



Hinc patriam sustinet

Instituto Superior de Agronomia
Universidade Técnica de Lisboa

UNIVERSIDADE DE ÉVORA E INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA

Mestrado em Gestão e Conservação de Recursos Naturais

Dissertação

“Distribuição, abundância e estrutura dimensional das espécies exóticas *Blackfordia virginica* (Mayer, 1910) e *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) no estuário do Mira”

Patrícia Valente Presado

Orientador:

Doutora Paula Chainho

Co-Orientadores:

Professora Doutora Teresa Cruz

Doutora Maria Manuel Angélico

Mestrado em Gestão e Conservação de Recursos Naturais

Dissertação

“Distribuição, abundância e estrutura dimensional das espécies exóticas *Blackfordia virginica* (Mayer, 1910) e *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) no estuário do Mira”

Patrícia Valente Presado

Orientador:

Doutora Paula Chainho

Co-Orientadores:

Professora Doutora Teresa Cruz

Doutora Maria Manuel Angélico

Este documento não respeita o *Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa* publicado no Aviso nº 255, do Diário da República, 1ª série, de 17 de Setembro de 2010.

AGRADECIMENTOS

Às minhas três orientadoras, Paula, Teresa e M^a Manuel por terem embarcado comigo nesta aventura de estudar duas espécies que me eram totalmente desconhecidas. Por todo o entusiasmo demonstrado nas reuniões, ideias ao longo deste projecto e, principalmente, pelas correcções que permitiram melhorar este trabalho.

Ao Lino, pelo entusiasmo, sabedoria e toda a ajuda prestada ao longo deste trabalho.

Ao Jorge e ao Nuno (Bombeiros do Montijo) pela ajuda nas amostragens da “amêijoa” que se deveria fazer à “bulhão pato” em vez de se levar para o laboratório.

Aos pescadores Sr. Vitalino e Sr. Francisco por terem aceite realizar a amostragem de *B. virginica* durante um ciclo de 24 horas com o pedido apenas efectuado na véspera.

À Teresa Silva pela disponibilidade e entusiasmo nas amostragens de *B. virginica*.

Ao pessoal do laboratório de Zoologia Marinha do Instituto de Oceanografia, especialmente à Carla, Érica, Gilda e João Paulo por se mostrarem disponíveis a ajudar sempre que necessário e, claro, pelo ambiente espectacular vivido naquele laboratório.

Aos autores de escrita científica, principalmente ao Robert McMahon, Claudia Mills, Jacques Mouthon, Antonio Carlos Marques, Carlos Álvarez Silva, Daniel Hornbach e Erika Bódís pela colaboração no envio de artigos científicos, disponibilidade e incentivo para o desenvolvimento deste trabalho.

À Carla Fernandes, Ana Filipa Ferreira, Iñigo e Sabrina Sales pelos dias bem passados no laboratório e pela entre-ajuda.

À minha afilhada, Diana, pelos longos “testamentos” diários trocados por e-mail que souberam maravilhosamente bem para distrair, trocar ideias da tese e até para desabafar.

Aos meus pais, por terem possibilitado a minha vida académica e ajudado sempre na perseguição dos meus sonhos.

Não podia deixar de agradecer às minhas gatas, Fresca e Picoli, as melhores anti-stress do Mundo.

E por último, mas não menos importante, ao Rui que sempre ouviu os meus desabafos e me incentivou quando eu mais precisava.

RESUMO

“Distribuição, abundância e estrutura dimensional das espécies exóticas *Blackfordia virginica* (Mayer, 1910) e *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) no estuário do Mira”

O cnidário *Blackfordia virginica* e o bivalve *Corbicula fluminea* são duas espécies exóticas muito abundantes no estuário do Mira, pelo que este trabalho teve como principais objectivos determinar a distribuição espacial e o estado das suas populações.

B. virginica foi registada em salinidades entre 7 e 32 e verificou-se que a fase medusa se desloca com a massa de água ao longo do ciclo de maré, atingindo densidades superiores a 370 indivíduos/m³. Os indivíduos de maior diâmetro encontram-se em salinidades mais elevadas e os mais pequenos em salinidade inferiores. Amostragens efectuadas ao longo de um ciclo de maré indicaram a realização de migrações verticais, que serão um possível mecanismo de retenção das medusas no interior do estuário.

C. fluminea ocorreu em salinidades inferiores a 15, atingindo densidades superiores a 4000 indivíduos/m², sendo em algumas épocas a espécie macrobentónica dominante. Dados recolhidos em anos e épocas diferentes indicaram uma elevada variabilidade espacial e temporal.

Palavras-chave: *Blackfordia virginica*, *Corbicula fluminea*, estuário do rio Mira, ciclo de maré, estrutura dimensional.

SUMMARY

“Distribution, abundance and size structure of non-indigenous species *Blackfordia virginica* (Mayer, 1910) and *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) in Mira river estuary”

The cnidarian *Blackfordia virginica* and the bivalve *Corbicula fluminea* are the two most abundant exotic species in the Mira estuary. The major objectives of this study were to determine the spatial distribution and the population state of these species.

The medusae stage of *B. virginica* occurred in salinities between 7 and 32 and moved with the water column along the tidal cycle, with densities over 370 specimens/m³ at some locations. Bigger specimens were found in higher salinities while smaller specimens occurred in lower salinities. Surveys conducted along a tidal cycle indicated the occurrence of vertical migrations, most likely used by the medusae as retention mechanism to avoid being flushed out of the estuary.

C. fluminea occurred in salinities lower than 15 and, at some locations and periods, it was the dominant benthic invertebrate species, with densities higher than 4000 specimens/m². Data collected at different years and seasons indicated a high spatial and temporal variability.

Keywords: *Blackfordia virginica*, *Corbicula fluminea*, Mira river estuary, tidal cycle, size structure.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS.....	i
ÍNDICE DE TABELAS.....	iv
CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO GERAL.....	1
CAPÍTULO II – DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E ESTRUTURA DIMENSIONAL DE <i>BLACKFORDIA VIRGINICA</i> (MAYER, 1910) NO ESTUÁRIO DO RIO MIRA.....	10
RESUMO.....	11
1. INTRODUÇÃO.....	12
2. METODOLOGIA.....	16
2.1. ÁREA DE ESTUDO.....	16
2.2. ESTRATÉGIA DE AMOSTRAGEM.....	16
2.3. ANÁLISE LABORATORIAL.....	18
2.4. ANÁLISE DE DADOS.....	19
3. RESULTADOS.....	22
3.1. ABUNDÂNCIA E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL NO ESTUÁRIO.....	22
3.2. ABUNDÂNCIA E DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DURANTE UM CICLO DE MARÉ EM PONTO FIXO.....	28
4. DISCUSSÃO.....	34
CAPÍTULO III – DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DE <i>CORBICULA FLUMINEA</i> (MÜLLER, 1774) NO ESTUÁRIO DO RIO MIRA.....	40
RESUMO.....	41
1. INTRODUÇÃO.....	42
2. METODOLOGIA.....	47
2.1. ÁREA DE ESTUDO.....	47
2.2. ESTRATÉGIA DE AMOSTRAGEM.....	48
2.3. ANÁLISE LABORATORIAL.....	50
2.4. ANÁLISE DE DADOS.....	50
3. RESULTADOS.....	52
3.1. ESTRUTURA DIMENSIONAL DA POPULAÇÃO DE <i>C. FLUMINEA</i> EM ODEMIRA.....	55
4. DISCUSSÃO.....	58
CAPÍTULO IV – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67
ANEXO I – VARIÁVEIS AMBIENTAIS REGISTADAS DURANTE AS AMOSTRAGENS DE <i>B. VIRGINICA</i> EM 2011.....	78
ANEXO II – CLASSES DIMENSIONAIS DE <i>B. VIRGINICA</i> EM 2011.....	80
ANEXO III – VARIÁVEIS AMBIENTAIS REGISTADAS DURANTE AS AMOSTRAGENS DE <i>B. VIRGINICA</i> EM 2012.....	82
ANEXO IV – CLASSES DIMENSIONAIS DE <i>B. VIRGINICA</i> EM 2012.....	85
ANEXO V – VARIÁVEIS AMBIENTAIS REGISTADAS DURANTE AS AMOSTRAGENS DE <i>C. FLUMINEA</i>	88

