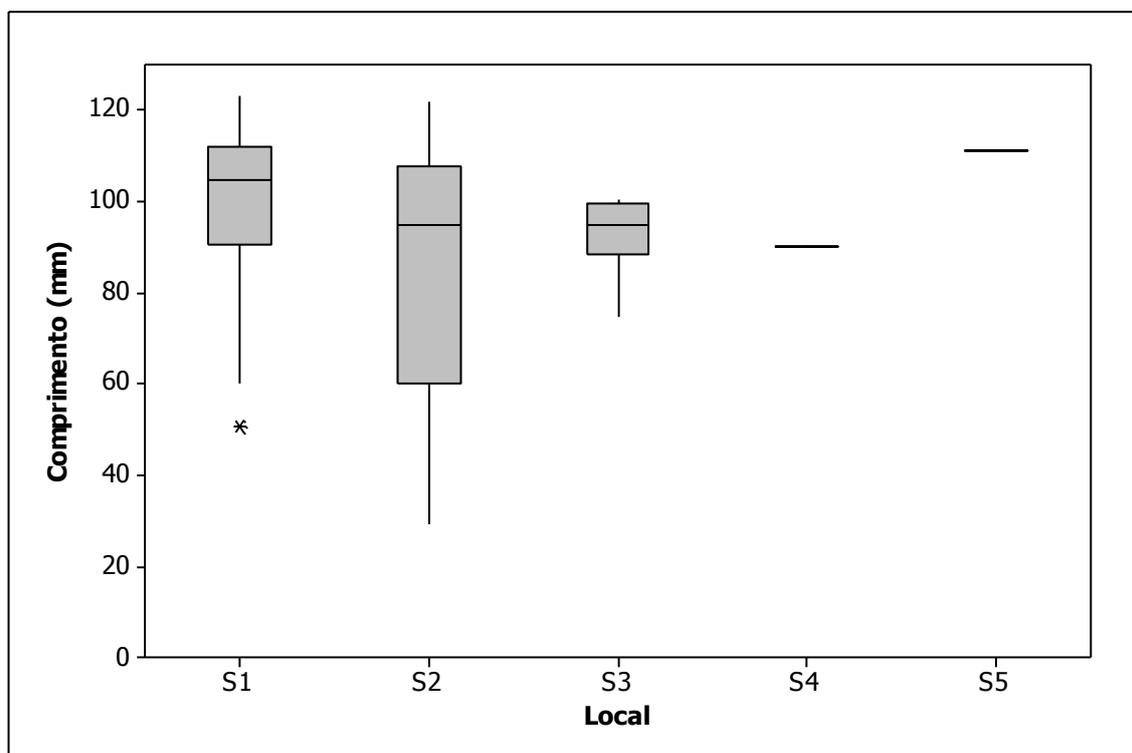


Fig. 17 - Comprimento de *M. Margaritifera* ao longo dos seis locais amostrados no rio Beça. As *boxplot* mostram os valores da média (linha central), o intervalo do primeiro ao terceiro quartil (caixa), *Tuckey whiskers* e *outliers* (pontos).

Mais de 80% dos bivalves foram recolhidos a 4 m das margens, sendo muito poucos os indivíduos encontrados no meio do canal (Figura 18). Esta espécie colonizou preferencialmente áreas com uma velocidade da corrente entre 1 e 3 (Figura 18). Quanto à profundidade, os espécimes foram encontrados maioritariamente até aos 50 cm. Por sua vez o substrato preferencial para esta espécie foi areia, cascalho e pedras em áreas normalmente cobertas por blocos, calhaus e rochas (Figura 18).

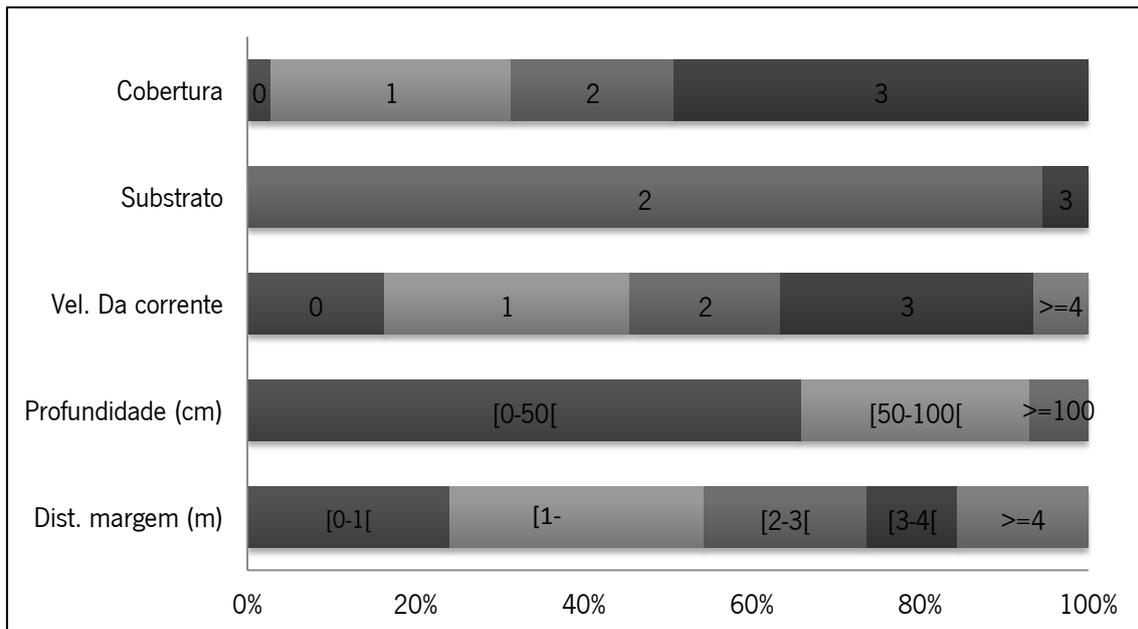


Fig.18 - Percentagem de indivíduos de *M. margaritifera* presentes no rio Beça em relação às características de habitat: cobertura (dados qualitativos sendo 1 raízes ou vegetação, 2 areia, cascalho ou pedras e 3 calhaus, blocos ou rocha), substrato dominante (dados qualitativos sendo 1 raízes, 2 areia, cascalho ou pedras e 3 calhaus, blocos ou rocha), velocidade da corrente (dados qualitativos de 0 a 5 onde 0 representa a velocidade nula e 5 a velocidade muito alta), profundidade (cm) e distância à margem (m).

Relativamente à comunidade de peixes, esta foi composta por cinco espécies diferentes (*Luciobarbus bocagei*, *Pseudochondrostoma duriensis*, *Squalius alburnoides*, *Squalius carolitertii* e *Salmo trutta*) sendo todas elas espécies endémicas ibéricas (Tabela 1). *Salmo trutta* foi o único peixe hospedeiro de *M. margaritifera* encontrado neste rio sendo a espécie mais abundante encontrada (116 indivíduos por 100 m de rio, representando 48% do total de indivíduos capturados).

Quanto à caracterização ambiental registou-se uma temperatura média de 15.2 °C; por outro lado a condutividade da água registou um valor médio de 29.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e o oxigénio dissolvido de 9.5 mg/L (Tabela 2). Os valores registrados para os nitratos foram muito baixos o que sugere um rio em excelente estado ambiental. Foram recolhidas um total de 32 famílias de macroinvertebrados. Insetos aquáticos sensíveis à poluição pertencentes à ordem Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera dominaram (68%) e o número de famílias EPT foi elevado (14 famílias), excedendo assim o valor de referência (13) (Tabela 2). Como resultado, o estado ecológico da água, avaliado através do índice bêntico de integridade biótica (IPT_N) foi considerado excelente. A avaliação da qualidade do habitat baseada no RHS mostrou que todos os locais do Rio Beça amostrados estavam obviamente modificados. Apesar das baixas avaliações HMS registadas, o índice HQA exibiu excelente qualidade para todos os locais amostrados.

3.5. RIO PAIVA

Margaritifera margaritifera esteve presente em 19 dos 32 locais pesquisados (Figura 19). O local mais a jusante com indivíduos foi localizado no S3 e o mais a montante no S29. Foram encontrados um total de 353 indivíduos, sendo a maior abundância (78 bivalves por 100 m de rio) registada no S24. Vários locais têm mais de 30 indivíduos por 100 m de rio (S12, S22, S23 e S24), mas a maior parte deles teve números inferiores (Figura 19).

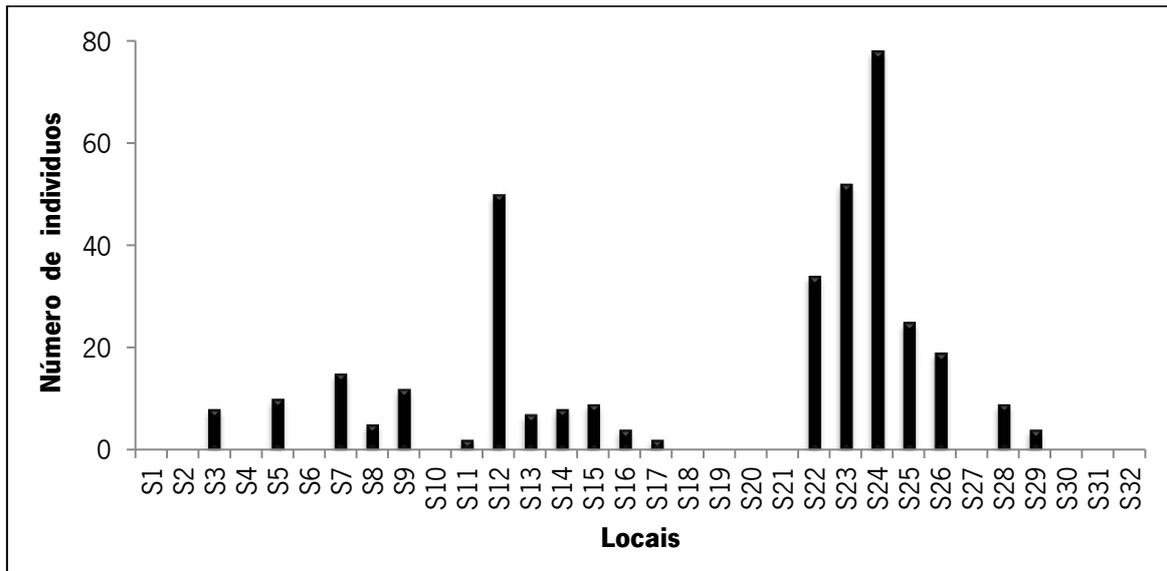


Fig. 19 - Número de indivíduos de *M. margaritifera* por 100 m de rio ao longo dos trinta e dois locais amostrados no rio Paiva.

A estrutura da população mostrou que os espécimes grandes (e velhos) dominavam (Figura 20), com uma percentagem máxima de indivíduos na classe 80-90 mm de tamanho, e mais de 80% dos indivíduos amostrados tinham mais de 70 mm. Apenas 3.7% dos exemplares amostrados neste rio podem ser considerados juvenis (comprimento inferior a 60 mm). O tamanho médio dos indivíduos encontrados no rio Paiva foi de 83.0 mm (± 12.9 mm de desvio padrão). O menor indivíduo amostrado tinha 25.2 mm e o maior 110.1 mm. Notou-se uma clara distinção nos comprimentos médios dos indivíduos ao longo dos diferentes locais de amostragem ($H= 128.6$, $p < 0.001$; Figura 21), sendo que os indivíduos que colonizam locais a jusante foram substancialmente maiores do que os indivíduos de locais a montante.

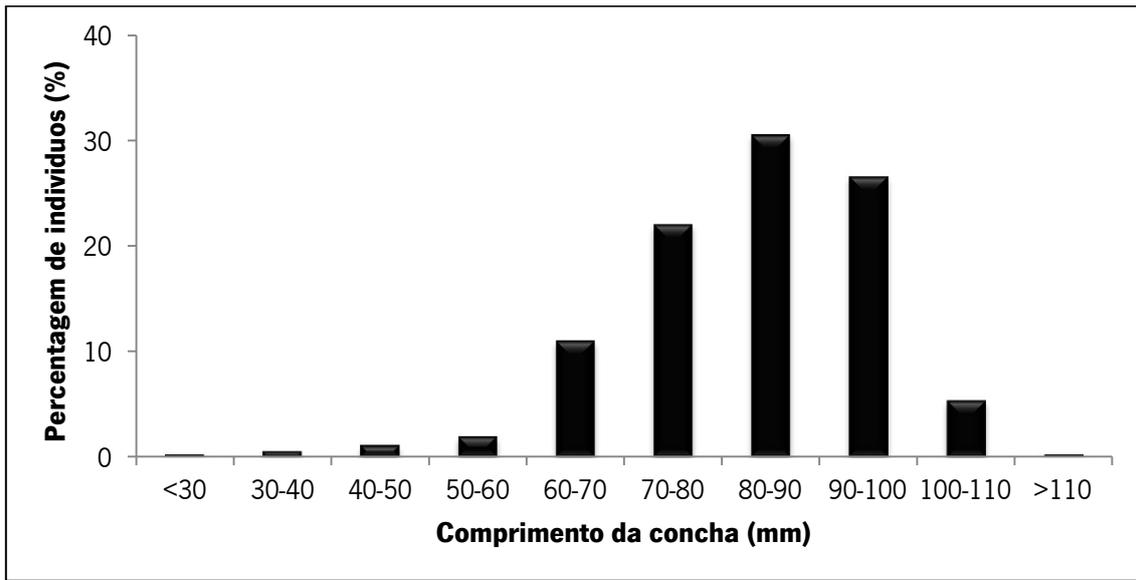


Fig. 20 - Estrutura da população de *M. margaritifera* no rio Paiva (N= 353).

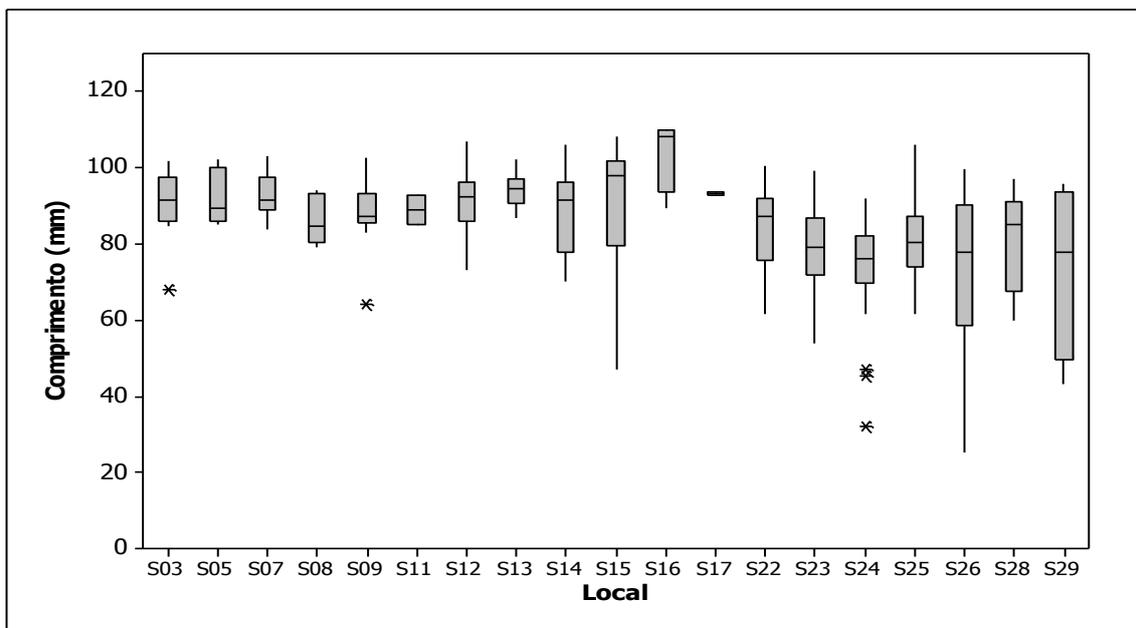


Fig. 21 - Comprimento de *M. margaritifera* ao longo dos trinta e dois locais amostrados no rio Paiva. As *boxplot* mostram os valores da média (linha central), o intervalo do primeiro ao terceiro quartil (caixa), *Tuckey whiskers* e *outliers* (pontos).