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO II

Figura 1.	Aspecto geral de um indivíduo da espécie <i>Blackfordia virginica</i> na fase de medusa com tamanho aproximado de 20 mm	12
Figura 2.	Locais de amostragem no estuário do rio Mira para as recolhas de <i>B. virginica</i> em Julho de 2011 e 2012	17
Figura 3	Gónadas de macho e fêmea de <i>B. virginica</i>	19
Figura 4.	Distribuição espacial e abundância de <i>B. virginica</i> no estuário do rio Mira em 2011	22
Figura 5	MDS com distribuição das estações de amostragem de <i>B. virginica</i> em 2011 e sua relação com a estrutura dimensional da população	23
Figura 6.	MDS com distribuição das estações de amostragem de <i>B. virginica</i> em 2011 e relação com as variáveis ambientais mais importantes	24
Figura 7.	MDS com salinidade em cada estação de amostragem em 2011	25
Figura 8.	MDS com abundância de <i>B. virginica</i> nas estações de amostragem de 2011	26
Figura 9.	Frequência (%) da abundância de <i>B. virginica</i> em função da salinidade nas amostragens de 2011	27
Figura 10.	<i>Sex ratio</i> de <i>B. virginica</i> nas amostragens de 2011	28

Figura 11.	Abundância de <i>B. virginica</i> ao longo de um ciclo de maré de 24 horas no estuário do rio Mira	29
Figura 12	Ordenação MDS das abundâncias das diferentes classes dimensionais da população de <i>B. virginica</i> amostrada ao longo do ciclo de maré, em 2012, a duas profundidades diferentes	31
Figura 13.	MDS com distribuição da abundância de <i>B. virginica</i> durante um ciclo de maré de 24 horas em 2012 e relação com as variáveis ambientais	31
Figura 14.	Frequência (%) da abundância de <i>B. virginica</i> em função da salinidade nas amostragens de 2012	33

CAPÍTULO III

Figura 1.	Espécime de <i>Corbicula fluminea</i> recolhido no estuário do rio Mira em 2012	42
Figura 2.	Estações de amostragem no estuário do rio Mira para as colheitas de <i>C. fluminea</i> em todos os anos de amostragem	49
Figura 3.	Representatividade de <i>C. fluminea</i> na comunidade bentónica do estuário do rio Mira nos anos 2003, 2004, 2006, 2007 e 2010	52
Figura 4.	Densidade média (e respectivo desvio-padrão) de <i>C. fluminea</i> nas diferentes épocas do ano em cada estação de amostragem.	53
Figura 5	Número de <i>C. fluminea</i> agrupados em classes dimensionais de 2 mm em três estações de amostragens em 2012	56

Figura 6	Relação entre abundância de <i>C. fluminea</i> e biomassa por indivíduo em algumas campanhas de amostragem no estuário do rio Mira	57
Figura 7.	Variação da precipitação ao longo das épocas do ano nos últimos 12 anos na estação de Relíquias, bacia hidrográfica do Mira	63

ÍNDICE DE TABELAS

CAPÍTULO II

Tabela 1.	Salinidade em cada estação de amostragem em 2011	25
Tabela 2.	Resultados do teste G de homogeneidade	30
Tabela 3.	Resultados obtidos pela Permanova relativamente ao ciclo de maré (maré 6h) e estrato	32

CAPÍTULO III

Tabela 1.	Duração do ciclo de vida registado para <i>C. fluminea</i>	43
Tabela 2.	Número de eventos reprodutivos de <i>C. fluminea</i>	44
Tabela 3.	Comprimento de concha para o qual foi registada a maturação sexual de <i>C. fluminea</i>	45
Tabela 4.	Crescimento de <i>C. fluminea</i> durante o seu ciclo de vida	45
Tabela 5.	Classes de comprimento de <i>C. fluminea</i> mais representadas	46
Tabela 6.	Densidades mínimas e máximas registadas para <i>C. fluminea</i>	46
Tabela 7.	Limites de temperatura tolerados por <i>C. fluminea</i>	47
Tabela 8.	Estações de amostragem realizadas em cada época do ano para a recolha de <i>C. fluminea</i>	48

Tabela 9.	Resultados do teste ANOVA para o factor data para cada estação de amostragem	54
Tabela 10.	Resultados do teste ANOVA para os factores local e data para cada estação de amostragem	55
Tabela 11.	Estrutura dimensional da população de <i>C. fluminea</i> em Odemira obtida através da equação de Von Bertalanffy	58

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO
GERAL

Espécies invasoras são espécies exóticas, contudo, nem todas as espécies exóticas se tornam invasoras. Desta forma, é necessário diferenciar estes dois conceitos. Por um lado, as espécies exóticas – também designadas como não nativas, não indígenas ou alienígenas – podem ser introduzidas quer por acção do Homem (intencional ou acidental) quer naturalmente, fora da sua área geográfica nativa/original. Por outro lado, espécies invasoras são aquelas que, após serem introduzidas, se transformam numa ameaça para a diversidade, economia e saúde humana, podendo mesmo eliminar espécies nativas (Hulme, 2007). Embora nem todas as introduções sejam bem-sucedidas nos ambientes invadidos (Genovesi *et al.*, 2006), a introdução de espécies não indígenas está a contribuir consideravelmente para a modificação dos ecossistemas terrestres e aquáticos, sendo já considerada a segunda maior causa de perda de biodiversidade, depois da destruição e diminuição dos habitats naturais (Genovesi & Shine, 2004).

É de salientar que a maioria das espécies exóticas é bastante tolerante a condições ambientais adversas, podendo a sua introdução resultar em diversos impactes ambientais, económicos e sociais (Genovesi & Shine, 2004) e alguns sistemas invadidos podem tornar-se potenciais dadores de espécies exóticas para outros sistemas (Lavoie *et al.*, 1999).

As invasões marinhas são menos documentadas que as terrestres (Carlton & Geller, 1993 *in* Nogueira Jr. & Oliveira, 2006) e sabe-se que as espécies exóticas são uma componente significativa de muitos sistemas dulçaquícolas, estuarinos e de água salgada (Lavoie *et al.*, 1999).

No meio marinho, as espécies não indígenas, vulgarmente denominadas pela sigla NIS, têm como principal vector de introdução a navegação, através das águas de lastro e dos cascos das embarcações (Mills & Sommer, 1995; Lavoie *et al.*, 1999; Bax *et al.*, 2003; Paavola *et al.*, 2005). O aumento do comércio internacional e conseqüente uso de águas de lastro agravou o problema da introdução de espécies alienígenas na medida em que a descarga de águas de lastro resultam na transferência de espécies para regiões onde não são nativas (Shiganova, 2001). A aquacultura, aquariofilia e comércio de espécies vivas para serem utilizadas como isco são considerados outros vectores de dispersão (Cataldo & Boltovskoy, 1999; Costa & Chainho, 2011; Franco *et al.*, 2011).

Genzano *et al.* (2006) salientam o facto das introduções de espécies não indígenas terem impactos imprevisíveis e, apesar das tentativas de controlo, Hayes & Sliwa (2003) referem que as indústrias que dependem do meio marinho continuam a ser afectadas.

O rio Mira, embora apresente uma pequena dimensão comparativamente a outros rios portugueses, é o sistema dulçaquícola mais importante da costa alentejana, ostentando uma bacia hidrográfica com 1576 km². Este rio nasce na Serra do Caldeirão a 470 m de altitude e desagua no oceano Atlântico, perto de Vila Nova de Milfontes, com comprimento total de 145 km (Mattos, 1995; Leitão, 1997; Blanton *et al.*, 2000); e, contrariamente à maioria dos rios, corre de Sudeste para Noroeste (Quaresma, 2001).

O estuário do rio Mira apresenta um comprimento aproximado de 40 km, desenvolvendo-se ao longo de um único canal, com uma largura máxima de 400 m e 20 m de profundidade máxima aproximadamente a 2 km da foz (Silva *et al.*, 2006). As marés são semi-diurnas e a amplitude varia de 1 m, em marés mortas, a 3 m em marés vivas (Silva *et al.*, 2006).