Mais de 70% dos bivalves foram recolhidos a 4 m das margens, sendo muito poucos encontrados no meio do canal (Figura 22). Esta espécie colonizou preferencialmente áreas com uma velocidade da corrente entre 1 e 3 (Figura 22). Quanto à profundidade, os espécimes foram encontrados maioritariamente entre os 50 e 100 cm. Por sua vez, o substrato preferencial para esta espécie foi areia e cascalho em áreas normalmente cobertas por vegetação (Figura 22).

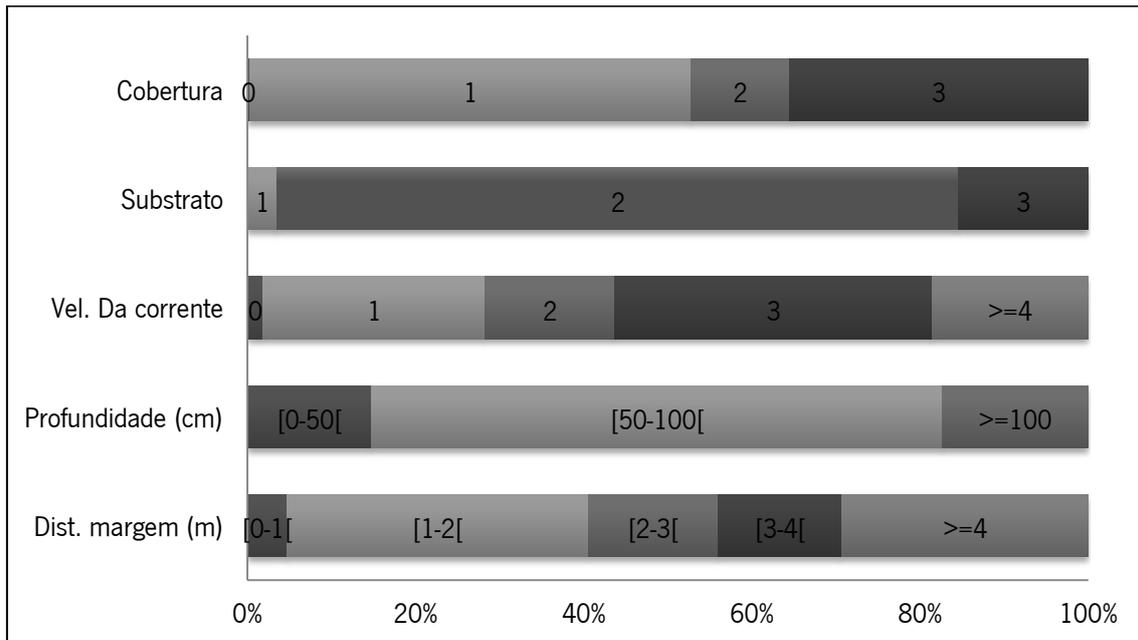


Fig. 22 - Percentagem de indivíduos de *M. margaritifera* presentes no rio Paiva em relação às características de habitat: cobertura (dados qualitativos sendo 1 raízes ou vegetação, 2 areia, cascalho ou pedras e 3 calhaus, blocos ou rocha), substrato dominante (dados qualitativos sendo 1 raízes, 2 areia, cascalho ou pedras e 3 calhaus, blocos ou rocha), velocidade da corrente (dados qualitativos de 0 a 5 onde 0 representa a velocidade nula e 5 a velocidade muito alta), profundidade (cm) e distancia à margem (m).

Relativamente à comunidade de peixes foram recolhidas oito espécies diferentes sendo sete espécies nativas (*Achondrostoma oligolepis*, *Anguilla anguilla*, *Luciobarbus bocagei*, *Pseudochondrostoma duriensis*, *Salmo trutta*, *Squalius alburnoides*, *Squalius carolitertii*) se uma não nativa (*Gobio lozanoi*) (Tabela 1). As densidades de peixes foram muito reduzidas, sendo dominadas pela presença de *Pseudochondrostoma duriensis* (correspondendo a 53.8% de todos os peixes capturados). *Salmo trutta* foi o único peixe hospedeiro de *M. margaritifera* encontrado neste rio e esteve presente nos cinco locais amostrados para a caracterização da ictiofauna mas sempre com um número muito baixo de efetivos (Tabela 1).

A caracterização ambiental realizada no rio Paiva mostrou que a temperatura média foi de 21.4 °C; por outro lado a condutividade da água registou um valor médio de 47.9 µS/cm e o oxigénio dissolvido de 7.8 mg/L (Tabela 2). Os valores de nitratos oscilaram ao longo dos locais de amostragem sendo que os valores mais baixos foram registados a jusante. Foram recolhidas, neste rio, um total de sessenta e uma famílias de macroinvertebrados. Insetos aquáticos sensíveis à poluição pertencentes à ordem Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera dominaram

e o número de famílias EPT foi elevado (22 famílias) (Tabela 2). Como resultado, o estado ecológico da água, avaliado através do índice bêntico de integridade biótica (IPT_N), foi considerado excelente em alguns locais (S3, S11 e S29) e bom noutros (S21 e S32). A avaliação da qualidade do habitat mostrou que os locais do Rio Paiva têm diferenças nos resultados RHS. O local S3 foi classificado com uma qualidade excelente, enquanto os restantes quatro locais (S11, S21, S29 e S32) foram classificados com bom.

3.6. RIO MENTE

Margaritifera margaritifera esteve presente em seis dos nove locais amostrados, sendo o local mais a jusante com indivíduos localizados no S1 e o mais a montante no S6. Foram encontrados um total de 177 indivíduos, sendo a maior abundância (60 bivalves por 100 m de rio) registada no S2. Em apenas 2 locais foram encontrados mais de 30 indivíduos por 100 m de rio (S2 e S3) (Figura 23).

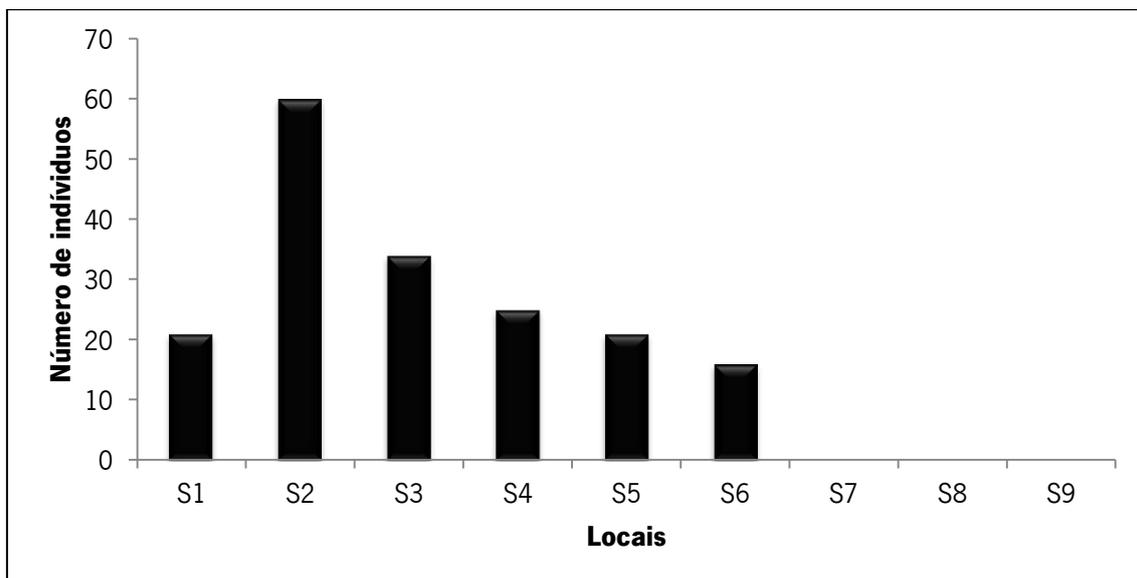


Fig. 23 - Número de indivíduos de *M. margaritifera* por 100 m de rio ao longo dos nove locais amostrados no rio Mente.

A estrutura da população foi dominada por espécimes adultos (Figura 24), com uma percentagem máxima de indivíduos na classe 60-70 mm de tamanho, sendo que mais de 80.0% dos indivíduos amostrados tinham entre 60 a 90 mm. Apenas 18.6% dos exemplares amostrados neste rio podem ser considerados juvenis (comprimento inferior a 60 mm). O tamanho médio foi de 67.5 mm (± 9.2 mm de desvio padrão). O menor indivíduo amostrado tinha 37.0 mm e o maior 88.0 mm. Apesar dos indivíduos estarem praticamente todos na mesma gama de tamanhos, há diferenças nos comprimentos médios dos indivíduos ao longo dos diferentes locais de amostragem ($H= 22.45$, $p<0.001$; Figura 25).

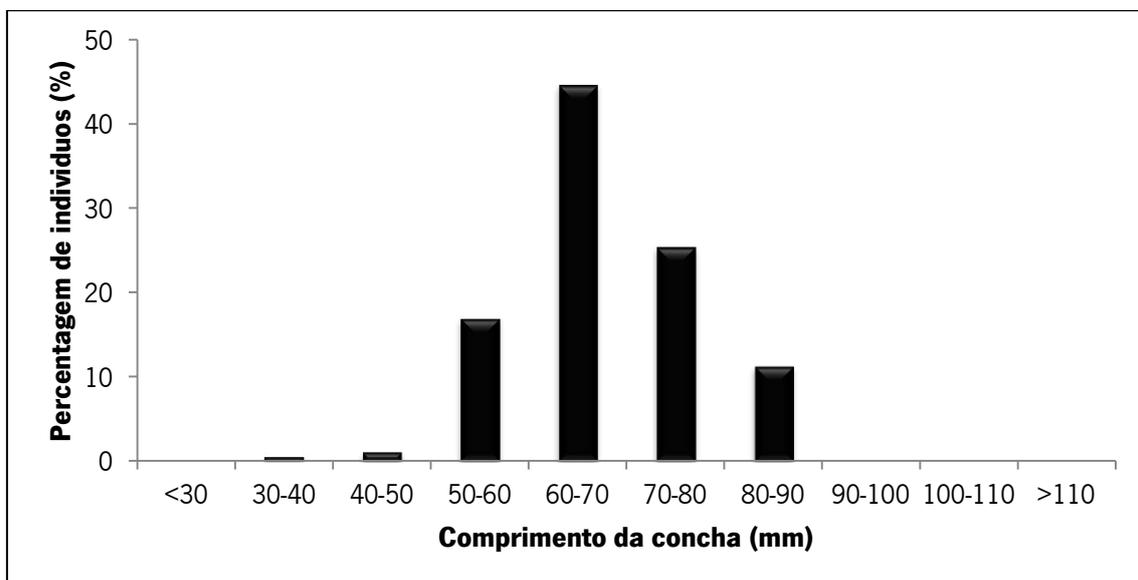


Fig. 24 - Estrutura da população de *M. margaritifera* no rio Mente (N= 177).

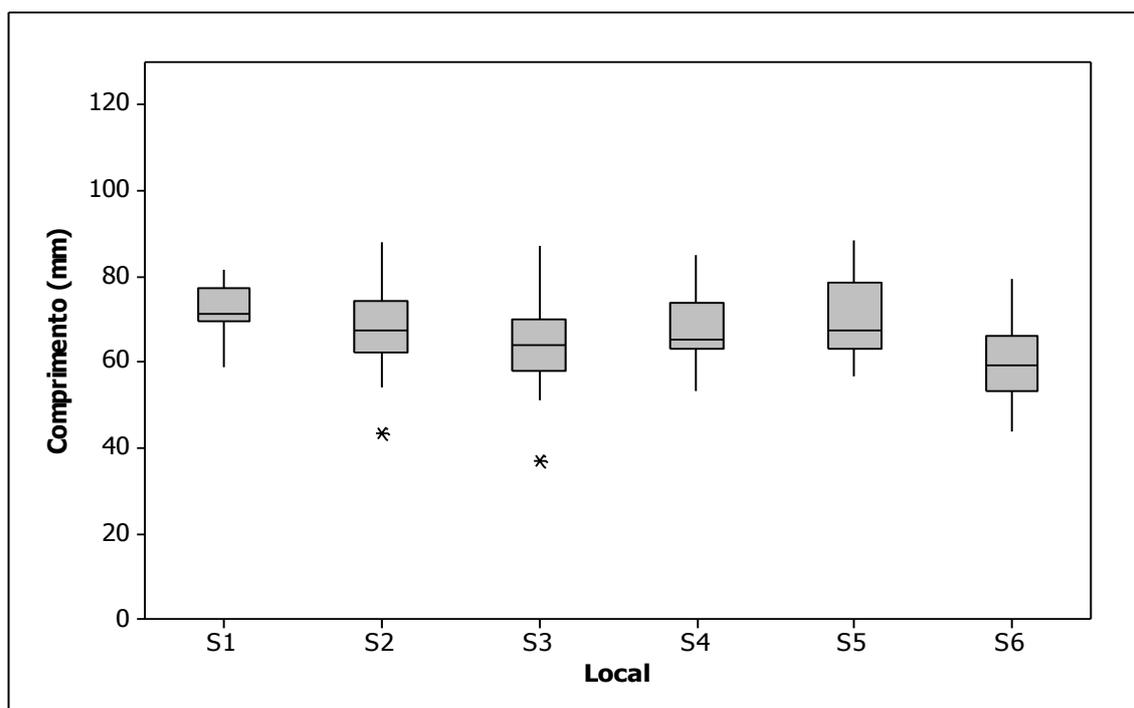


Fig. 25 - Comprimento de *M. margaritifera* ao longo dos seis locais amostrados no rio Mente. As *boxplot* mostram os valores da média (linha central), o intervalo do primeiro ao terceiro quartil (caixa), *Tuckey whiskers* e *outliers* (pontos).

Mais de 90% dos bivalves foram recolhidos nos primeiros 2 m junto às margens, sendo muito poucos encontrados no meio do canal (Figura 26). Os indivíduos amostrados colonizaram preferencialmente áreas com uma velocidade da corrente entre 1 e 2 (Figura 26). Quanto à profundidade, os espécimes foram encontrados maioritariamente até aos 50 cm. Por sua vez o substrato preferencial para esta espécie foi vegetação, raízes, areia, cascalho e pedras em áreas normalmente cobertas por vegetação, areia e cascalho (Figura 26).