A barragem de Santa Clara, construída a 50 km a montante da foz (Costa *et al.*, 2001; Duarte, 2011) e inaugurada em 1968 (Quaresma, 2001), controla a descarga de água doce para o rio. As estimativas de descargas variam entre 0 a 500 m³/s durante os períodos chuvosos no Inverno e Primavera (Blanton *et al.*, 2000), apresentando uma média anual de fluxo de água doce de 10 m³/s (Chainho *et al.*, 2008).

Comparativamente a outros sistemas estuarinos portugueses, o rio Mira é considerado relativamente pristino, porém, isto não quer dizer que não esteja sujeito a quaisquer pressões. Este sistema apresenta uma alteração profunda do regime hidrológico devido à barragem de Santa Clara, ao sistema de rega do Mira, ao funcionamento ineficiente da ETAR de Odemira que faz com que sejam libertados esgotos não tratados junto a Odemira, para além de existirem algumas aquaculturas, grande parte das quais actualmente inactivas (P. Chainho, com. pess.).

Segundo Henriques & Gama (1999), o estuário do rio Mira localiza-se num paleovale e é detentor de algumas condições favoráveis à navegação, pela sua ampla comunicação com o mar, pelo abrigo dos ventos de Noroeste, pelo fraco declive longitudinal e pela navegabilidade para o interior até à vila de Odemira. Desta forma, os autores referem que o porto marítimo de

Vila Nova de Milfontes e o porto fluvial de Odemira se tornaram importantes na economia regional desde a época dos romanos.

Consoante a época histórica, o rio Mira apresentou diferentes tipos de navegação, tendo sido muito importante para o transporte de cortiça, cereais (Gil, 2008), vinho, mel (Quaresma, 1986 *in* Bombico, 2009) e minérios de Ferro e Manganês (Costa, 1982).

No século XVI este rio foi navegado por “caravelas de sessenta tonéis” e no século XX efectuava-se o transporte de cortiça desde Odemira até à foz (Gil, 2008). Desde o século XIX que existe navegação comercial no estuário do rio Mira, essencialmente embarcações de ligação aos estuários do Tejo e Sado (Quaresma, 1985), com o intuito de transportar minério, cereais e madeira, tendo esta actividade cessado a partir da década de 50 do século XX, havendo somente nos dias de hoje tráfego recreativo (Chainho, 2009). A interdição da pesca comercial por artes de arrasto (ganchorra e arrasto de fundo) e xávega, conforme o artigo 59º do Regulamento do Plano de Ordenamento do Parque Natural do Sudoeste Alentejano e Costa Vicentina (POPNSACV), de 4 de Fevereiro de 2011, poderá conduzir a uma diminuição do impacto antropogénico, não havendo também uma poluição industrial significativa (Costa *et al.*, 2001; Duarte, 2011).

Actualmente, estão referenciadas 81 espécies exóticas em estuários e zonas marinhas portuguesas, pertencendo estas a microalgas, macroalgas e invertebrados (Chainho, 2012). Por sua vez, no estuário do rio Mira conhecem-se cinco espécies exóticas: o gastrópode *Potamopyrgus antipodarum*, o cirrípede *Balanus improvisus*, o decápode *Percnon gibbesi*, o bivalve *Corbicula fluminea* e o cnidário *Blackfordia virginica* (INSPECT, 2012). Neste trabalho pretende-se estudar as duas espécies exóticas mais abundantes no estuário do rio Mira (P. Chainho, com. pess.), *Blackfordia virginica* que se encontra pouco estudada em Portugal e *Corbicula fluminea* que, embora tenha sido alvo de diversos estudos em outros sistemas estuarinos portugueses (*e.g.* Sousa, 2008; Morais *et al.*, 2009), para este estuário não existe nenhum trabalho que lhe tenha sido dirigido.

A espécie *Blackfordia virginica* (Mayer, 1910) é uma exótica pertencente ao filo Cnidaria e está descrita em Portugal como população estabelecida há alguns anos (Moore, 1987;

Chícharo *et al.*, 2009), sendo particularmente abundante em determinadas épocas do ano (Ré, 1996).

A origem da espécie *B. virginica* é controversa. Há autores que defendem ser nativa da região do Mar Cáspio (Genzano *et al.*, 2006), Mar Negro e Mar de Azov (Mills & Sommer, 1995; Nogueira Jr. & Oliveira, 2006; Graham & Bayha, 2007; Bardi & Marques, 2009; Chícharo *et al.*, 2009) enquanto Paavola *et al.* (2005) e Golemansky (2007) indicam ter sido introduzida a partir da costa Atlântica do Norte da América.

Actualmente, esta espécie já invadiu com sucesso áreas estuarinas nas águas temperadas e tropicais dos Oceanos Atlântico, Pacífico e Índico (Mills & Sommer, 1995; Nogueira Jr. & Oliveira, 2006; Graham & Bayha, 2007; Bardi & Marques, 2009). Existem registos da espécie para diversos locais específicos, tais como: estuário de São Francisco (E.U.A.) (Mills & Rees, 2000; Wintzer *et al.*, 2011a); baía Coos em Oregon (E.U.A.) (Mills & Rees, 2000), Chantuto-Panzacola no México (Silva *et al.*, 2003); estuário do rio de la Plata na Argentina (Genzano *et al.*, 2006); porto de Bombaim na Índia (Santhakumari *et al.*, 1997); e no Brasil em Cananéia, baía de Paranaguá, baía de Guaratuba, baía de Babitonga (Bardi & Marques, 2009) e baía de Antonina no Paraná (Nogueira Jr. & Oliveira, 2006). Evidencia-se ainda que o primeiro registo no Hemisfério Sul ocorreu na Barra das Jangadas no Recife (Brasil) durante amostragens realizadas em Abril de 1963 (Paranaguá, 1963).

Em Portugal, há registos da sua presença nos estuários do rio Guadiana (Chícharo *et al.*, 2009) e do rio Mira (Moore, 1987; Ré, 1996), tendo sido observada pela primeira vez no rio Mira em 1984 (Moore, 1987) e no rio Guadiana em Julho de 2008 (Chícharo *et al.*, 2009).

Embora existam diversos estudos sobre a ocorrência de *B. virginica*, o seu impacto nos ecossistemas invadidos não é suficientemente conhecido (Mills, 2001).

O meio de introdução desta espécie é, maioritariamente, através da troca de águas de lastro (Wintzer *et al.*, 2011a), podendo potencialmente ser introduzida na fase de pólipos, de medusa ou ambas.

O grupo das medusas é bastante importante devido à sua natureza carnívora, desempenhando um papel importante na teia trófica no meio marinho (Santhakumari *et al.*, 1997; Buecher, 2001; Mills, 2001). E, os blooms de plâncton gelatinoso, podem ainda exercer

um elevado impacto no ciclo de nutrientes (Wintzer *et al.*, 2011b). Estes seres (carnívoros), por se alimentarem de ovos e larvas de peixe e das mesmas presas (como crustáceos) que os peixes zooplantívoros, podem afectar directamente as populações piscívoras (Buecher, 2001). Attrill *et al.* (2007) salientam ainda que o plâncton gelatinoso é raramente uma presa preferida por outras espécies.

Wintzer *et al.* (2011a) realçam o facto desta espécie poder existir há mais tempo do que o datado nos ecossistemas invadidos devido à sua natureza críptica.

Mills & Sommer (1995) concluíram com o seu estudo sobre conteúdos estomacais de *B. virginica* nos rios Napa e Petaluma (E.U.A.), que esta espécie consumia exclusivamente copépodes, náuplios de copépodes e náuplios de cracas. Mattos (1995) enfatiza o facto de, no estuário do rio Mira, ter ocorrido uma diminuição dos náuplios de copépodes entre os meses de Julho e Outubro, período onde se registou uma grande concentração desta hidromedusa.

Os impactos reais desta medusa na comunidade estuarina ainda não estão bem estudados. Porém, esta espécie poderá ter impacto na comunidade planctónica uma vez que se alimenta de pequenos crustáceos planctónicos (Mills & Sommer, 1995), coincidindo o seu pico de abundância com a ocorrência da maior densidade de larvas de cirrípedes (Mattos, 1995). Chicharo *et al.* (2009) inferem que, no estuário do rio Guadiana, houve uma diminuição das densidades de organismos planctónicos, incluindo ovos de biqueirão europeu *Engraulis encrasicolus*, nas estações de amostragem onde existia *B. virginica*. Uma vez que esta medusa é responsável pela rápida colmatção da rede de amostragem, Mattos (1995) refere que pode haver uma subestimativa dos organismos planctónicos amostrados durante o seu estudo no estuário do rio Mira, podendo ocorrer o mesmo em todo o Mundo. Attrill *et al.* (2007) enfatizam que os aumentos em larga-escala na abundância de medusas pode exercer consequências sobre as pescas e ecossistemas pelágicos.

Cowan Jr. & Houde (1993) observaram no seu estudo realizado na baía de Chesapeake (E.U.A.) que o pico de abundância do ctenóforo *Mnemiopsis* ocorreu antes do pico de reprodução do biqueirão *Anchoa mitchilli* e a abundância do cifozoário *Chrysaora quinquecirrha* aumentou, geralmente, em Julho, quando os ovos e larvas de biqueirão são mais abundantes.

A espécie *Corbicula fluminea* (Müller, 1774), vulgarmente conhecida por amêijoia asiática, encontra-se entre as cem piores espécies invasoras da Europa (DAISIE, 2009) e é conhecida pelo seu carácter invasivo e elevados impactos económicos e ecológicos (Darrigran, 2002 *in* Ilarri *et al.*, 2011; McMahon, 2002).

Tem como distribuição original o Sudoeste Asiático, Austrália e África (Karatayev *et al.*, 2005) e, actualmente, encontra-se difundida por locais como França (Franco *et al.*, 2011), Portugal (Chainho, 2008; Sousa, 2008), Espanha (Lois, 2010), Irlanda (Caffrey *et al.*, 2011; Lucy *et al.*, 2012), Inglaterra (Elliott & zu Emgassen, 2008), Sérvia (Paunović *et al.*, 2007), Argentina (Cataldo & Boltovskoy, 1999), América do Norte (Sousa, 2008), África e Ilhas do Pacífico (Vohmann *et al.*, 2010). Reis (2006) sugere que esta espécie poderá ter sido introduzida na América do Norte pelos imigrantes asiáticos que a utilizavam habitualmente como recurso alimentar.

Franco *et al.* (2011) refere que *C. fluminea* foi descoberta no início da década de 1980 no estuário do rio Tejo, encontrando-se também, segundo Reis (2006), Sousa *et al.* (2007) e Morais *et al.* (2009) nas bacias hidrográficas dos rios Minho, Douro, Vouga, Mondego, Lizandro, Sado e Guadiana. A sua ocorrência em meio estuarino está actualmente registada para os estuários dos rios Minho, Neiva, Lima, Cávado, Douro, Ria de Aveiro, Mondego, Lis, Tejo, Mira e Guadiana (INSPECT, 2012).

Os estuários do rio Douro e Minho foram invadidos num espaço de dez anos após a sua introdução no rio Tejo (Rosa *et al.*, 2011). No estuário do rio Minho foi descrita pela primeira vez em 1989, tornando-se algum tempo depois na maior componente da fauna bentónica deste estuário. Em 2002, apareceu no estuário do rio Lima, embora a sua abundância seja consideravelmente menor (Sousa, 2008). No estuário do rio Guadiana a espécie foi observada em Março de 2000 (Chícharo *et al.*, 2000 *in* Morais *et al.*, 2009).

O primeiro registo da espécie no rio Mira ocorreu em 2009, na Barragem de Santa Clara (Rosa *et al.*, 2011), enquanto que, na porção estuarina deste sistema, o primeiro registo da ocorrência de *C. fluminea* ocorreu em 2003 e encontra-se descrito em Chainho (2008).

C. fluminea possui um elevado crescimento populacional devido à elevada fecundidade, maturação precoce, curto ciclo de vida (McMahon, 2002) e elevada plasticidade ecológica,

podendo ser encontrada em diversos habitats, como rios, canais, albufeiras e lagos, sendo particularmente abundante em zonas de corrente fraca e tolerante a poluição (Reis, 2006). Sousa (2008) menciona que o rápido crescimento dos espécimes deve-se, em parte, às elevadas taxas de filtração e assimilação, transferindo apenas uma pequena fracção da energia assimilada para a reprodução.

Esta espécie exerce severos impactos, dominando a abundância, biomassa e produção secundária da comunidade bentónica nos ecossistemas invadidos e a sua dominância alterou, no caso específico do estuário do rio Minho, a estrutura trófica e a distribuição espacial do bivalve nativo *Pisidium amnicum* (Sousa, 2008). Sabe-se que, em alguns sistemas portugueses, a amêijoia asiática ocupou o espaço do mexilhão de água doce (*Margaritifera margaritifera*) (Sousa, 2008).

No entanto, o aumento da densidade de *C. fluminea* tem como consequência o aumento da densidade e da biomassa de Crustacea, Insecta e Gastropoda. As conchas de amêijoia asiática conferem a, por exemplo, anfípodes (Crustacea) e larvas de quironómídeos (Insecta) locais de refúgio de predadores e da corrente (Ilarri *et al.*, 2011). Os gastrópodes usam as conchas de *C. fluminea*, provavelmente, como substrato para se fixarem e alimentarem, podendo também usá-los como refúgio (Ilarri *et al.*, 2011).

As espécies não indígenas são cada vez mais utilizadas como bioindicadores pois atingem grandes abundâncias nos ecossistemas invadidos e possuem boas características ecotoxicológicas (Sousa, 2008). O mesmo autor refere que *C. fluminea* é uma espécie bastante interessante do ponto de vista ecotoxicológico devido a diversas características, tais como ser facilmente mantida em laboratório, habitar ecossistemas poluídos e não poluídos, possuir elevada capacidade de filtração e ser um bom indicador de metais pesados e outros contaminantes, para além de ter capacidade de bioacumulação e bioamplificação. Estas características, aliadas à sua distribuição mundial, permitem que seja possível comparar dados em ecossistemas dulçaquícolas para a mesma espécie, como acontece em ambientes marinhos com *Mytilus* spp. (Sousa, 2008).

Uma vez que existem lacunas no conhecimento destas duas espécies exóticas no estuário do rio Mira e poucos trabalhos publicados sobre *B. virginica* (Moore, 1987; Ré, 1996) e *C.*

fluminea (Chainho, 2008; Rosa *et al.*, 2011), definiram-se como principais objectivos deste trabalho:

- Determinar a distribuição espacial e abundância de *B. virginica* no estuário do rio Mira e sua relação com as condições ambientais;
- Identificar a estrutura dimensional de *B. virginica*;
- Verificar a possível ocorrência de migrações verticais como mecanismo de retenção de *B. virginica* no estuário;
- Identificar os padrões de variação espaciais e temporais de *C. fluminea* e a sua relação com as condições ambientais;
- Identificar a estrutura dimensional de *C. fluminea*.

Após esta introdução geral o trabalho apresenta-se dividido em dois capítulos, um para cada uma das espécies-alvo, organizados em formato de artigos científicos. Por fim, será apresentado um capítulo com as considerações finais integradas do estudo desenvolvido.

CAPÍTULO II

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E
ESTRUTURA DIMENSIONAL DE
BLACKFORDIA VIRGINICA (MAYER, 1910)
NO ESTUÁRIO DO RIO MIRA

RESUMO

O cnidário *Blackfordia virginica* (Mayer, 1910) é uma espécie não indígena pouco estudada mundialmente. Em Portugal ocorre nos estuários do Guadiana e do Mira e, neste último, embora a sua presença esteja registada desde 1984, nunca foram realizados estudos direccionados para o conhecimento do estado da população. Tendo em conta os riscos decorrentes da introdução de espécies não indígenas, o presente estudo teve como principais objectivos (i) avaliar o estado actual da população de *B. virginica* no estuário do Mira, através da determinação dos padrões de variação espacial ao longo do gradiente salino e (ii) identificar a ocorrência de migrações verticais, como mecanismo de retenção no estuário. Para estudar os objectivos propostos realizaram-se amostragens (i) ao longo do estuário e (ii) num ponto fixo, no cais da Casa Branca, e em laboratório procedeu-se à contagem e medição dos espécimes capturados. Foram efectuadas ordenações de abundância relativa das várias classes dimensionais para identificar os padrões de variação espacial da espécie e verificou-se a existência de diferenças entre as abundâncias de duas profundidades, durante o ciclo de maré.