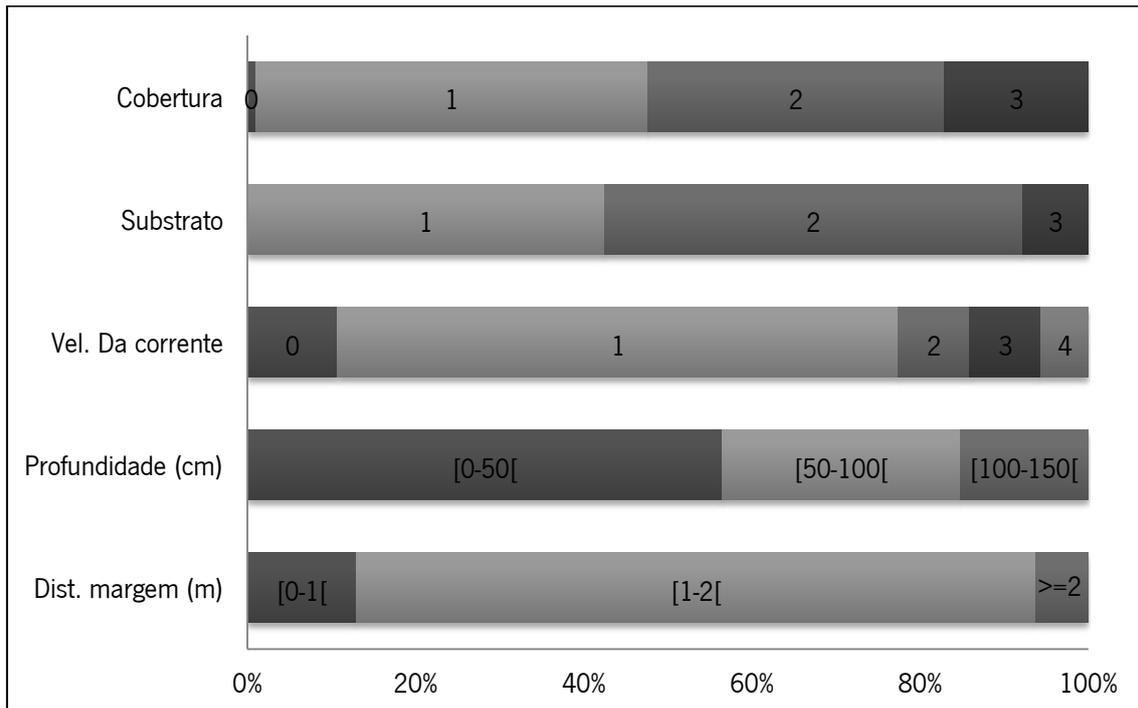


Fig. 26 - Percentagem de indivíduos de *M. margaritifera* presentes no rio Mente em relação às características de habitat: cobertura (dados qualitativos sendo 1 raízes ou vegetação, 2 areia, cascalho ou pedras e 3 calhaus, blocos ou rocha), substrato dominante (dados qualitativos sendo 1 raízes, 2 areia, cascalho ou pedras e 3 calhaus, blocos ou rocha), velocidade da corrente (dados qualitativos de 0 a 5 onde 0 representa a velocidade nula e 5 a velocidade muito alta), profundidade (cm) e distancia à margem (m).

Relativamente à comunidade de peixes neste rio, esta foi composta por três espécies nativas (*Pseudochondrostoma duriensis*, *Salmo trutta*, *Squalius caroliterti*) (Tabela 1). *Salmo trutta* foi o único peixe hospedeiro de *M. margaritifera* encontrado neste rio, sendo a espécie mais abundante encontrada (75 indivíduos por 100m).

Na caracterização ambiental do rio Mente registou-se uma temperatura média de 17.5°C; por outro lado a condutividade da água registou um valor médio de 42 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e o oxigénio dissolvido de 9.0 mg/L (Tabela 2). Os valores de nitratos foram muito baixos o que sugere um rio em excelente estado. Foram recolhidas, neste rio, um total de nove famílias de macroinvertebrados. Insetos aquáticos sensíveis à poluição pertencentes à ordem Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera dominaram (76%) (Tabela 2). Como resultado, o estado ecológico da água, avaliado através do índice bêntico de integridade biótica (IPT_b) foi considerado excelente (Tabela 2).

3.7. RIO RABAÇAL

Margaritifera margaritifera esteve presente em dez dos doze locais amostrados (Figura 27). O local mais a jusante com indivíduos foi o S2 e o mais a montante o S12. Foram encontrados um total de 3411 indivíduos, sendo a maior abundância (1310 bivalves por 100 m de rio) registada no S6. Em cinco dos locais amostrados foram encontrados mais de 100 indivíduos por 100 m de rio (S6, S8, S9, S10 e S11) (Figura 27).

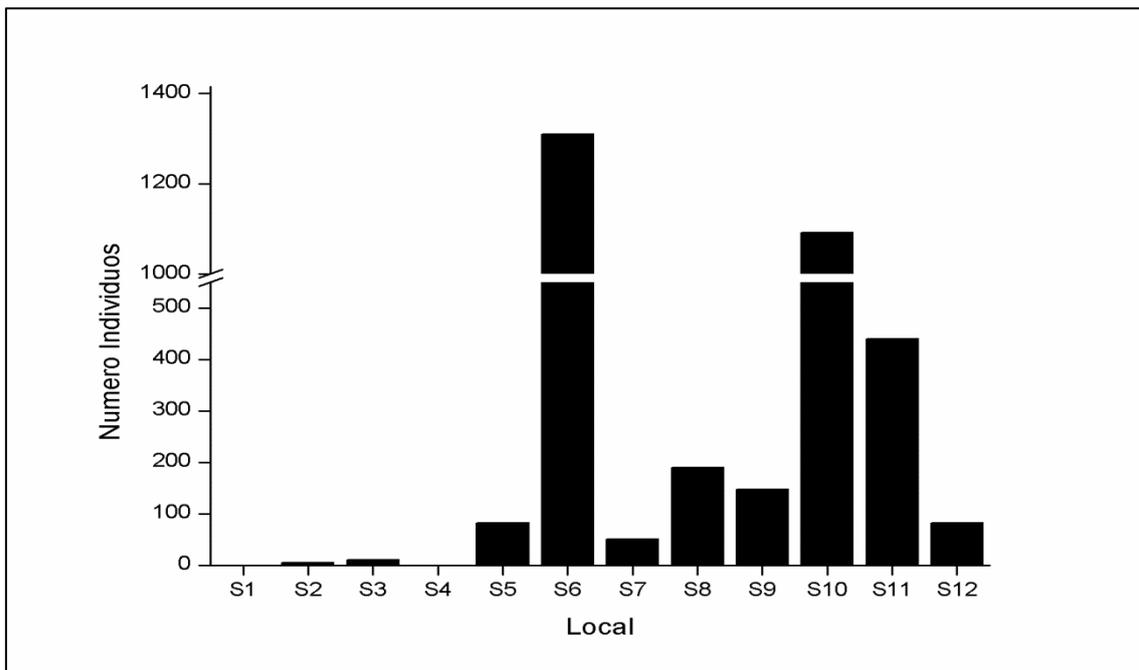


Fig. 27 - Número de indivíduos de *M. margaritifera* por 100 m de rio ao longo dos doze locais amostrados no rio Rabaçal.

A estrutura da população mostrou que os espécimes pertencentes à classe 70-80 mm de tamanho dominam (Figura 28), sendo que mais de 80% dos indivíduos amostrados tinham entre 60 mm a 90 mm. Cerca de 14% dos exemplares amostrados neste rio podem ser considerados juvenis (comprimento inferior a 60 mm) (Figura 28). O tamanho médio dos indivíduos foi de 69.1 mm (± 11.1 mm de desvio padrão). O menor indivíduo amostrado tinha 18.0 mm e o maior 96.6 mm. Nota-se uma clara distinção nos comprimentos médios dos indivíduos ao longo dos diferentes locais de amostragem ($H= 153.77$, $p<0.001$; Figura 29), sendo os indivíduos que colonizam locais a jusante substancialmente maiores do que os indivíduos de locais a montante.

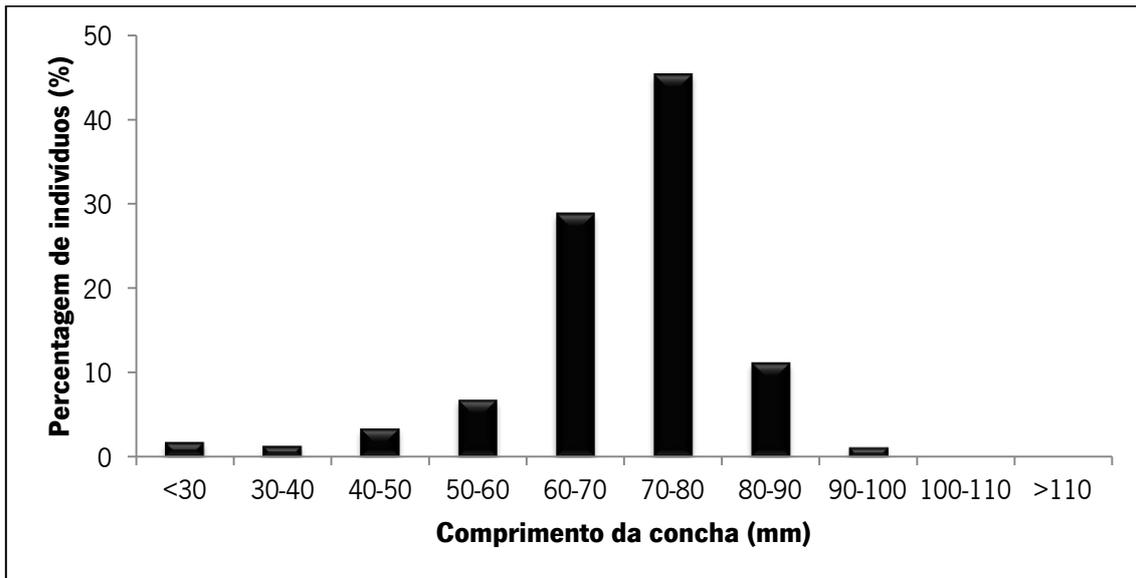


Fig. 28 - Estrutura da população de *M. margaritifera* no rio Rabaçal (N= 3411).

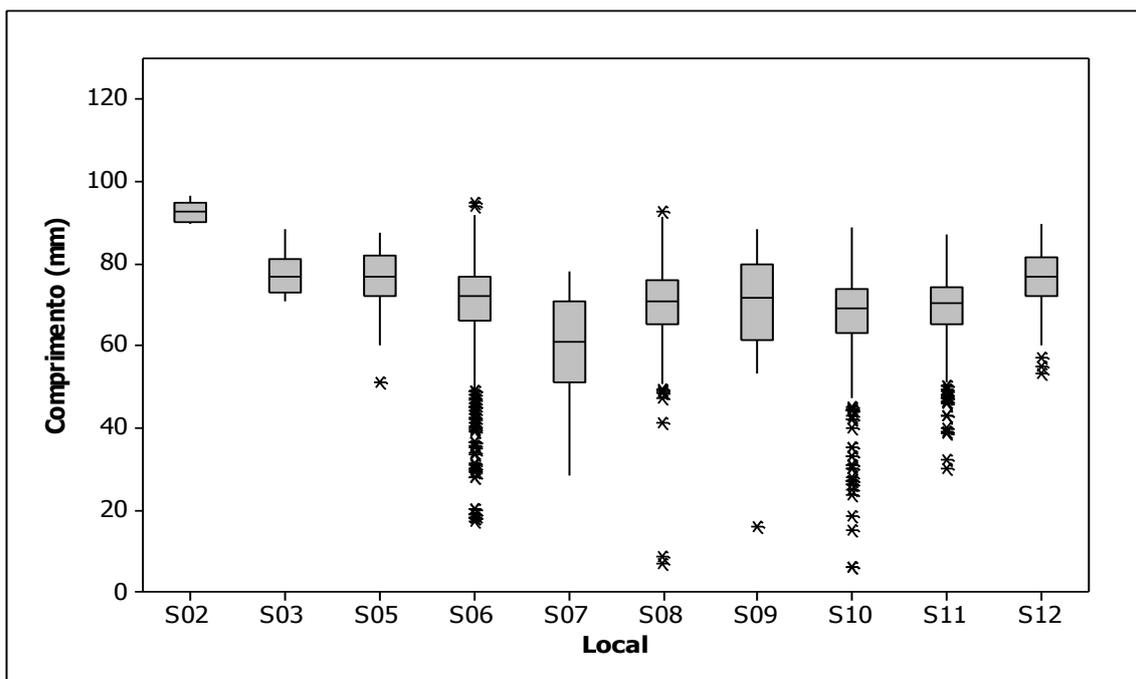


Fig. 29 - Comprimento de *M. Margaritifera* ao longo dos 12 locais amostrados no rio Rabaçal. As *boxplot* mostram os valores da média (linha central), o intervalo do primeiro ao terceiro quartil (caixa), *Tuckey whiskers* e *outliers* (pontos).

Mais de 65% dos bivalves foram recolhidos a 2 m das margens, sendo muito poucos os exemplares (3%) encontrados a mais de 3 m da margem (Figura 30). Esta espécie colonizou preferencialmente áreas com uma velocidade da corrente até 1 (Figura 30). Quanto à profundidade, os espécimes foram encontrados maioritariamente (90%) até os 100 cm. Por sua vez o substrato preferencial para esta espécie foi areia e cascalho, em áreas normalmente cobertas por vegetação e com a presença de raízes (Figura 30).

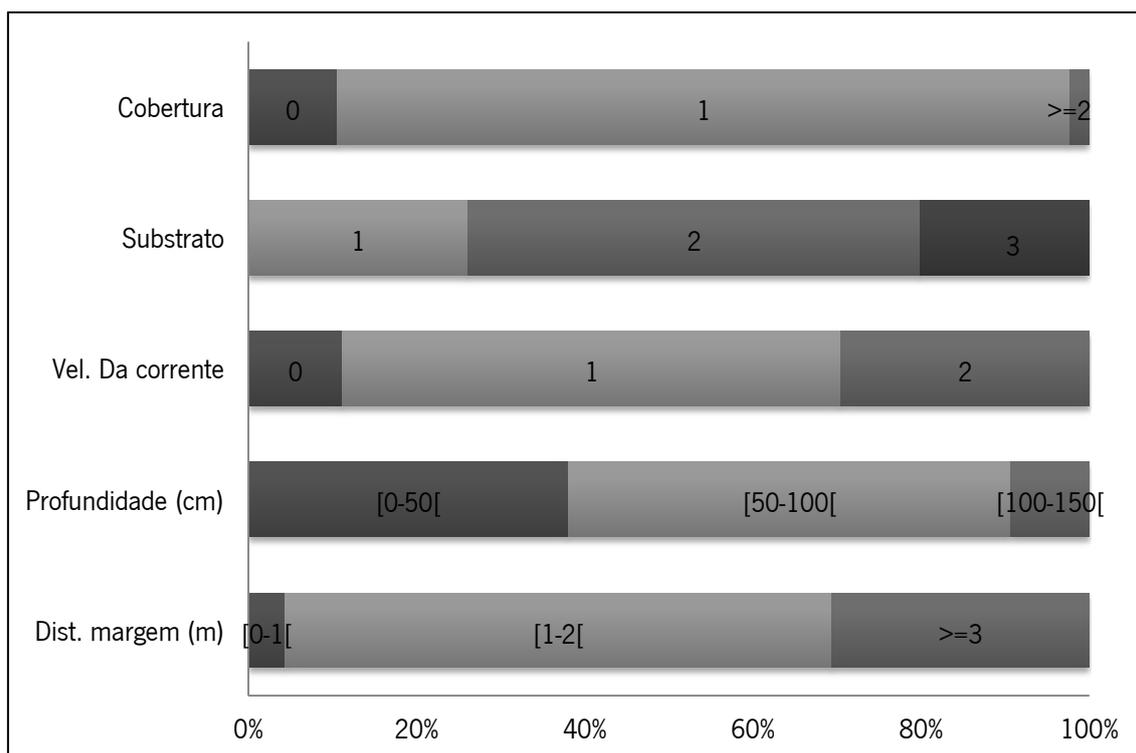


Fig. 30 – Percentagem de indivíduos de *M. margaritifera* presentes no rio Rabaçal em relação às características de habitat: cobertura (dados qualitativos sendo 1 raízes ou vegetação, 2 areia, cascalho ou pedras e 3 calhaus, blocos ou rocha), substrato dominante (dados qualitativos sendo 1 raízes, 2 areia, cascalho ou pedras e 3 calhaus, blocos ou rocha), velocidade da corrente (dados qualitativos de 0 a 5 onde 0 representa a velocidade nula e 5 a velocidade muito alta), profundidade (cm) e distancia à margem (m).