Os resultados obtidos registaram a presença de indivíduos em salinidades compreendidas entre 7 e 32 e indicam que a espécie se desloca com a massa de água ao longo do ciclo de maré, variando a abundância consoante o local e a fase do ciclo de maré. Os indivíduos com maior diâmetro estão localizados em salinidades superiores enquanto os de menores dimensões se encontram, preferencialmente, em salinidades mais baixas, na zona superior do estuário, sugerindo que o recrutamento acontece a montante do estuário. As amostragens efectuadas ao longo do ciclo de maré indicam a realização de migrações verticais, justificando a retenção das medusas no interior do estuário.

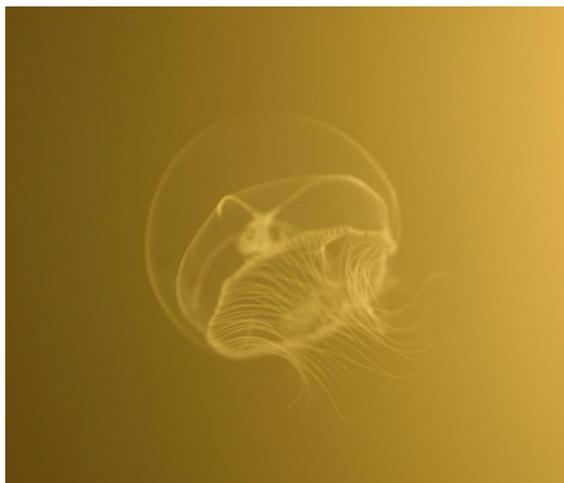
No futuro será importante estudar a fase pólipó uma vez que esta fase é de difícil visualização no meio natural e, por isso, pouco estudada e, especula-se que esta poderá ser uma fase importante na dispersão da espécie para outros sistemas.

Palavras-chave: *Blackfordia virginica*, estuário do Mira, distribuição espacial, migrações verticais.

1. INTRODUÇÃO

O ciclo de vida de *Blackfordia virginica* não é totalmente conhecido, sabe-se que apresenta a forma de pólipos e de medusa e especula-se a existência de uma fase de dormência.

O hidrozoário *B. virginica* (figura 1) é conhecido por habitar zonas estuarinas (Genzano *et al.*, 2006) apresentando a fase de medusa picos de abundância no Verão nos locais amostrados no Brasil (Bardi & Marques, 2009).



Autoria da fotografia: Paula Chainho

Figura 1. Aspecto geral de um indivíduo da espécie *Blackfordia virginica* na fase medusa com tamanho aproximado de 20 mm.

Parece haver uma lacuna de informação relativamente a esta espécie, principalmente no que diz respeito à fase de pólipos (Silva *et al.*, 2003; Wintzer *et al.*, 2011a). Esta fase é dificilmente observada no ambiente natural devido ao tamanho reduzido dos pólipos (Wintzer *et al.*, 2011a) que não excedem os 0.5 mm (Mills & Sommer, 1995; Mills *et al.*, 2007) e que possuem uma curta vida bentónica (Genzano *et al.*, 2006). No entanto, Mills & Rees (2000) observaram pólipos a cobrir densamente cracas não indígenas *Balanus improvisus* no estuário de São Francisco.

No estudo realizado no estuário de São Francisco (E.U.A.) em 2007 e 2008, os autores Wintzer *et al.* (2011a) verificaram que os pólipos de *B. virginica* estiveram presentes de Junho a Outubro e o pico de recrutamento ocorreu nos meses de Junho e Julho. Estes autores

referem que, naquela região, as variáveis ambientais ótimas para os pólipos são de salinidade entre 14.9 e 22.2, temperatura entre 20.0°C e 23.1°C, oxigénio dissolvido entre 2.3 mg/l e 6.3 mg/l, transparência da água compreendida entre os 30.5 e 91.5 cm e profundidade de 0.3 a 2.7 m. Por sua vez, a produção da fase de medusa parece ser estimulada apenas em condições de baixa salinidade (Moore, 1987; Bardi, 2011).

Schroeter (2008) menciona que este hidrozoário apresenta dois tipos de reprodução distintos: reprodução sexuada na fase medusa e assexuada na fase pólipo, sendo esta última através de brotação.

No caso específico do cnidário cifozoário *Aurelia aurita*, Willcox *et al.* (2007) referem que a forma, taxa e *timing* da reprodução assexuada varia em função das condições ambientais.

Especula-se a existência de um estágio de dormência que poderia explicar o rápido reaparecimento sazonal da espécie (Hay, 2006; Wintzer *et al.*, 2011a), desempenhando um papel bastante importante na dispersão da mesma (Bardi & Marques, 2009). Contudo, segundo Boero & Bouillon (1993), desconhece-se o ciclo de vida de aproximadamente 75% das espécies de medusas apenas na região mediterrânica.

As medusas encontram-se tipicamente à deriva na coluna de água ou apresentam uma fraca natação no plâncton e cada espécie tem uma característica inerente de flutuabilidade (Mills, 1984). No caso específico do hidrozoário *Sarsia tubulosa*, este é capaz de variar a sua densidade de forma a manter a sua flutuabilidade positiva em salinidades que variam entre 20 e 27 (Leonard, 1980 *in* Mills, 1984). Mills & Vogt (1984) determinaram que a exclusão activa de sulfato é um factor importante na regulação da flutuabilidade das medusas, ressaltando que esta concentração iónica não varia ao longo do tempo de forma a poder facilitar a migração vertical diária.

A composição e zonação (permanente ou temporária) dos organismos residentes no habitat pelágico dos estuários resultam do hidrodinamismo da maré (Villate, 1997). Experiências levadas a cabo por Mills (1984) demonstram que hidromedusas e ctenóforos se tornam relativamente densos e deixam de estar a meio da coluna de água e passam a encontrar-se no fundo da mesma quando colocados num meio hipotónico de água marinha. Quando colocados num meio hipertónico, os indivíduos flutuam à superfície da coluna de água, respondendo ao

stress osmótico através da contracção da cúpula e dos tentáculos. Mills (1984) refere ainda que, na maioria dos casos, os indivíduos retornam ao seu equilíbrio de fluabilidade, retomando, aparentemente, a actividade normal. Embora estes dados tenham resultado de uma experiência laboratorial, poder-se-á supor que o mesmo poderá ocorrer no habitat natural com o gradiente salino provocado pelas marés.

A migração vertical pode ser o método encontrado pelas medusas para que populações densas permaneçam num local favorável (Hay, 2006; Albert, 2007). Segundo Albert (2007), este processo melhora o sucesso reprodutivo uma vez que mantém machos e fêmeas mais próximos, aumentando ainda a capacidade de sobrevivência através da permanência da população no local.

Os dados do estudo desenvolvido por Albert (2007), na baía Roscoe no Canadá sobre o cifozoário *Aurelia labiata*, revelam que a migração vertical ajuda esta espécie a permanecer no mesmo local em zonas influenciadas pelas correntes da maré. Este autor enfatiza ainda para o facto de, neste local, a espécie *A. labiata* aparentar depender da migração vertical para evitar a dispersão provocada pelas marés.

As variações na salinidade e temperatura podem afectar a distribuição de abundância do cifozoário *Chrysaora quinquecirrha* (Decker *et al.*, 2007), no entanto, Hansson (1997) refere que é amplamente desconhecido a influência da temperatura no crescimento do plâncton gelationoso.