Relativamente à comunidade de peixes, esta foi composta por quatro espécies nativas (*Luciobarbus bocagei*, *Pseudochondrostoma duriensis*, *Salmo trutta*, *Squalius carolitertii*) (Tabela 1). A abundância de peixes foi reduzida, sendo dominadas pela presença de *Pseudochondrostoma duriensis* e *Salmo trutta*. *Salmo trutta* foi o único peixe hospedeiro de *M. margaritifera* encontrado neste rio (36 indivíduos por 100m).

Relativamente à caracterização ambiental no rio Rabaçal registou-se uma temperatura média de 18.5°C, por outro lado a condutividade da água registou um valor médio de 47.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e o oxigénio dissolvido de 9.5 mg/L (Tabela 2). Os valores de nitratos foram muito baixos o que sugere um rio em excelente estado. Foram recolhidas, neste rio, um total de dez famílias de macroinvertebrados. Insetos aquáticos sensíveis à poluição pertencentes à ordem Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera dominaram (72%). Como resultado, o estado ecológico da água, avaliado através do índice bêntico de integridade biótica (IPT_N), foi considerado excelente (Tabela 2).

3.8. RIO TUELA

Margaritifera margaritifera esteve presente em quinze dos dezasseis locais amostrados (Figura 31). O local mais a jusante com indivíduos foi localizado no S1 e o mais a montante no S16. Foram encontrados um total de 1149 indivíduos, sendo a maior abundância (607 bivalves por 100 m de rio) registada no S13. Em apenas dois dos locais amostrados foram encontrados mais de 100 indivíduos por 100 m de rio (S9 e S13) (Figura 31).

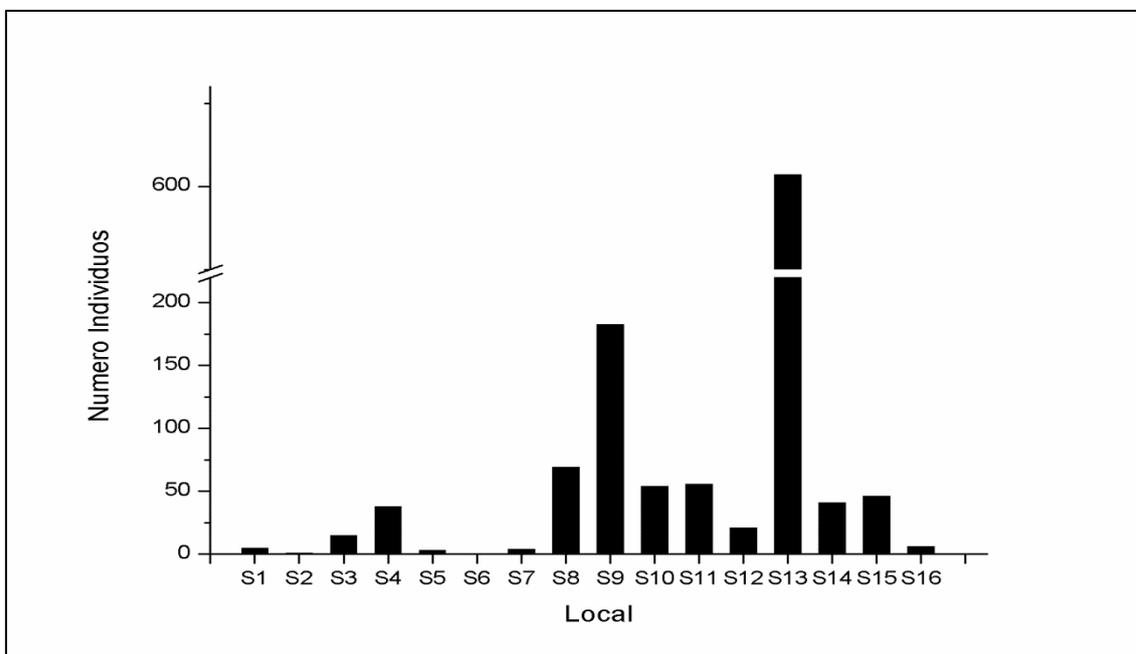


Fig. 31 - Número de indivíduos de *M. margaritifera* por 100 m de rio ao longo dos dezasseis sítios amostrados no rio Tuela.

A estrutura da população mostrou que os espécimes adultos dominam, com uma percentagem máxima de indivíduos na classe 70-80 mm de tamanho, sendo que mais de 85.0% dos indivíduos amostrados tinham entre 60 mm a 90 mm (Figura 32). Apenas 12.4% dos exemplares amostrados neste rio podem ser considerados juvenis (comprimento inferior a 60 mm). O tamanho médio de mexilhão encontrado no rio Tuela foi de 69.9 mm (± 8.9 mm de desvio padrão). O menor indivíduo amostrado tinha 23.1 mm e o maior 102.2 mm. Verificou-se uma clara distinção nos comprimentos médios dos indivíduos ao longo dos diferentes locais de amostragem ($H= 214.86$, $p < 0.001$; Figura 33), sendo os indivíduos que colonizaram locais a jusante substancialmente maiores do que os indivíduos de locais a montante (com exceção para o S16).

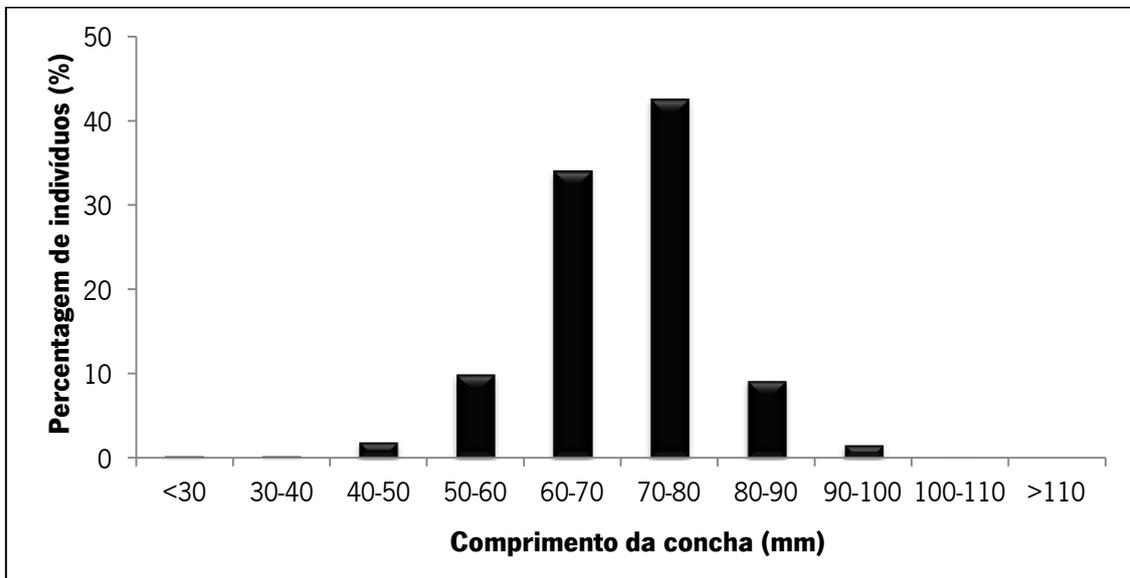


Fig. 32 - Estrutura da população de *M. margaritifera* no rio Tuela (N= 1149).

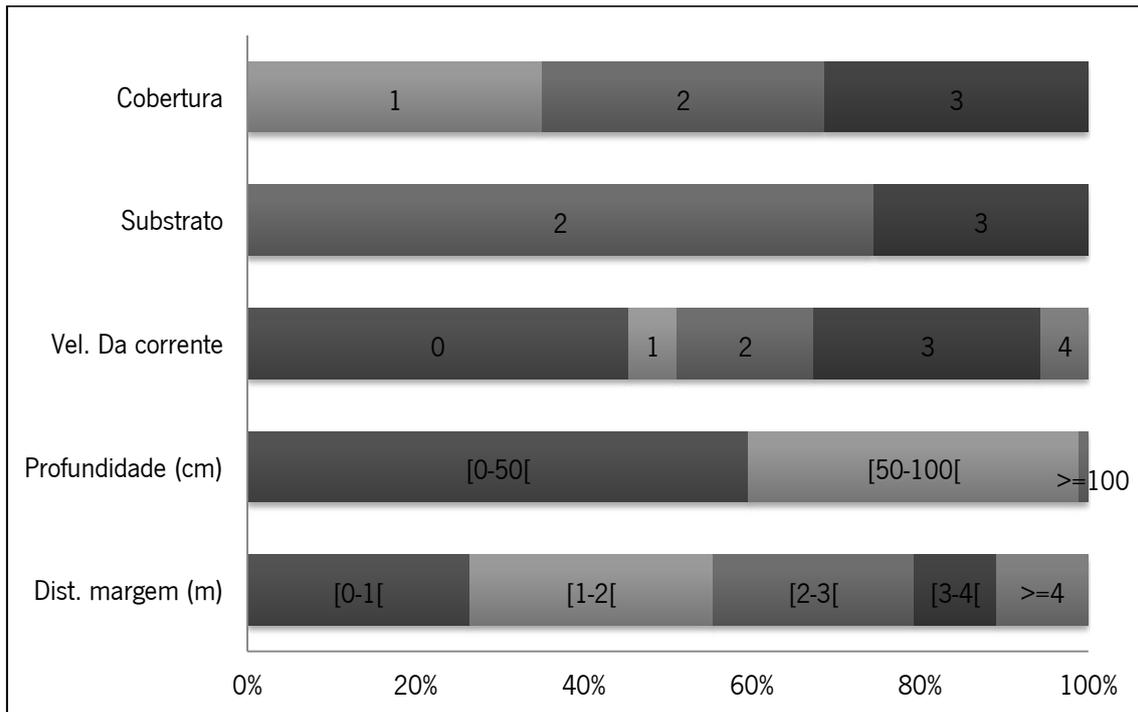


Fig. 34 - Percentagem de indivíduos de *M. margaritifera* presentes no rio Tuela em relação às características de habitat: cobertura (dados qualitativos sendo 1 raízes ou vegetação, 2 areia, cascalho ou pedras e 3 calhaus, blocos ou rocha), substrato dominante (dados qualitativos sendo 1 raízes, 2 areia, cascalho ou pedras e 3 calhaus, blocos ou rocha), velocidade da corrente (dados qualitativos de 0 a 5 onde 0 representa a velocidade nula e 5 a velocidade muito alta), profundidade (cm) e distância à margem (m).

Relativamente à comunidade de peixes registada neste rio, esta foi composta por três espécies nativas (*Pseudochondrostoma duriensis*, *Salmo trutta*, *Squalius caroliterti*) (Tabela 1). *Salmo trutta* foi o único peixe hospedeiro de *M. margaritifera* encontrada, neste rio sendo a espécie mais abundante encontrada (cerca de 39 indivíduos por 100 m).

Relativamente à caracterização ambiental no rio Tuela registou-se uma temperatura média de 16.5°C; uma condutividade média da água de 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e o oxigénio dissolvido de 10 mg/L (Tabela 2). Os valores de nitratos foram muito baixos, o que sugere um rio em excelente estado. Foram recolhidas, neste rio, um total de dez famílias de macroinvertebrados. Insetos aquáticos sensíveis à poluição pertencentes à ordem Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera dominaram (86%) (Tabela 2). Como resultado, o estado ecológico da água, avaliado através do índice bêntico de integridade biótica (IPT_N), foi considerado excelente (Tabela 2).

3.9. GERAL

Margaritifera margaritifera esteve presente em sete dos oito rios amostrados. Foram encontrados um total de 5191 indivíduos, tendo o rio Rabaçal registado o maior número de indivíduos (3411 bivalves recolhidos no total). Em quatro dos rios amostrados foram encontrados, no total, mais de 100 indivíduos (Paiva, Rabaçal, Tuela e Mente), e nos restantes apenas foram encontrados 66 bivalves no rio Beça, 21 no rio Neiva, 14 no rio Terva e nenhum no Cávado (Figura 35).

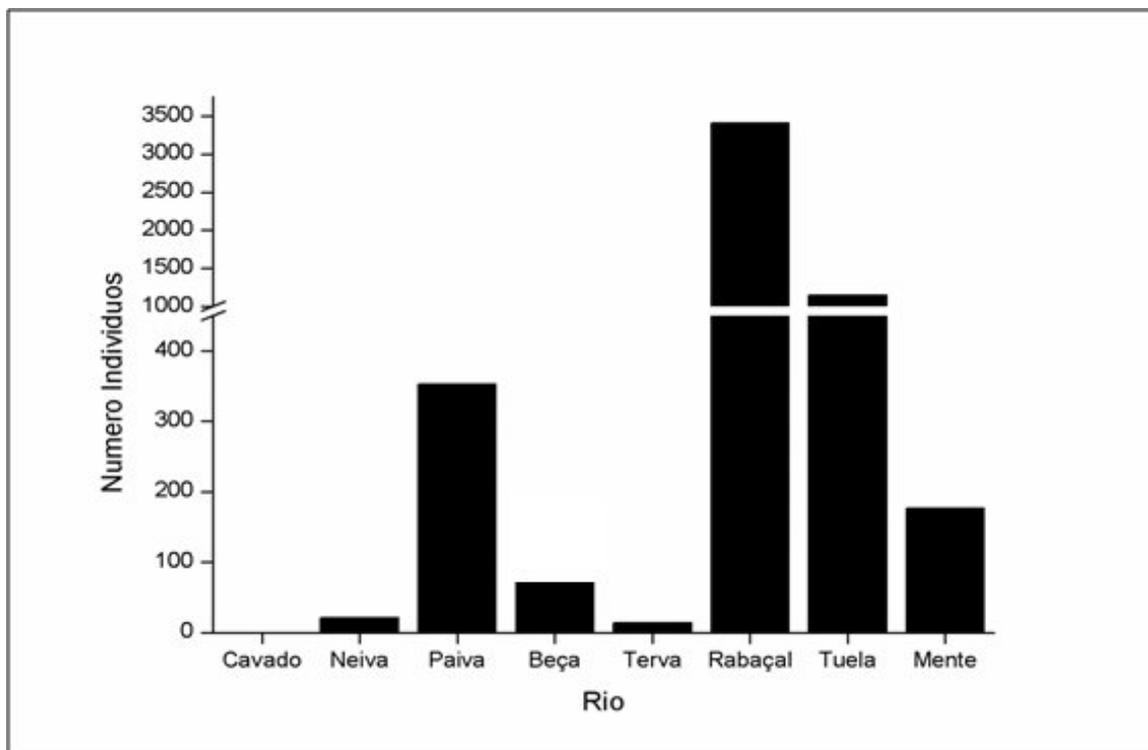


Fig. 35 - Número total de indivíduos de *M. margaritifera* nos rios Cávado, Neiva, Paiva, Beça, Terva, Rabaçal, Tuela e Mente.

No geral, a estrutura das populações desta espécie presentes no norte de Portugal mostrou que os espécimes médios (adultos) dominam (Figura 36), com uma percentagem máxima de indivíduos na classe 70-80 mm de tamanho, sendo que mais de 80.0% dos indivíduos amostrados tinham entre 60 mm e 90 mm. Apenas 12.2% dos exemplares amostrados nestes rios podem ser considerados juvenis (comprimento inferior a 60 mm). O tamanho médio foi de 75.4 mm (\pm 14.31 mm de desvio padrão). O menor indivíduo amostrado

tinha 18.0 mm no rio Rabaçal e o maior 123.0 mm no rio Beça. Nota-se uma clara distinção nos comprimentos médios dos indivíduos dos diferentes rios amostrados ($H= 651.55$, $p<0.001$; Figura 37). Os maiores comprimentos registaram-se nas populações dos rios Beça e Terva, e os menores na população do rio Mente. As populações dos rios Rabaçal e Tuela apesar de apresentarem a maior percentagem nos 70 mm, têm grandes variações nos comprimentos, quer para valores superiores quer para valores inferiores (Figura 37).

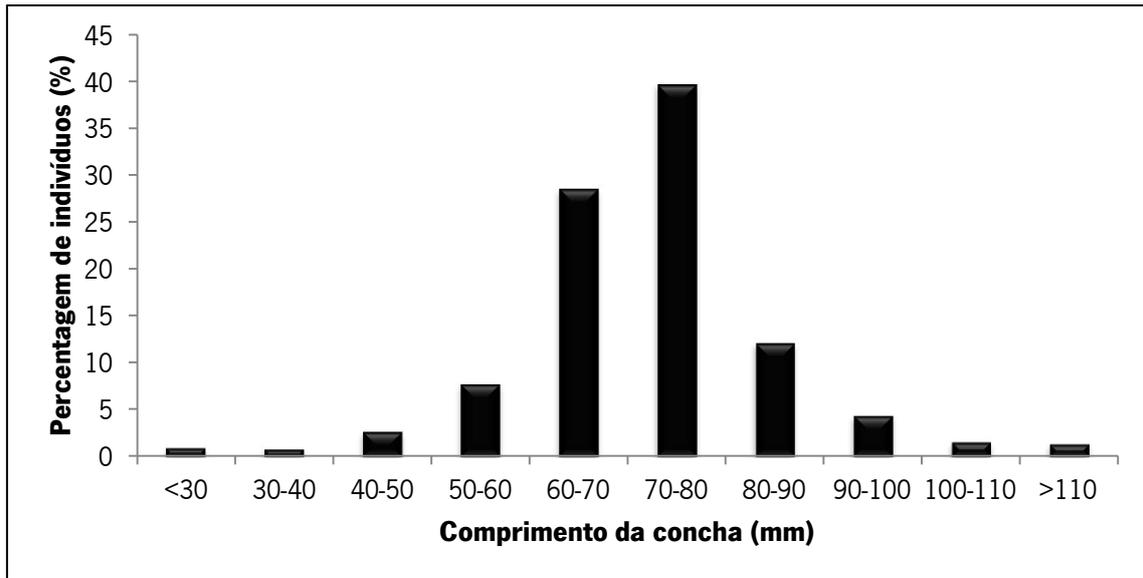


Fig. 36 - Estrutura das populações (dados conjuntos) de *M. margaritifera* nos rios Cávado, Neiva, Paiva, Beça, Terva, Rabaçal, Tuela e Mente (N= 5191).

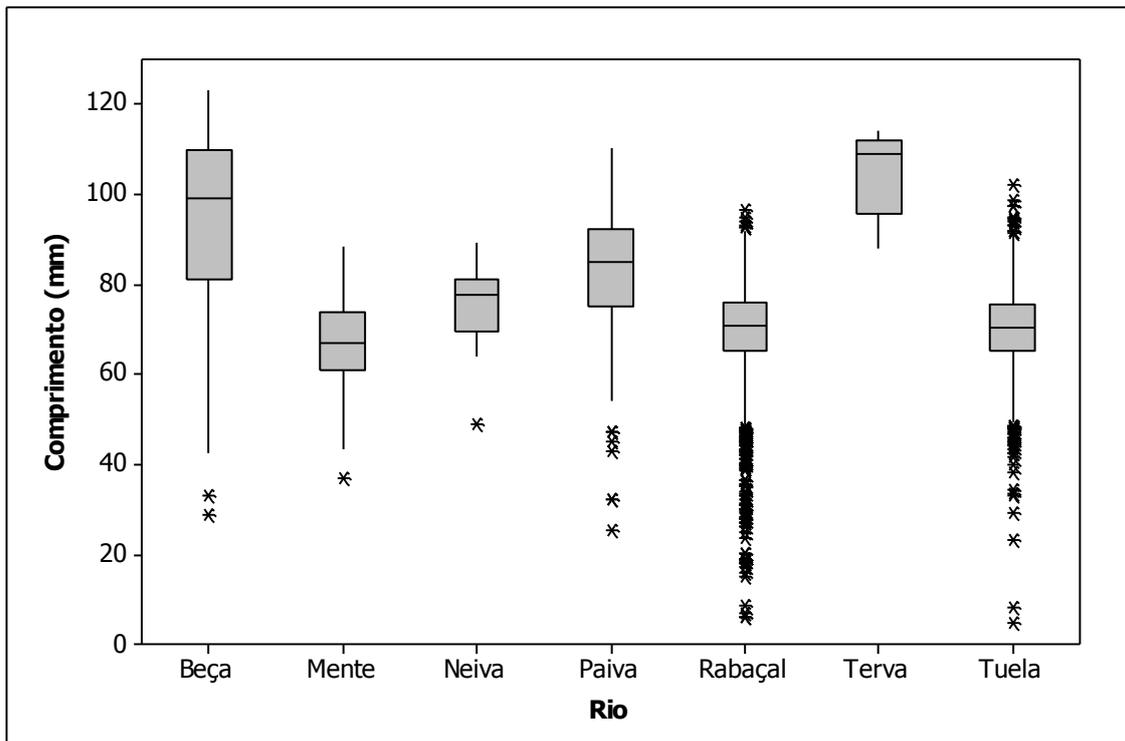


Fig. 37 - Comprimento de *M. Margaritifera* nos rios Neiva, Paiva, Beça, Terva, Rabaçal, Tuela e Mente. As *boxplot* mostram os valores da média (linha central), o intervalo do primeiro ao terceiro quartil (caixa), *Tuckey whiskers* e *outliers* (pontos).

No total, cerca de 80% dos bivalves foram recolhidos nos primeiros 2 m perto das margens, sendo muito poucos encontrados a mais de 3 m da margem (Figura 38). No geral esta espécie colonizou preferencialmente áreas com uma velocidade da corrente até 1 (Figura 38). Quanto à profundidade, os espécimes foram encontrados maioritariamente até os 100 cm. Por sua vez, o substrato preferencial para esta espécie foi areia, cascalho e pedras em áreas normalmente cobertas por vegetação e raízes (Figura 38).

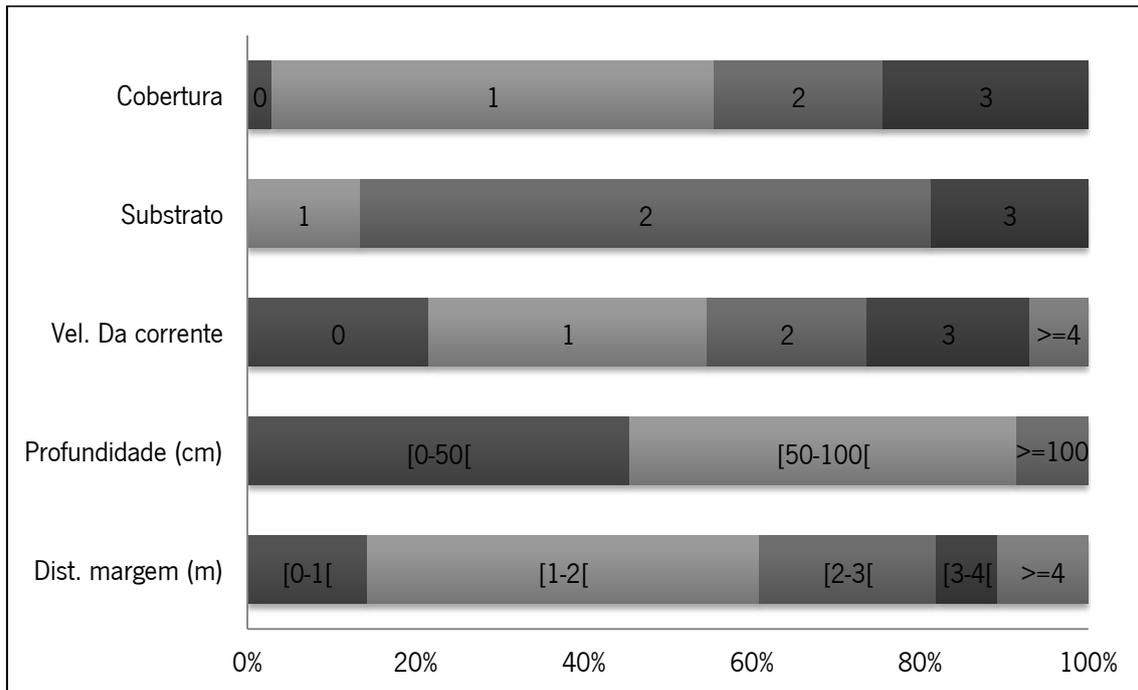


Fig. 38 - Percentagem de indivíduos de *M. margaritifera* (dados conjuntos de todas as populações amostradas) em relação às características de habitat: cobertura (dados qualitativos sendo 1 raízes ou vegetação, 2 areia, cascalho ou pedras e 3 calhaus, blocos ou rocha), substrato dominante (dados qualitativos sendo 1 raízes, 2 areia, cascalho ou pedras e 3 calhaus, blocos ou rocha), velocidade da corrente (dados qualitativos de 0 a 5 onde 0 representa a velocidade nula e 5 a velocidade muito alta), profundidade (cm) e distancia à margem (m).

Relativamente à comunidade de peixes nestes rios foram encontrados no total nove espécies diferentes sendo sete delas nativas (*Achondrostoma oligolepis*, *Anguilla anguilla*, *Luciobarbus bocagei*, *Pseudochondrostoma duriensis*, *Salmo trutta*, *Squalius alburnoides*, *Squalius caroliterti*) e duas não nativas (*Gobio lozanoi* e *Lepomis gibbosus*) (Tabela 1). *Salmo trutta* foi o único peixe hospedeiro de *M. margaritifera* encontrado nestes rios.

Tabela 1 – Caracterização da comunidade piscícola nos rios Paiva, Beça, Terva, Rabaçal, Tuela e Mente (x - presente, - ausente).

	Paiva	Beça	Terva	Rabaçal	Tuela	Mente
<i>Achondrostoma oligolepis</i>	X	-	-	-	-	-
<i>Anguilla anguilla</i>	X	-	-	-	-	-
<i>Luciobarbus bocagei</i>	X	X	X	X	-	-
<i>Pseudochondrostoma duriensis</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Salmo trutta</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Squalius alburnoides</i>	X	X	X	-	-	-
<i>Squalius carolitertii</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Gobio lozanoi</i>	X	-	-	-	-	-
<i>Lepomis gibbosus</i>	-	-	X	-	-	-

A caracterização ambiental realizada em seis rios onde *M. margaritifera* está presente é apresentada na tabela 2. No geral, existem algumas diferenças entre os seis rios relacionadas com a temperatura, que variou entre 15.2°C (rio Beça) e 21.4°C (rio Paiva). Insetos aquáticos sensíveis à poluição pertencentes à ordem Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera dominaram em todos os rios. Como resultado, o estado ecológico da água, avaliado através do índice bêntico de integridade biótica (IPTI_N), foi considerado excelente em todos os rios, exceto no rio Paiva (Tabela 2).

Tabela 2 – Caracterização ambiental dos rios Paiva, Beça, Terva, Rabaçal, Tuela e Mente. Todos os resultados sobre o estado ecológico da água (WES- Water Ecological Status) baseados nos macroinvertebrados estão incluídos.

	Paiva	Beça	Terva	Rabaçal	Tuela	Mente
Temperatura (°C)	21.4	15.2	15.9	18.5	16.5	17.5
Oxigénio dissolvido (mg L ⁻¹)	7.8	9.5	9.2	9.5	10.0	9.0
Condutividade (µS cm ⁻¹)	47.9	29.4	96.0	47.5	40.0	42.0
Nº de famílias de macroinvertebrados	61	32	38	10	10	9
% famílias EPT	-	68.0	71.5	72.0	86.0	76.0
WES (IPTI _{N Índice})	Bom	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente

DISCUSSÃO

4. DISCUSSÃO

Até meados do século XX, o mexilhão de água doce *M. margaritifera* seria muito abundante em vários rios das bacias do Douro e Vouga no norte e centro do país (Nobre, 1941). A partir deste período, a qualidade da água destes rios foi-se deteriorando, e como tal esta espécie foi diminuindo drasticamente, chegando mesmo a desaparecer em rios como o Ferreira e o Sousa. Esta situação foi igualmente descrita em vários países europeus onde a espécie desapareceu de vários rios, principalmente no centro da Europa (Bauer, 1986; Young *et al.*, 2001; Hastie *et al.*, 2010; Geist, 2010). Em Portugal, *M. margaritifera* ainda existe mas apenas em locais mais a montante dos rios, onde a pressão humana ainda não é tão acentuada. Este estudo descreve a situação das populações de mexilhão de água doce no Norte de Portugal, limite sul da distribuição de *M. margaritifera* na Europa.

4.1. DISTRIBUIÇÃO E ESTRUTURA DAS POPULAÇÕES

Neste estudo foram encontrados somente 21 mexilhões de água doce no rio Neiva. A estrutura da população do mexilhão de água doce neste rio mostra uma população envelhecida, com uma grande percentagem de indivíduos com mais de 70 mm (mais de 70% dos indivíduos amostrados).

Condições semelhantes às do rio Neiva foram encontradas no rio Terva, uma vez que o número de *M. margaritifera* também foi muito reduzido. Apenas 14 exemplares foram encontrados num único local em todo o rio, e a população mostra-se bastante envelhecida com todos os indivíduos amostrados com mais de 80 mm.

A população do rio Beça, tal como sucedia no rio Terva, também revela envelhecimento sendo que uma grande percentagem de bivalves tem mais de 70 mm (mais de 80% dos indivíduos amostrados). No entanto, neste rio, uma pequena percentagem dos exemplares amostrados (10.9% dos indivíduos) tem menos de 60 mm de comprimento, o que indica presença de juvenis e existência de recrutamento. O comprimento máximo de *M. margaritifera* na Península Ibérica era anteriormente registado na população do rio Landro (Espanha) com 117.3 mm (San Miguel *et al.*, 2004) e foi agora ultrapassado pelos 123.0 mm de comprimento de um exemplar encontrado no rio Beça. Segundo San Miguel *et al.* (2004) as populações Ibéricas encontram-se nos seus limites fisiológicos (e reprodutivos) e, por isso, apresentam

maiores taxas de crescimento e têm menor longevidade. Outros autores (Reis, 2003; Bauer, 1991) também verificaram variações na longevidade do mexilhão de água doce consoante a latitude sendo que nos rios mais a sul *M. margaritifera* tem um ciclo de vida mais curto.

No rio Paiva, a existência de mais indivíduos nos locais mais a montante (S22 a S29) que nos locais a jusante (S3 a S17) pode ser explicada pela menor perturbação antrópica registada nesta zona, uma vez que são locais de difícil acesso e por isso sem grande pressão humana. A inexistência de espécimes a montante de S29 pode ser explicada pela ausência de condições adequadas para a espécie já que o rio começa a ser muito estreito. Por sua vez, a jusante de S3 a não existência de indivíduos pode ser devida à presença de uma barragem no rio Douro que ainda influencia os primeiros 4 km do rio Paiva e estas condições lânticas são inapropriadas para a espécie. Por outro lado, a ausência de indivíduos entre S17 e S22 pode ser resultado do lançamento de efluentes domésticos junto à vila de Castro Daire e consequente deterioração da qualidade de água. A estrutura da população de mexilhão de água doce no rio Paiva revela envelhecimento com uma grande percentagem de indivíduos com mais de 70 mm (mais de 80% dos indivíduos amostrados). No entanto, 3.7% dos indivíduos amostrados podem ser considerados juvenis (comprimento inferior a 60 mm). Além disso, três indivíduos com um comprimento inferior a 32 mm foram encontrados, o que significa que recrutamento recente ocorreu neste rio. Ao longo deste rio, o número total de *M. margaritifera* pode ser superior a 5000 indivíduos. Esta estimativa é baseada na extrapolação da abundância da espécie nos locais amostrados e com a quantidade de habitat apropriado para a espécie disponível. Esta estimativa é bastante superior à avançada por Reis (2003), que previa uma população total com menos de 500 indivíduos. Esta diferença não pode ser explicada por uma recuperação na abundância da espécie num período tão curto de tempo entre as duas campanhas de amostragem, mas sim com o esforço de amostragem muito mais elevado no presente estudo.