B. virginica é uma espécie euritérmica (Moore, 1987) que pode ser encontrada em diferentes intervalos de salinidade consoante o ecossistema onde se encontra: Mar Negro e Mar de Azov (3 e 10); Mar Cáspio (3 e 18); América do Norte (3 e 40) (Paavola *et al.*, 2005); estuário de Cananéia (10); estuário de Paranaguá (10, 15 e 25); estuário de Guaratuba (10, 15 e 25); e estuário de Babitonga (15 e 30) (Bardi, 2011). No estuário do rio Guadiana, as densidades máximas registadas ocorreram na zona salobra, onde a salinidade variava entre 8 e 28 (Chícharo *et al.*, 2009) e no estuário do rio Mira entre 7 e 31 (dados não publicados; este trabalho).

Nas amostragens realizadas nos meses de Junho e Agosto de 2011 no rio Guadiana por Pereira (2012), verificou-se que *B. virginica* apenas ocorreu no mês de Agosto, com uma densidade de 8.01 indivíduos/m³ com salinidade de 23.4.

Os espécimes recolhidos por Genzano *et al.* (2006) no rio de la Plata (Argentina-Uruguai) apresentavam um diâmetro de cúpula que variava entre 2 e 10 mm, os recolhidos por Bardi & Marques (2009) no Sudoeste do Brasil possuíam um diâmetro entre 4.1 e 14 mm e recolhidos por Nogueira Jr. & Oliveira (2006) no Paraná, Brasil, ostentavam um diâmetro entre 1 e 10 mm.

Mills & Sommer (1995) mencionam que, nos rios Napa e Petaluma (E.U.A.), as fêmeas com diâmetro igual ou superior a 6 mm se encontravam a produzir ovos e que as gónadas femininas produzem, provavelmente, menos de 100 oócitos por fêmea por dia.

B. virginica apresenta, normalmente, quatro ductos radiais (Kramp, 1961). No entanto, em Chiapas, no México, Silva *et al.* (2003) constataram que 6.16% dos exemplares recolhidos apresentavam variações morfológicas, sendo mais frequente a existência de dois, três, cinco ou mais ductos radiais e verificaram ainda que todos os ductos continham gónadas. Genzano *et al.* (2006) apenas observaram um espécime com variações (seis canais radiais) e Santhakumari *et al.* (1997) a ocorrência de três, cinco e seis canais radiais em alguns dos espécimes amostrados no porto de Bombaim (Índia).

Tendo em conta o escasso conhecimento sobre esta espécie e a ausência de informação sobre o estado da população existente no estuário do rio Mira, os principais objectivos deste trabalho foram os seguintes:

- Determinar a distribuição espacial e a abundância de *B. virginica* no estuário do rio Mira e sua relação com as condições ambientais;
- Determinar a estrutura dimensional da fase medusa e verificar a ocorrência de segregação espacial em função da dimensão;
- Determinar o *sex ratio* da espécie no estuário do rio Mira;
- Identificar a possível ocorrência de migrações verticais na coluna de água, como mecanismo de retenção da espécie no estuário e as condições ambientais associadas.

2. METODOLOGIA

2.1. ÁREA DE ESTUDO

O estuário do rio Mira possui um comprimento de aproximadamente 40 km, com 400 m de largura máxima e 20 m de profundidade máxima (Silva *et al.*, 2006). Este estuário é verticalmente bem misturado, apesar de se verificar estratificação em locais mais profundos durante eventos de elevado fluxo de água doce (Ferreira *et al.*, 2003). Chainho *et al.* (2008) referem que o fluxo médio anual de água doce é de 10 m³/s.

Este rio possui um reduzido fluxo de água doce que ocorre, essencialmente, nos meses de Inverno e a penetração de água salgada é significativa nos meses de menor caudal, principalmente durante a Primavera (Ferreira *et al.*, 2003).

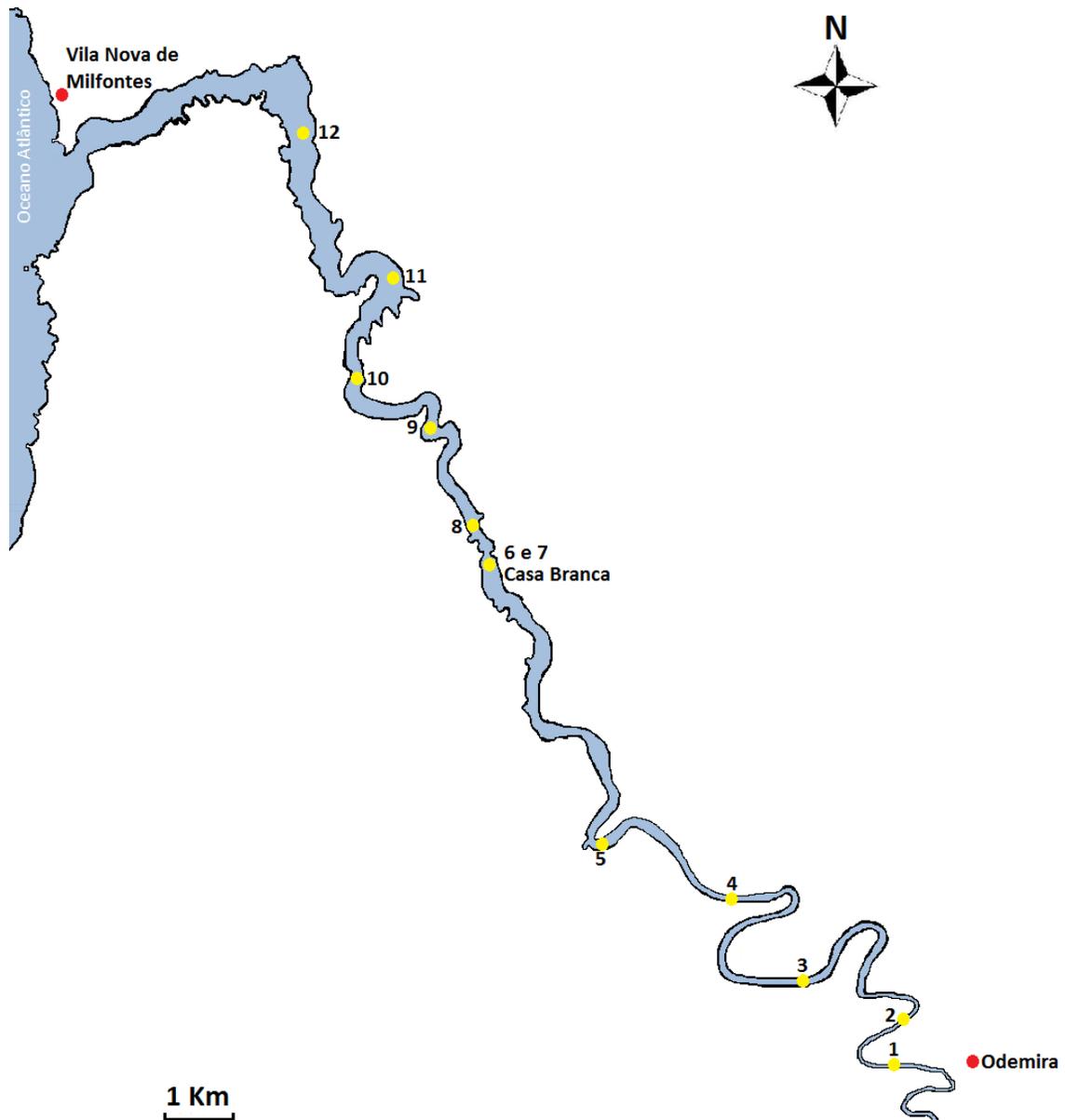
Esta região apresenta um período seco de Maio a Setembro e um período húmido nos restantes meses do ano. As temperaturas variam entre 8°C e 11°C nos meses mais frios (Dezembro e Janeiro) e 20°C e 21°C nos meses mais quentes (Julho e Agosto) (Loureiro *et al.*, 1984 *in* Leitão, 1997).

O cais da Casa Branca, local onde foram realizadas as amostragens de 2012, situa-se na região mesohalina do estuário, onde já se registaram amplitudes salinas de 23, entre diferentes épocas de amostragem e amplitudes salinas de 15 ao longo do ciclo de maré, durante a época de maior pluviosidade (P. Chainho, dados não publicados).

2.2. ESTRATÉGIA DE AMOSTRAGEM

As amostragens de *Blackfordia virginica* (figura 2) foram realizadas a 30 e 31 de Julho de 2011 e a 3 e 4 de Julho de 2012 no estuário do rio Mira. Em 2011 foi efectuada uma amostragem ao longo de todo o gradiente estuarino enquanto que em 2012 se realizaram amostragens durante um ciclo de maré (24 horas) junto ao cais da Casa Branca (37°39'444N; 8°42'848W).

Para as colheitas de 2012 escolheu-se a zona do cais da Casa Branca uma vez que, devido às amostragens realizadas em 2011, se sabia que nesta zona do estuário a espécie era abundante e a existência de um cais facilitou os trabalhos para troca de equipa e material.



Fonte: Adaptado de Google Maps

Figura 2. Locais de amostragem no estuário do rio Mira para as recolhas de *B. virginica* em Julho de 2011 e 2012.

Nos dias 30 e 31 de Julho de 2011 foram efectuados arrastos de plâncton em 12 estações ao longo do estuário do rio Mira em marés mortas durante a maré enchente. No primeiro dia foram amostradas as estações 1 a 6 e no segundo dia amostraram-se as estações 7 a 12, estando as estações 6 e 7 localizadas no mesmo ponto geográfico (Casa Branca). Em cada estação de amostragem registaram-se as diversas variáveis físico-químicas como profundidade, temperatura, oxigénio dissolvido, salinidade, condutividade e sólidos totais dissolvidos (TDS), utilizando uma sonda YSI 600XLM.

Em 2012, nos dias 3 e 4 de Julho, a colheita de material planctónico decorreu durante um ciclo de 24 horas, em marés vivas, com amostragens realizadas de duas em duas horas. A cada hora, no ponto fixo do cais da Casa Branca, foram registadas diversas variáveis físico-químicas com a mesma sonda utilizada em 2011. Com um correntómetro Valeport 105 registou-se a intensidade da corrente no fundo e à superfície da coluna de água.

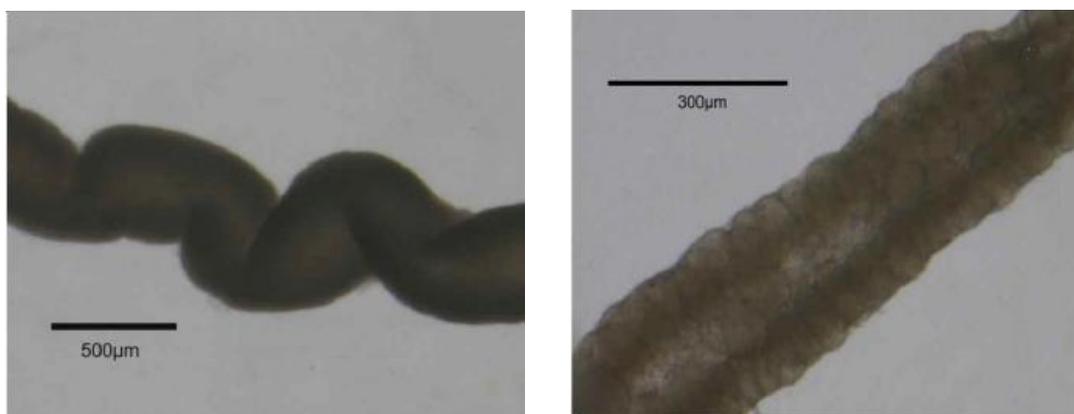
Para as colheitas efectuadas nos dois anos, utilizou-se uma embarcação de recreio e redes cilíndrico-cónicas de 2.5 m de comprimento, 60 cm de abertura e 500 µm de malha. Na abertura de cada rede montou-se um fluxómetro digital Hydrobios para determinação do volume de água filtrada durante cada arrasto.

Os arrastos foram efectuados horizontalmente a velocidade constante (ca. 1.5 nós) à superfície (0.5 m) durante 3 minutos em 2011 e à superfície (0.5 m) e profundidade (3 m da superfície) durante 5 minutos em 2012. As profundidades das redes foram controladas com duas bóias amarradas nas duas extremidades de cada rede e as amostras recolhidas foram imediatamente colocadas em frascos devidamente identificados e fixadas em formol a 4% tamponizado com Borato de Sódio. Utilizou-se formol a 4% pois, segundo a bibliografia consultada (*e.g.* Nogueira Jr. & Oliveira, 2006; Bardi & Marques, 2009; Chícharo *et al.*, 2009), este é o fixante utilizado para conservar este tipo de organismos.

2.3. ANÁLISE LABORATORIAL

No laboratório, as amostras de plâncton foram lavadas e escorridas num crivo de 200 µm, medido o volume total da amostra escorrida e separada uma subamostra de 300 ml (caso o volume total fosse superior a este valor) para contabilizar o número de indivíduos. Efectuou-se

ainda uma subamostragem de 60 ml, na qual se procedeu à medição do diâmetro da cúpula de *B. virginica* à lupa binocular. Nas recolhas de 2011 subamostraram-se também 60 ml para registar o género sexual de forma a determinar o *sex ratio* da espécie em cada local de amostragem. Para se determinar o género sexual, utilizou-se a lupa binocular para se observar as gónadas dos espécimes. As gónadas encontram-se nos ductos radiais e, em ambos os géneros, estas são lineares, no entanto, as fêmeas maduras apresentam gónadas granuladas com oócitos visíveis e os machos possuem gónadas sinuosas e homogéneas (figura 3) (Bardi & Marques 2009).



Fonte: Bardi & Marques (2009)

Figura 3. Gónadas de macho (à esquerda) e fêmea (à direita) de *B. virginica*.

2.4. ANÁLISE DE DADOS

Foram efectuadas análises MDS (*non-metric multi-dimensional scaling*), com base nas abundâncias, para determinar os padrões de distribuição espacial de *B. virginica* ao longo do estuário com os dados de 2011 e relação com as variáveis ambientais. Também foram realizadas análises MDS, com base nas abundâncias, para determinar a distribuição da espécie em dois estratos verticais – superfície e fundo (aproximadamente a 3 m da superfície) num ponto fixo (Casa Branca) em 2012.

Para estudar a distribuição, abundância e estrutura dimensional realizaram-se análises multivariadas com recurso ao *software* Primer 6 versão 6.1.13 & Permanova+ versão 1.0.3 do Primer-E Ltd, Plymouth Marine Laboratory (Anderson *et al.*, 2008).

Efectuaram-se análises MDS, sendo esta uma análise muito simples e livre de pressupostos e que trabalha com matrizes de similaridade. As matrizes utilizadas correspondem a abundâncias (para o volume total amostrado) por classes dimensionais de 2 mm. Os dados não foram transformados na medida em que, após diversos ensaios, esta abordagem pareceu ser a melhor. Foi aplicado o coeficiente de dissimilaridade de Bray-Curtis uma vez que este coeficiente é o mais utilizado em ecologia e não depende nem do número de réplicas/amostras nem do número de espécies existentes na amostra. Nos gráficos MDS que se obtiveram foram ainda sobrepostas as abundâncias por estação de amostragem para os resultados de 2011 e 2012.

Em 2011 todas as amostragens foram realizadas durante a maré enchente mas em fases diferentes da mesma. Assim, a representação gráfica destas amostras foi organizada segundo o factor “fase da maré”, estando este subdividido em cinco períodos (início da enchente, enchente +1, enchente +2, enchente +3 e enchente +4), correspondendo o início da enchente ao período imediatamente após a baixa-mar e a enchente +4 ao período de quatro horas após a baixa-mar.

A densidade (indivíduos/m³) de *B. virginica* foi calculada através da expressão $N = X \cdot v^{-1}$, onde N corresponde ao número de hidromedusas por m³, X equivale ao número de hidromedusas amostradas por local de amostragem e v traduz o volume de água filtrada. O volume de água filtrada foi obtido pela equação $v = a \cdot n \cdot c$, onde a corresponde à área da abertura da rede (0.28 m²), n representa o número de rotações do fluxómetro e, por fim, c corresponde à taxa de calibração do fluxómetro (0.3 m/rotação).