A população do rio Mente apresenta uma população em que mais de 80% dos indivíduos amostrados se encontra entre os 60 mm e os 90 mm de comprimento. Interessante de referir, é que não foram encontrados mexilhões de água doce com comprimentos superiores a 90 mm neste rio. No entanto, 18.6% dos indivíduos amostrados podem ser considerados juvenis (comprimento inferior a 60 mm) o que indica que houve recrutamento desta espécie no rio Mente.

No rio Rabaçal, a estrutura da população mostra, tal como sucedia no rio Mente, o domínio de indivíduos entre os 60 mm e os 90 mm de comprimento (mais de 80% dos

indivíduos amostrados). No entanto, 14.0% dos indivíduos amostrados podem ser considerados juvenis (comprimento inferior a 60 mm). Além disso, trinta três indivíduos com um comprimento inferior a 30 mm foram encontrados, o que significa que recrutamento recente ocorreu neste rio.

A estrutura da população do rio Tuela mostra, tal como sucedia no rio Mente e no rio Rabaçal, o domínio duma população constituída maioritariamente por indivíduos entre os 60 mm e os 90 mm de comprimento (mais de 80% dos indivíduos amostrados). Contudo, 12.4% dos indivíduos amostrados podem ser considerados juvenis (comprimento inferior a 60 mm). Além disso, quatro indivíduos com um comprimento inferior a 30 mm foram encontrados, o que significa que recrutamento recente ocorreu neste rio.

De um modo geral, verifica-se que existem diferenças significativas nos comprimentos de *M. margaritifera* entre todos os rios. A estrutura das populações mostra que os rios Neiva e Terva são as mais envelhecidas. Por sua vez, as populações de mexilhão de água doce no rio Beça e no rio Paiva revelam envelhecimento agudo com uma grande percentagem de indivíduos com mais de 70 mm (mais de 80% dos indivíduos amostrados). Esta situação já foi descrita em várias populações na Península Ibérica e no resto da Europa e é o principal fator de preocupação para a sobrevivência desta espécie (Álvarez-Claudio *et al.*, 2000; Hastie *et al.*, 2000b; Morales *et al.*, 2004; Outeiro *et al.*, 2008; Geist, 2010; Österling *et al.*, 2010; Varandas *et al.*, 2013). No entanto, uma pequena percentagem (menos que 10 %) dos indivíduos amostrados pode ser considerada juvenil (comprimento inferior a 60 mm). Este maior número de juvenis está presente essencialmente nos rios Mente, Rabaçal e Tuela o que parece indicar que são estas as populações mais funcionais e com melhores perspetivas de conservação futuras.

Apesar da intensidade da amostragem, cobrindo vários locais diferentes (e variando o número de locais com a extensão do rio em questão), as abundâncias descritas neste estudo devem ser consideradas como valores mínimos, devido à possível subestimativa de mexilhões pequenos e enterrados, que naturalmente estariam escondidos e escaparam à avaliação visual. Outros estudos (Hastie & Cosgrove, 2002; Hastie, 2011) enaltecem estas mesmas dificuldades em detetar pequenos indivíduos, levando à subestimação da abundância, principalmente, de juvenis. Os mexilhões com menos de 20 mm são difíceis de detetar (Young & Williams, 1984) e por isso, Hastie (2011) sugere que deve ser considerado recrutamento recente quando uma população inclui indivíduos com menos de 30 mm. Por outro lado, como não há critérios estabelecidos para avaliar populações de acordo com o seu recrutamento, Cosgrove *et al.* (2000) define como uma população funcional, aquela que possui um indivíduo com menos

de 65 mm (juvenil), independentemente do número total de adultos. Já Hastie (2011) estabeleceu um conjunto de critérios, com base na percentagem de juvenis, a fim de determinar se o recrutamento é suficiente para manutenção a longo prazo. Lois *et al.* (2013), utilizando com referência populações Galegas (norte de Espanha), defende que para determinar se o recrutamento é suficiente é necessário realizar uma análise demográfica com base na distribuição de frequências de idade. Assim, pode-se afirmar que as populações dos rios Beça, Paiva, Mente, Rabaçal e Tuela são funcionais, e que recrutamento recente ocorreu nos rios Paiva, Rabaçal e Tuela.

Em 2003, Reis apenas encontrou 3 indivíduos desta espécie num local do rio Cávado, entre a barragem do Alto Cávado (limite a jusante) e o reservatório da barragem da Paradela (limite a montante). Dez anos depois, a ausência de *M. margaritifera* no rio Cávado pode ser explicada pelas perturbações humanas a que este rio está sujeito, uma vez que existem várias barragens ao longo do rio para aproveitamento hidroelétrico. Igualmente para o rio Neiva, Reis (2003) encontrou 3 exemplares desta espécie; neste estudo foram encontrados 21 o que continua a ser um número muito reduzido. Este aumento, após 10 anos, pode ser explicado pelo maior esforço de amostragem realizado, uma vez que foram analisados sete locais e com percursos que variaram entre os 250 m e os 3000 m em vez de transectos de 50 m como os efetuados por Reis (2003). Segundo Reis (2003), as pequenas e restritas populações dos rios Cávado e Neiva seriam populações remanescentes que sobreviviam em troços de rio intocados, longe de grandes concentrações humanas, mas onde a sua sobrevivência estaria ameaçada a curto prazo. Este estudo confirma as suposições de Reis (2003) de que estas populações estariam em alto risco de desaparecimento num curto prazo dada a redução e fragmentação de habitats gerados pela construção de barragens no rio Cávado e perturbações humanas no rio Neiva; sendo que este estudo não foi capaz de encontrar exemplares desta espécie no rio Cávado pese embora um grande esforço de amostragem.

De acordo com Reis (2003) a população do rio Paiva apresentava sinais de envelhecimento, com tamanho médio muito maior do que as populações dos afluentes do norte do rio Douro (rios Mente, Rabaçal e Tuela). O mesmo se verificou neste estudo, uma vez que o tamanho médio do mexilhão de rio *M. margaritifera* no rio Paiva é de 88 mm e nos rios Mente, Rabaçal e Tuela é de cerca de 68 mm. Em 2003, Reis defendia que os tamanhos e as características encontradas nas populações dos rios Mente, Rabaçal e Tuela os tornavam extremamente importantes para a conservação desta espécie no Sul da Europa, uma vez que

apenas quatro outros rios em Espanha possuíam populações de *M. margaritifera* potencialmente saudáveis (Álvarez *et al.*, 2000; Young *et al.*, 2001). Por sua vez, Louis *et al.* (2013) identificou onze rios na Galiza como importantes para a conservação de *M. margaritifera*. As altas abundâncias ao longo de vários quilómetros dos rios Mente, Rabaçal e Tuela juntamente com a presença de juvenis e habitats com condições ecológicas excelentes são importantes para assegurar o futuro destas populações. No entanto, todos estes rios estão ameaçados pela construção de barragens para aproveitamento elétrico. Neste estudo podemos confirmar as suspeitas de Reis (2003), que previa que a construção de barragens no rio Rabaçal iria afetar a população de mexilhão de água doce neste rio e também no rio Mente. Verificou-se que houve uma enorme diminuição no número de indivíduos a jusante das barragens do Rio Rabaçal (S5 com 82 bivalves e S4 com 0) relativamente ao local amostrado acima das barragens (S6 com 1310 bivalves). Devido ao reduzido número de indivíduos encontrados abaixo da barragem (menos de 100 indivíduos), é esperado que indivíduos desta espécie estejam em risco de desaparecer nestes troços a jusante, até porque existe uma clara dominância de indivíduos velhos e ausência total de juvenis. Também no rio Tuela se verifica a mesma situação, mas neste caso causado pela presença de uma mini-hídrica (Aproveitamento Hidroelétrico das Trutas). Constata-se que não existem praticamente nenhum indivíduo a jusante da mini-hídrica do Rio Tuela (S5 com 3 bivalves e S6 com 0). Em S7, que já está localizado a montante da mini-hídrica, mas ainda sofre a influência desta existem poucos bivalves e somente a partir do local S8 é que se verificou um aumento da abundância.

4.2. CARACTERIZAÇÃO DO HABITAT E HOSPEDEIROS

Neste estudo, *M. margaritifera* evidencia uma preferência por áreas próximas das margens, com uma baixa profundidade, sedimentos arenosos e cascalho, um alto grau de vegetação ripária como cobertura e uma ampla gama de velocidades da corrente. Essas preferências têm sido amplamente descritas para outras populações europeias e seguem padrões muito semelhantes (Álvarez-Claudio *et al.*, 2000; Hastie *et al.*, 2000b; Morales *et al.*, 2004; Outeiro *et al.*, 2008). A elevada abundância em áreas com as características mencionadas também pode estar relacionada com a preferência dos hospedeiros (truta), principalmente na fase juvenil, por este tipo de características do habitat (Outeiro *et al.*, 2008).

Skinner *et al.* (2003) verificou também que esta espécie em vários rios da Inglaterra e do País de Gales está associada a áreas com sombra criada pela vegetação ripária. Em dois rios galegos, no noroeste de Espanha, Outeiro *et al.* (2008) constatou que *M. margaritifera* mostrava uma preferência por zonas até 1.5 m da margem e simultaneamente zonas com muita cobertura arbórea. No presente estudo, verificaram-se as mesmas preferências uma vez que a maioria dos exemplares de mexilhão de água doce se encontrava perto da margem, sendo a vegetação relativamente abundante nesses locais. É necessário, no entanto, ter em atenção que estes estudos (Skinner *et al.* 2003; Outeiro *et al.* 2008) referem-se a habitats de populações com abundâncias baixas.

Alguns autores (i.e. D'Elisco, 1973; Walker, 1981) têm sugerido que os juvenis de *M. margaritifera* podem ocupar um micro-habitat bastante diferente do ocupado pelos adultos. Mexilhões de água doce juvenis requerem águas frescas, bem oxigenadas, sem poluição, turbidez muito baixa e substrato arenoso (Hastie *et al.*, 2003a; Geist & Auerswald, 2007). No entanto Hastie *et al.* (2000a) descreve que os mexilhões juvenis estão associados a agregações de adultos onde, supostamente, o habitat é ideal tanto para adultos como para juvenis; ou seja, adultos e juvenis apresentam requisitos semelhantes de habitat. Além disso, juvenis de *M. margaritifera* têm sido encontrados frequentemente muito perto dos adultos (Ziuganov *et al.*, 1994; Beasley, 1996) tal como se verificou no presente estudo principalmente nos rios Rabaçal e Tuela.

Salmo trutta foi o peixe hospedeiro de *M. margaritifera* que esteve presente em todos os rios em estudo sendo sempre das espécies mais abundantes, com exceção do rio Paiva, que apresentou um número muito baixo de efetivos. Este baixo valor de efetivos pode ser explicado pelas condições oligotróficas e a produtividade muito baixa deste rio. Arvidsson *et al.* (2012) defende que o baixo número de peixes hospedeiros pode ser um problema para *M. margaritifera*, pois pode resultar num menor (ou mesmo falha) recrutamento, devido a uma menor infestação por parte dos gloquídeos. Apesar de alguns autores defenderem que uma densidade de pelo menos cinco trutas jovens por cada 100 m² é capaz de sustentar uma população saudável de *M. margaritifera* (Bauer, 1988; Ziuganov *et al.*, 2004), Geist *et al.* (2006) admite que o baixo número de efetivos (como os descritos no rio Paiva), pode ser suficiente para manter uma população funcional. Segundo este autor, os hospedeiros mais velhos (e em teoria maiores) possuem uma maior capacidade de transporte e infestação de gloquídeos o que pode compensar as baixas abundâncias de hospedeiros. Por outro lado, em populações da Escócia,

Hastie & Young (2001) consideraram uma série de razões para hospedeiros mais velhos de *M. margaritifera* serem menos suscetíveis a infeção por gloquídeos. Estes autores avançaram que os peixes mais velhos podem ser menos expostos à infeção devido a possíveis diferenças comportamentais, ao possuírem maior resistência à infestação devido às camadas de muco mais espessas e, principalmente, ao desenvolvimento gradual de imunidade aos gloquídeos como resultado de infeções anteriores que em teoria será maior em indivíduos maiores e mais velhos.

A presença de *Salmo trutta* em abundância nos restantes rios é um sinal positivo, e como tal, nos rios Terva e Beça não deverá ser considerada como a causa principal do baixo número de indivíduos.

4.3. CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL

Em geral, o domínio de insetos aquáticos sensíveis à poluição pertencentes à ordem Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (uma média de 74.7%) e o excelente estado ecológico da água, mostra que as zonas colonizadas por mexilhão de rio *M. margaritifera* estão em boas condições ambientais. Aliás, tal facto já seria esperado uma vez que esta espécie é geralmente considerada um excelente indicador em ecossistemas aquáticos, já que a espécie é raramente encontrada em locais com poluição (Geist, 2010).

A avaliação da qualidade do habitat baseada no RHS nos rios Beça, Terva e Paiva mostrou que os locais amostrados têm diferenças nos resultados HMS. No rio Terva os locais 1 e 2 foram classificados com a pior qualidade, o que pode justificar a ausência de quaisquer espécimes nestes locais, enquanto os restantes locais do rio Terva variam de obviamente modificado (locais 3 e 4) para boa qualidade (local 5). Esta classificação indica modificações antrópicas, como presença de açudes e modificações do leito, o que pode justificar o tão reduzido número de *M. margaritifera* no rio Terva, bem como a dominância de indivíduos envelhecidos. No rio Beça todos os locais amostrados estavam obviamente modificados. Isto indica mais uma vez modificações antrópicas, como presença de açudes e modificações do leito. Estes factos permitem-nos considerar que a população de *M. margaritifera* no rio Beça poderia, em tempos, ser muito mais abundante se não existissem estas modificações antrópicas, uma vez que reúne as condições favoráveis à presença de *M. margaritifera*. No rio Paiva, dos cinco locais avaliados, apenas um foi classificado como excelente, sendo os restantes considerados

bons. Tal como nos rios Beça e Terva, estes dados sugerem modificações antrópicas, que podem ser mais um dos motivos para o reduzido número de indivíduos nos locais amostrados mais a jusante.

A avaliação da qualidade do habitat baseada no RHS nos rios Rabaçal e Tuela (Claro, 2010) mostrou que os locais amostrados têm uma excelente qualidade ambiental nas zonas mais a montante. A qualidade (e a quantidade) da água dos rios Rabaçal e Tuela assume uma grande importância para a conservação desta espécie ameaçada. De referir que as zonas a montante destes dois rios já fazem parte do Parque Natural de Montesinho. No entanto esta situação não é por si só o garante da conservação de *M. margaritifera* nestes dois rios já que várias ameaças existem e que podem por em risco estas populações.

4.4. AMEAÇAS À ESPÉCIE E POSSÍVEIS MEDIDAS DE CONSERVAÇÃO

As principais ameaças às populações de *M. margaritifera* na Europa compreendem a perda e fragmentação do habitat, poluição, mudanças climáticas, sobreexploração, e introdução de espécies invasoras.

Perda e fragmentação do habitat: Na Europa, propostas de projetos de energias renováveis (e.g. criação de centrais elétricas e barragens) foram ativamente incentivados (Hastie *et al.*, 2004). Em Portugal, tal como em outros países da Europa, o clima e a topografia são adequados para a produção elétrica. Deste modo, nas últimas décadas foram construídas várias barragens e centrais elétricas e conseqüentemente várias populações de *M. margaritifera* foram negativamente afetadas (e.g. diminuição na distribuição espacial e número de efetivos) (Cosgrove & Hastie, 2001). Para além de ocorrerem perturbações durante a construção das barragens, algumas operações provocam alterações nos fluxos de água o que despoleta, por vezes, curtos períodos de inundações alternados com períodos de secas. Estas oscilações de caudal são claramente incompatíveis com a manutenção de populações viáveis de *M. margaritifera* (Layzer *et al.*, 1993). Por outro lado, a extração de inertes pode também ser considerado uma ameaça para *M. margaritifera*, uma vez que os bivalves podem ser removidos juntamente com os inertes. Durante os trabalhos de extração há aumento da turbidez da água num troço considerável a jusante, o que pode ser responsável pela deposição de sedimentos finos prejudicando o desenvolvimento dos bivalves juvenis bem como afetando a filtração por parte dos animais adultos (Reis, 2006; Geist *et al.*, 2006)

Poluição: Ecossistemas de água doce são muitas vezes os recetores de altas concentrações de nutrientes como azoto e fósforo, carbono orgânico e inorgânico, sulfato (SO₄), total de sais dissolvidos e outro tipo de poluentes como metais pesados e disruptores endócrinos. Na lixiviação de terrenos agrícolas são transportados nutrientes que usualmente são a principal causa de eutrofização. Este processo, de enriquecimento dos ecossistemas aquáticos em nutrientes ou matéria orgânica, pode ser responsável pela proliferação de algas que podem levar, entre outras coisas, a diminuições drásticas nas concentrações de oxigénio (Carpenter *et al.*, 1998; Schindler, 2006). Sendo a espécie *M. margaritifera* muito sensível a alterações das propriedades físicas e químicas da água, este tipo de poluição torna-se prejudicial para a espécie, principalmente para os juvenis. Se bem que altamente especulativo, uma vez que não existem estudos científicos sobre o assunto, é possível que todo o tipo de poluentes (metais pesados, disruptores endócrinos, entre outros) afetem negativamente as populações de *M. margaritifera*, principalmente a fase juvenil (Geist, 2010).

Mudanças climáticas: O aquecimento global é um tema muito abordado nos dias de hoje e mudanças na temperatura podem também ser importantes na viabilidade de algumas populações de *M. margaritifera*. Populações que estejam no limite de distribuição serão, em teoria, as primeiras e as mais suscetíveis de serem afetadas pelo possível aumento futuro da temperatura. Assim sendo, e como o limite sul de distribuição de *M. margaritifera* é a Península Ibérica, as populações portuguesas podem ser as primeiras a ser afetadas pelo aquecimento global. No entanto, há evidências históricas de que as temperaturas elevadas da água podem aumentar o recrutamento em algumas populações. Na verdade, Hruska (1992) e Mackie & Roberts (1995) verificaram níveis elevados de recrutamento em populações da República Checa e Irlanda em anos muito quentes. Esta situação pode ser um resultado indireto da diminuição do caudal que irá maximizar os encontros de *M. margaritifera* e os seus hospedeiros e em teoria aumentar o recrutamento. Desta forma, as possíveis mudanças climáticas podem ter efeitos muito diferentes nas populações de *M. margaritifera* ao longo da latitude mas é possível que as populações situadas nos limites de distribuição sul poderão ser as mais afetadas negativamente. É igualmente possível que efeitos na temperatura alterem a relação dos mexilhões de água doce e seus respetivos hospedeiros (ver discussão acima; Hastie *et al.*, 2003b). Por outro lado, extremos climáticos podem também ser responsáveis por mortalidades massivas de bivalves de água doce, sendo que estes fenómenos são suscetíveis de aumentar em número e intensidade num futuro próximo (Sousa *et al.*, 2012). Rios mais pequenos geralmente respondem mais

rapidamente aos eventos hidrológicos que os rios de maiores dimensões, e portanto, são substancialmente menos estáveis (Gibson, 1993). Hastie *et al.* (2001) estudou os efeitos de uma grande cheia numa população de *M. margaritifera* na Escócia, e verificou uma grande mortalidade devido à dessecação de mexilhões encalhados nas margens quando o nível do rio voltou a descer, a danos causados pelo movimento de substratos grosseiros, ao esmagamento de mexilhões por grandes depósitos de substrato no leito do rio e arrastamento de mexilhões para o mar. O mesmo tipo de efeitos podem ser gerados por secas extremas e estas poderão igualmente aumentar de número e intensidade no futuro e mortalidades massivas podem igualmente ocorrer, sendo as populações situadas no limite sul de distribuição mais suscetíveis a estes fenómenos. Finalmente, e para as populações ibéricas é igualmente possível que o aumento de incêndios possa também afetar negativamente as populações de *M. margaritifera*. Por exemplo, as áreas circundantes aos rios Beça e Terva, densamente florestada com pinheiro (*Pinus pinaster*), foram sujeitas a grandes incêndios recentemente (Varandas *et al.*, 2013). Nestas áreas ardidas próximas dos rios é possível que aumentem as taxas de erosão e subsequente entrada de sedimentos finos com potenciais efeitos negativos nos animais filtradores como é o caso de *M. margaritifera* (Varandas *et al.*, 2013).

Sobreexploração: Na Escócia e Rússia a escassez de mexilhões maiores e mais velhos deve-se provavelmente à sobreexploração efetuada por pescadores de pérolas (Hastie *et al.*, 2000a). Em Portugal a sobreexploração de pérolas nunca foi importante e assim sendo podemos descartar esta situação como um fator de ameaça às populações portuguesas. No entanto há relatos de consumo esporádico para fins alimentares de indivíduos desta espécie em algumas zonas do Norte de Portugal.

Introdução de espécies invasoras: A introdução de espécies invasoras pode ser também uma ameaça para os mexilhões de água doce, uma vez que estas espécies podem competir com *M. margaritifera*. Em vários rios amostrados (rios Paiva, Rabaçal e Tuela) foi possível confirmar a existência da Amêijoia Asiática *Corbicula fluminea*. No futuro, trabalhos deverão ser realizados de modo a verificar possíveis mudanças na estrutura destas populações invasoras bem como determinar possíveis efeitos negativos desta espécie em *M. margaritifera*. Por sua vez, espécies não-nativas de lagostim podem alimentar-se dos peixes hospedeiros *Salmo trutta* (Geist *et al.*, 2006; Reis, 2006) e em alguns dos rios amostrados foi possível confirmar a presença de *Procambarus clarkii* e *Pacifastacus leniusculus*. A introdução de plantas não nativas podem igualmente mudar a vegetação ripária e assim alterarem o regime hídrico (Carpenter *et*

al., 2011) o que pode levar à destruição de abrigo para os peixes hospedeiros e mesmo para os bivalves. A introdução de peixes não nativos pode diminuir a infestação nos hospedeiros, uma vez que as espécies invasoras podem interagir com as espécies nativas via competição ou predação, por exemplo (Carpenter *et al.*, 2011). Assim, as espécies invasoras vão interferir com a densidade dos hospedeiros, que como já foi referido, é de extrema importância para o ciclo de vida de *M. margaritifera* (Hastie *et al.*, 2000a).

No contexto da Península Ibérica os rios Cávado, Neiva e Terva já apresentam um alto grau de modificação (barragens, alguma poluição, presença de açudes, perturbações antrópicas) e populações bastante envelhecidas, o que já levou aparentemente ao desaparecimento da espécie no rio Cávado. Assim sendo, qualquer medida de reabilitação nestes rios direcionados para a recuperação de *M. margaritifera* será difícil de ter sucesso dada a baixa abundância de efetivos.

Por sua vez, os rios Beça e Paiva podem ser considerados um habitat importante para *M. margaritifera* e estas populações merecem atenção que vise uma futura proteção e conservação eficaz. Dado que foram identificadas as principais ameaças (e.g. descarga de efluentes domésticos, presença de açudes, perda de vegetação ripária e baixa densidade de hospedeiros no caso do rio Paiva) as principais medidas de conservação de *M. margaritifera* nos rios Beça e Paiva deveriam incluir manter ou até mesmo melhorar a qualidade da água (e se possível interromper a descarga de efluentes domésticos, principalmente perto de Castro Daire no rio Paiva), aumentar a cobertura de vegetação ripária em algumas áreas, desativar diversos açudes que não são funcionais hoje em dia a fim de aumentar a conectividade e aumentar, no caso do rio Paiva, a densidade de hospedeiros apropriados (*Salmo trutta*). A importância do aumento da vegetação ripária, vem de encontro com alguns estudos (Parrot & MacKenzie, 2000; Oliver & Killeen, 1997) que defendem a importância das raízes de espécies arbóreas, como os amieiros, como essenciais na redução da erosão, e beneficiam os mexilhões por sombreamento do canal, reduzindo as variações da temperatura da água e prevenindo o crescimento excessivo de algas, bem como a possibilidade de aumento das zonas de abrigo para as trutas e de fixação para os próprios bivalves. Outra medida de conservação pode passar pela propagação de indivíduos utilizando técnicas de reprodução artificiais (Barnhart, 2006). A viabilidade destas técnicas em *M. margaritifera* tem sido estudada por Buddensiek (1995), Hastie & Young (2003), havendo relatos positivos na República Checa, Alemanha, Reino Unido e Luxemburgo (Gum *et*

al., 2011). No entanto, estas técnicas devem ser utilizadas apenas para resgatar e manter as populações até o seu habitat ser restaurado (Barnhart, 2006).

Os rios Mente, Rabaçal e Tuela são considerados um habitat importante para *M. margaritifera* e estas populações merecem uma atenção especial para a conservação desta espécie em Portugal. Uma vez estes rios apresentam todos os requisitos para manter populações viáveis e sustentáveis (abundâncias altas, distribuição espacial alargada, recrutamento recente e condições ambientais excelentes) é necessário manter estes rios intactos (ou praticamente intactos uma vez que já foram construídas duas barragens no rio Rabaçal e uma no rio Tuela), tentar aumentar o número de salmonídeos hospedeiros, e ter em atenção as áreas circundantes que foram queimadas, procedendo quando possível à reflorestação da zona.

A implementação das medidas de conservação devem ser realmente aplicadas, e se possível rapidamente no caso dos rios mais modificados, mas ainda assim viáveis para as populações de *M. margaritifera*, como são os rios Beça e Paiva.

CONCLUSÃO

5. CONCLUSÃO

O limite sul da distribuição de *Margaritifera margaritifera* na Europa é a Península Ibérica o que torna o estudo das populações portuguesas uma prioridade em termos de conservação se tivermos em conta por exemplo futuras mudanças resultantes das alterações climáticas. Esta espécie que no início do século XX podia ser encontrada em vários rios do norte de Portugal, incluindo vários afluentes do rio Douro onde as condições eram propícias à sua ocorrência, desapareceu em muitos deles (e.g. rios Sousa e Ferreira). Hoje em dia a presença desta espécie está confinada a alguns rios inalterados do interior do país sendo que as populações mais viáveis se encontram nos rios Mente, Rabaçal e Tuela. Este trabalho vem contribuir para o melhor conhecimento da atual situação ecológica de *M. margaritifera* no norte de Portugal uma vez que graves lacunas existiam acerca de características básicas da sua ecologia como abundância, distribuição, estrutura das populações e habitat utilizado. De facto esta informação é vital uma vez que, por exemplo, Hampe e Petit (2005) argumentam que as populações que vivem em latitudes mais baixas, como as populações de *M. margaritifera* na Galiza e Portugal, são de grande importância para a conservação de diversidade genética e evolução da espécie. Assim os dados fornecidos neste trabalho são importantes não só em termos do estado atual de conservação da espécie mas também como um estudo de referência para futuras comparações sobre o estado ecológico da espécie em Portugal.

*Este trabalho foi redigido segundo o novo acordo ortográfico.

BIBLIOGRAFIA

Abell R, Allan JD, Lehner B. 2007. Unlocking the potential of protected areas for freshwaters. *Biological Conservation* **134**: 48-63.

Alba-Tercedor J, Sanchez-Ortega A. 1988. Un método rápido y simples para evaluar la calidad biológica de las águas correntes basado en el de Hellawell. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada, España.

Alvarez-Cláudio C, Garcia-Roves P, Ocharan R, Cabal JA, Ocharan FJ, Alvarez MA. 2000. A new record of the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* L. (Bivalvia, Unionoida) from the River Narcea (Asturias, north-western Spain). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* **10**: 93-102.

Araújo R, Ramos MA. 2001. Action plan for *Margaritifera margaritifera* in Europe. *Nature and Environment* **117**: 29-66.

Arvidsson BL, Karlsson J, Österling ME 2012. Recruitment of the threatened mussel *Margaritifera margaritifera* in relation to mussel population size, mussel density and host density. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* **22**: 526-532.

Barnhart MC. 2006. Buckets for muckets: a compact system for rearing juvenile freshwater mussels. *Aquaculture* **254**: 227-233.

Barnhart MC, Haag WR, Roston WN. 2008. Adaptations to host infection and larval parasitism in the Unionoida. *Journal of the North American Benthological Society* **27**: 370-394.

Bauer G. 1983. Age structure, age specific mortality rates and population trend of the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*) in North Bavaria. *Hydrobiologia* **98**: 523-532.

Bauer G. 1986. The status of the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* L. in the south of its European range. *Biological Conservation* **38**: 1-9.

Bauer G. 1987. Reproductive strategy of the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera*. *Journal of Animal Ecology* **56**: 691-704.

Bauer G. 1988. Threats to the freshwater pearl mussel, *Margaritifera margaritifera* in central Europe. *Biological Conservation* **45**: 239-253.

Bauer G. 1991. Plasticity in life history traits of the freshwater pearl mussel - consequences for the danger of extinction and for conservation measures. In Species Conservation: *A Population Biological Approach*, Seitz A, Loeschcke V (eds). *BirkhauserVerlag Basel*, 103-120.

Bauer G. 1992. Variation in the life span and size of the freshwater pearl mussel. *Journal of Animal Ecology* **61**: 425-436.

Bauer G. 1994. The adaptive value of offspring size among freshwater mussels (Bivalvia: Unionoidea). *Journal of Animal Ecology* **63**: 933-944.

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.

Beasley CR. 1996. The distribution and ecology of the freshwater pearl mussel, *Margaritifera margaritifera* L. 1758, in County Donegal, Ireland and implications for its conservation. Unpubl. PhD Thesis, Queen's University of Belfast, Northern Ireland.

Beasley CR, Roberts D. 1996. The current distribution and status of the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* L.1758 in north-west Ireland. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* **6**: 169-77.

Beasley CR, Roberts D. 1999. Towards a strategy for the conservation of the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* in County Donegal, Ireland. *Biological Conservation* **89**: 275-284.

Buddensiek V, Engel H, Fleischauer-Rossing S, Wächtler K. 1993. Studies on the chemistry of interstitial water taken from defined horizons in the fine sediments of bivalve habitats in several North German lowland waters II: microhabitats of *Margaritifera margaritifera* L. *Hydrobiologia* **127**: 151-166.

Buddensiek V. 1995. The culture of juvenile freshwater pearl mussels *Margaritifera margaritifera* in cages: a contribution to conservation programs and the knowledge of habitat requirements. *Biological Conservation* **99**: 183-190.

Buffagni A, Furse M. 2006. Intercalibration and comparison - major results and conclusions from the STAR project. *Hydrobiologia* **566**: 357-364.

Buffagni A, Erba S, Cazzola M, Murray-Bligh J, Soszka H, Genoni P. 2006. The STAR common metrics approach to the WFD intercalibration process: Full application for small, lowland rivers in three European countries. *Hydrobiologia* **566**: 379-399.

Carpenter SR, Caraco NF, Correll DL, Howarth RW, Sharpley AN, Smith VH. 1998. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecological Applications* **8**: 559–868.

Carpenter SR, Stanley EH, Vander Zanden MJ. 2011. State of the world's freshwater ecosystems: physical, chemical, and biological changes. *Annual Review of Environment and Resources* **36**: 75-99.

Claro AMB. 2010. Estudo de Populações de Mexilhão-de-Rio (*Margaritifera margaritifera* L.): Análise da qualidade ecológica de ecossistemas lóticos da bacia hidrográfica do rio Tua (NE Portugal). Tese de Mestrado do Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, Portugal.

CNPGB. URL: cnpqb.inag.pt/gr_barragens/gbportugal/Mapanorte.htm.

Cosgrove PJ, Hastie LC. 2001. Conservation of threatened freshwater pearl mussels: river management, translocation and conflict resolution. *Biological Conservation* **99**: 183-190.

Cosgrove PJ, Young MR, Hastie LC, Gaywood M, Boon PJ. 2000. The status of the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* Linn. in Scotland. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* **10**: 197-208.

Cuttelod A, Seddon M, Neubert E. 2011. European red list of non-marine molluscs. *Luxembourg: Publications Office of the European Union*.

Darwall WRT, Holland RA, Smith KG et al. 2011. Implications of bias in conservation research and investment for freshwater species. *Conservation Letters* **4**: 474-482.

D'Eliscu PN. 1973. Observation of the glochidium, metamorphosis and juvenile of *Anodonta californiensis* Lea 1957. *Veliger* **15**: 57–58.

Dudgeon D, Arthington AH, Gessner MO, Kawabata ZI, Knowler DJ, Lévêque C, Naiman RJ, Prieur-Richard AH, Soto D, Stiassny MLJ, Sullivan AS. 2006. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews* **81**: 163–182

Frank H, Gerstmann S. 2007. Declining populations of freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera*) are burdened with heavy metals and DDT/DDE. *Ambio* **36**: 571-574.

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.

Geist J, Auerswald K. 2007. Physicochemical stream bed characteristics and recruitment of the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*). *Freshwater Biology* **55**: 2299-2316.

Geist J, Porkka M, Kuehn R. 2006. The status of host fish populations and fish species richness in European freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera* L.) streams. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* **16**: 251-266.

Gibson RJ. 1993. The Atlantic salmon in freshwater: spawning, rearing and production. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* **3**: 39-73.

Gum B, Lange M, Geist J (2011) A critical reflection on the success of rearing and culturing juvenile freshwater mussels with a focus on the endangered freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera* L.). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, **21**; 743-751.

Hampe A, Petit RJ. 2005. Conserving biodiversity under climate change: the rear edge matters. *Ecology Letters* **8**: 461-467.

Hastie LC. 2011. Are Scottish freshwater pearl mussel populations recruiting normally? *Toxicological and Environmental Chemistry* **93**: 1748-1763.

Hastie LC, Young MR. 2001. Freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*) glochidiosis in wild and farmed salmonid stocks in Scotland. *Hydrobiologia* **445**: 109-119.

Hastie L, Cosgrove PJ. 2001. The decline of migratory salmonid stocks: a new threat to pearl mussels in Scotland. *Freshwater Forum* **15**: 85-96.

Hastie LC, Young MR. 2003. Conservation of the freshwater pearl mussel 1. Captive breeding techniques. Conserving Natura 2000 Rivers Conservation Techniques Series No. 2. *English Nature, Peterborough*.

Hastie LC, Young MR, Bonn PJ, Cosgrove PJ, Henninger B. 2000a. Sizes, densities and age structures of Scottish *Margaritifera margaritifera* (L.) populations. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* **10**: 229-247.

Hastie LC, Bonn PJ, Young MR. 2000b. Physical microhabitat requirements of freshwater pearl mussels, *Margaritifera margaritifera* (L.). *Hydrobiologia* **429**: 59-71.

Hastie LC, Cooksley SL, Scougall F, Young MR, Boon PJ, Gaywood MJ. 2003a. Characterization of freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*) riverine habitat using River Habitat Survey data. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* **13**: 213–224.

Hastie LC, Cosgrove PJ, Ellis N, Gaywood MJ. 2003b. The threat of climate change to freshwater pearl mussel populations. *Ambio* 32: 40-46.

Hastie LC, Tarr EC, Al-Mousawi B, Young MR. 2010. Medium-term recruitment patterns in Scottish freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* populations. *Endangered Species Research* **11**: 21-33.

Hruska J. 1992. The freshwater pearl mussel in South Bohemia: evaluation of the effect of temperature on reproduction, growth and age structure of the population. *Archiv für Hydrobiologie* **126**: 181-191.

INAG. 2008. Tipologia de rios em Portugal Continental no âmbito da implementação da Directiva Quadro da Água: I – Caracterização abiótica. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Instituto da Água.

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

IUCN 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.2. [Consult. 2012-06-20].

URL: www.iucnredlist.org.

Layzer JB, Gordon ME, Anderson RM. 1993. Mussels: the forgotten fauna of regulated rivers. A case study of the Caney Fork River. *Regulated Rivers: Research & Management* **10**: 329-345.

Lois S, Ondina P, Outeiro A, Amaro R & San Miguel E. in press. The north-west of the Iberian Peninsula is crucial for conservation of *Margaritifera margaritifera* (L.) in Europe. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. DOI: 10.1002/aqc.2352

Lydeard C, Cowie RH, Ponder WF, Bogan AE, Bouchet P, Clark SA, Cummings KS, Frest TJ, Gargominy O, Herbert DG, Hershler R, Perez KE, Roth B, Seddon M, Strong EE, Thompson FG. 2004. The global decline of non-marine mollusks. *BioScience* **54**: 321-330.

Mackie TG, Roberts D. 1995. Population characteristics of *Margaritifera margaritifera* in Northern Ireland. 11th International Malacological Congress, Siena, Italy. Backhuys, Oegstgeest-Leiden, Netherlands.

Malmqvist B, Rundle S., 2002. Threats to the running water ecosystems of the world. *Environment/Conservation* **29**: 134-153.

Morales JJ, Negro AI, Lizana M, Martínez A., Palacios J. 2004. Preliminary study of the endangered populations of pearl mussel *Margaritifera margaritifera* (L.) in the River Tera (north-west Spain): habitat analysis and management considerations. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* **14**: 587-596.

Oliver PG, Killeen IJ. 1997. The freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera* (L., 1758)) in the River Ehen. Part 3. A management plan. Research Report Series No. 226. *English Nature: Peterborough*.

Österling ME, Arvidsson BL, Greenberg LA. 2010. Habitat degradation and the decline of the threatened mussel *Margaritifera margaritifera*: influence of turbidity and sedimentation on the mussel and its host. *Journal of Applied Ecology* **47**: 759-768.

Outeiro A, Ondina P, Fernandez C, Amaro R, San Miguel E. 2008. Population density and age structure of the freshwater pearl mussel, *Margaritifera margaritifera*, in two Iberian rivers. *Freshwater Biology* **53**: 485-496.

Parrott J, MacKenzie N. 2000. Restoring and managing riparian woodlands. *Scottish Native Woods: Aberfeldy*.

Raven PJ, Fox P, Everard M, Holmes NTH, Dawson FH. 1997. River Habitat Survey: a new system for classifying rivers according to their habitat quality. In *Freshwater Quality: Defining the Indefinable?* Boon P.J. & D.L. Howell (eds). *The Stationery Office, Edinburgh*, 215-234.

Raven PJ, Holmes NTH, Dawson FH, Everard M. 1998. Quality assessment using River Habitat Survey data. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* **8**: 477-499.

Raven P, Holmes N, Dawson H, Withrington D. 2005. River Habitat Survey in Slovenia. Environment Agency, UK.

Régnier C, Fontaine B, Bouchet P. 2009. Not knowing, not recording, not listing: numerous unnoticed mollusk extinctions. *Conservation Biology* **23**: 1214-1221.

Reis J. 2003. The freshwater pearl mussel [*Margaritifera margaritifera* (L.)] (Unionoida: Bivalvia) rediscovered in Portugal and threats to its survival. *Biological Conservation* **114**: 447-452.

Reis J. 2006. Atlas dos bivalves de água doce em Portugal continental. Instituto da Conservação da Natureza. Lisboa.

Ricciardi A, Rasmussen JB. 1999. Extinction rates of North American freshwater fauna. *Conservation Biology* **13**: 1220-1222.

Rio Cávado. In Infopédia. Porto: Porto Editora, 2003-2012. [Consult. 2012-10-29].
URL: [http://www.infopedia.pt/\\$rio-cavado](http://www.infopedia.pt/$rio-cavado).

Rio Mente. In Infopédia. Porto: Porto Editora, 2003-2012. [Consult. 2012-10-29].
URL: [http://www.infopedia.pt/\\$rio-mente](http://www.infopedia.pt/$rio-mente).

Rio Neiva. In Infopédia. Porto: Porto Editora, 2003-2012. [Consult. 2012-10-29].
URL: [http://www.infopedia.pt/\\$rio-neiva](http://www.infopedia.pt/$rio-neiva).

Rio Paiva. In Infopédia. Porto: Porto Editora, 2003-2012. [Consult. 2012-10-29].
URL: [http://www.infopedia.pt/\\$rio-paiva](http://www.infopedia.pt/$rio-paiva).

Rio Rabaçal. In Infopédia. Porto: Porto Editora, 2003-2012. [Consult. 2012-10-29].
URL: [http://www.infopedia.pt/\\$rio-rabacal](http://www.infopedia.pt/$rio-rabacal)

Rio Tua. In Infopédia. Porto: Porto Editora, 2003-2012. [Consult. 2012-10-29].
URL: [http://www.infopedia.pt/\\$rio-tua](http://www.infopedia.pt/$rio-tua).

Rio Tuela. In Infopédia. Porto: Porto Editora, 2003-2012. [Consult. 2012-10-29].
URL: [http://www.infopedia.pt/\\$rio-tuela](http://www.infopedia.pt/$rio-tuela).

Sala OE, Chapin FS, Armesto JJ, Berlow R, Bloomfield J, Dirzo R, Huber-Sanwald E, Huenneke LF, Jackson RB, Kinzig A, Leemans R, Lodge D, Mooney HA, Oesterheld M, Poff NL, Sykes MT, Walker BH, Walker M & Wall DH. (2000). Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* **287**: 1770-1774.

San Miguel E, Monserrat S, Fernandez C, Amaro R, Hermida M, Ondina O, Altaba CR. 2004. Growth models and longevity of freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera*) in Spain. *Canadian Journal of Zoology* **82**: 1370-1379.

Schindler DW. 2006. Recent advances in the understanding and management of eutrophication. *Limnology and Oceanography* **51**: 356-63.

Sousa R., Varandas S., Cortes R., Teixeira A., Lopes-Lima M., Machado J. & Guilhermino L. (2012) - Massive die-offs of freshwater bivalves as resource pulses. *International Journal of Limnology* **48**, 105 - 112.

Sousa R, Amorim Â, Sobral C, Froufe E, Varandas S, Teixeira A, Lopes-Lima M. in press. Ecological status of a *Margaritifera margaritifera* (Linnaeus, 1758) population at the southern edge of its distribution (River Paiva, Portugal). Environmental Management. DOI 10.1007/s00267-013-0117-6

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.

Skinner A, Young M, Hastie L. 2003. Ecology of the freshwater pearl mussel. Conserving Natura 2000 Rivers. *Ecology Series* No. **2**. English Nature, Peterborough.

Varandas S, Lopes-Lima M, Teixeira A, Hinzmann M, Reis J, Cortes R, Machado J, Sousa R. 2013. Ecology of Southern European pearl mussels (*Margaritifera margaritifera*): First record of two new populations on the rivers Terva and Beça (Portugal). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* **23**: 374-389.

Velasco JC, Araujo R, Bueno R, Laguna A. 2002. Discovered the southernmost known European of the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera*, L. (Bivalvia, Unionida) in the Iberian Peninsula (Agueda River, Salamanca). *Iberus* **20**: 94-108.

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 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 MR, Cosgrove PJ, Hastie LC. 2001. The extent of, and causes for, the decline of a highly threatened naiad: *Margaritifera margaritifera*. In Ecology and Evolution of the Freshwater Mussels Unionoida, Bauer G, Wachtler K (Eds). Springer-Verlag: Berlin Heidelberg; 337-357.

Walker KF. 1981. Ecology of freshwater mussels in the River Murray. Australian Water Resources Council. *Technical Report* No. 63, Canberra, Australia.

Zuiganov V, Zotin A, Nezlin L, Tretiakov V. 1994. The freshwater pearl mussel and the relationships with salmonid fish. VNIRO, Russian Federal Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow.

Ziuganov V, Kaliuzhin S, Beletsky V & Popkovich E. 2001. The pearl mussel-salmon community in the Varzuga river, northwest Russia: problems and environmental impacts. In Ecology and Evolution of the Freshwater Mussels Unionoida, Bauer G, Wachtler K (Eds). Springer-Verlag: Berlin Heidelberg; 359-366.

ANEXOS

ANEXO 1 - VALORES DE REFERÊNCIA DO ÍNDICE PORTUGUÊS DE INVERTEBRADOS (IPTI)

VALORES DE REFERÊNCIA DAS MÉTRICAS PARA OS DIFERENTES TIPOS DE RIOS DE PORTUGAL CONTINENTAL

Tipos de Rios	EPT Taxa	Nb Taxa	IASPT-2	Evenness	Log (Sel ETD+1)	Log (Sel EPTCD+1)
Rios Montanhosos do Norte	16.00	29.00	4.48	0.65	1.86	-
Rios do Norte de Pequena Dimensão	16.00	30.00	4.52	0.71	1.95	-
Rios do Norte de Média-Grande Dimensão	13.00	26.00	3.97	0.63	1.68	-
Rios do Alto Douro de Média-Grande Dimensão	14.00	31.50	3.80	0.64	1.48	-
Rios do Alto Douro de Pequena Dimensão	18.00	39.00	4.17	0.61	2.00	-
Rios de Transição Norte-Sul	12.00	30.50	3.67	0.64	1.73	-
Rios do Litoral Centro	8.00	20.00	3.60	-	-	2.57
Rios do Sul de Pequena Dimensão	10.00	27.00	3.29	-	-	2.48
Rios do Sul de Média-Grande Dimensão	9.00	21.00	3.37	-	-	2.57
Rios Montanhosos do Sul	10.50	26.00	3.73	0.56	1.32	-
Depósitos Sedimentares do Tejo e Sado	10.00	22.00	3.48	-	-	2.45
Calcários do Algarve	10.00	27.00	3.29	-	-	2.48

ANEXO 2 – VALORES DE REFERÊNCIA DO ÍNDICE PORTUGUÊS DE INVERTEBRADOS (IPtI)

MEDIA DOS VALORES DE REFERÊNCIA E FRONTEIRAS PARA OS TIPOS DE RIOS DE PORTUGAL CONTINENTAL

Tipos de Rios	Índice adoptado	Valor de Referência	Exc./Bom (RQE)	Bom/Raz. (RQE)	Raz./Med. (RQE)	Med./Mau (RQE)
Rios Montanhosos do Norte	IPtI_N	0.98	0.86	0.60	0.40	0.20
Rios do Norte de Pequena Dimensão	IPtI_N	1.02	0.87	0.65	0.44	0.22
Rios do Norte de Média-Grande Dimensão	IPtI_N	1.00	0.88	0.66	0.44	0.22
Rios do Alto Douro de Média-Grande Dimensão	IPtI_N	1.01	0.83	0.61	0.41	0.20
Rios do Alto Douro de Pequena Dimensão	IPtI_N	1.01	0.85	0.59	0.40	0.20
Rios de Transição Norte-Sul	IPtI_N	1.00	0.86	0.64	0.42	0.21
Rios do Litoral Centro	IPtI_S	0.98	0.74	0.56	0.37	0.19
Rios do Sul de Pequena Dimensão	IPtI_S	0.99	0.95	0.70	0.47	0.23
Rios do Sul de Média-Grande Dimensão	IPtI_S	0.98	0.97	0.72	0.48	0.24
Rios Montanhosos do Sul	IPtI_N	0.99	0.82	0.56	0.38	0.19
Depósitos Sedimentares do Tejo e Sado	IPtI_S	1.05	0.88	0.66	0.44	0.22
Calcários do Algarve	IPtI_S	0.99	0.95	0.70	0.47	0.23