As amostras de 2012, para a representação gráfica, foram classificadas segundo dois factores: maré e estrato vertical. A maré foi dividida em dois períodos de 6 horas, 3 horas antes e depois do pico da preia-mar (ciclo de preia-mar) e 3 horas antes e depois da baixa-mar (ciclo de baixa-mar).

Para os dados de 2012 realizou-se ainda uma Permanova no *software* Primer 6 versão 6.1.13 & Permanova+ versão 1.0.3 do Primer-E Ltd, Plymouth Marine Laboratory (Anderson *et al.*, 2008) e utilizou-se o coeficiente de dissimilaridade de Bray-Curtis para verificar se existiam ou não diferenças entre os estratos e o ciclo de maré.

Os gráficos ou ordenações MDS apresentam um valor de stress associado que corresponde a uma medida do grau de ajustamento entre as distâncias originais entre as amostras e as distâncias entre as amostras na ordenação. Quanto menor for este valor, melhor o gráfico MDS traduzirá as reais distâncias entre as observações. Valores abaixo de 0.05 são considerados excelentes e stress até 0.1 é aceite como bom (Clarke & Warwick, 2001).

Nos gráficos MDS foram inicialmente representadas todas as variáveis ambientais registadas tendo-se posteriormente optado por mostrar apenas aquelas (salinidade, temperatura e oxigénio dissolvido) que apresentaram uma possível relação com a ordenação encontrada. O comprimento de cada vector das variáveis ambientais representa o seu poder explicativo relativamente à representação multivariada obtida e, as três variáveis ambientais supra citadas foram as que apresentaram maiores vectores, manifestando um maior poder explicativo face às restantes variáveis recolhidas durante as amostragens.

Para se comparar as abundâncias entre os dois estratos de cada amostra realizou-se o teste G no *software* BIOM. Para isso, efectuou-se a transformação dos dados através da divisão por 10 uma vez que este programa tem limitações relativamente ao número de observações a considerar. Porém, com esta transformação dos dados, poderá acontecer que, eventualmente, não se considerem como significativas algumas diferenças entre os pares comparados, no entanto, todas as diferenças encontradas serão ainda mais significativas caso se tivessem considerado as abundâncias totais.

Também se utilizou o programa Excel da Microsoft Office® para alguns gráficos de abundância, frequência de classes dimensionais e *sex ratio* da espécie.

Os dados relativos às horas de preia-mar e baixa-mar foram consultados no site www.hidrografico.pt/previsao-mares.php para Sines e, posteriormente, procedeu-se ao cálculo do desfasamento da maré para os locais de Vila Nova de Milfontes, Casa Branca e Odemira em marés mortas para 2011 e marés vivas para 2012 segundo os dados determinados por Leitão (1997).

3. RESULTADOS

3.1. ABUNDÂNCIA E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL NO ESTUÁRIO

Em 2011, das doze amostragens realizadas para determinar a distribuição espacial e abundância de *B. virginica* no estuário do rio Mira (figura 4), não se verificou a presença deste hidrozoário em quatro locais de amostragem.

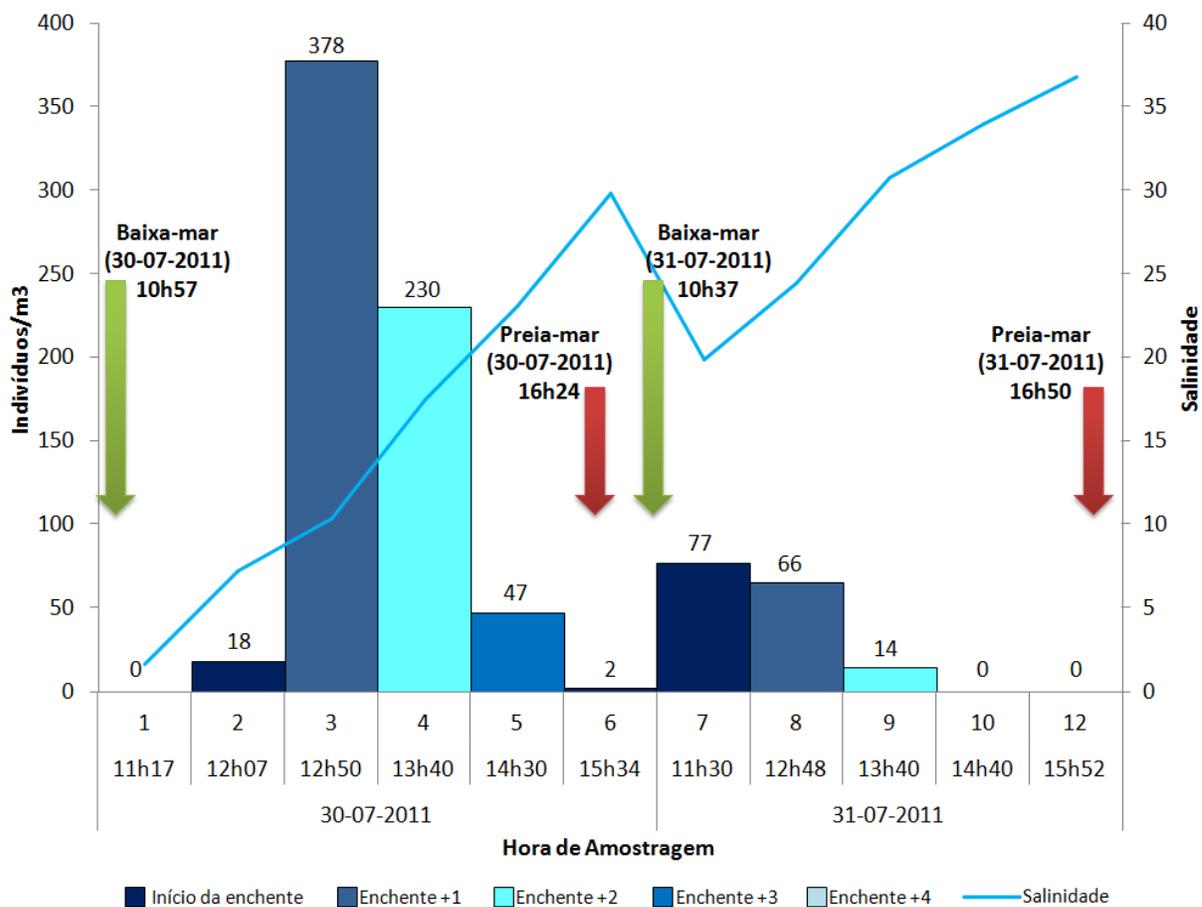


Figura 4. Distribuição espacial e abundância de *B. virginica* no estuário do rio Mira em 2011.

As estações 6 e 7 situam-se no mesmo local geográfico (Casa Branca) mas foram amostradas em dias consecutivos e em condições de maré diferentes. Enquanto na estação 6 faltava apenas 1 hora para a preia-mar, a estação 7 foi amostrada quase 1 hora após a baixa-mar, verificando-se uma alteração nas variáveis físico-químicas associadas a cada colheita,

correspondendo a maior discrepância à salinidade, sendo 22.9 para a estação 6 e 19.9 para a estação 7.

Na estação 1, mais a montante, com salinidade 1.6 e nas estações 10, 11 e 12, mais a jusante, com salinidades 34.0, 36.7 e 36.8, respectivamente, não foram colectados exemplares de *B. virginica*.

Para a realização dos gráficos MDS referentes a 2011 foi adicionado o factor “fase enchente” uma vez que todas as amostragens foram realizadas durante a maré enchente mas em alturas diferentes da mesma. Este factor apresenta 5 níveis, correspondendo o “início da enchente” ao período imediatamente após a baixa-mar, a “enchente +1” corresponde ao período de uma hora após a baixa-mar e assim sucessivamente até ao nível “enchente +4” que corresponde ao período de quatro horas após a baixa-mar.

Na figura 5 está representada a ordenação MDS com os vectores das classes dimensionais, os maiores vectores correspondem às classes dimensionais que mais influenciam a ordenação, verificando-se que os tamanhos intermédios são os que mais influenciam a ordenação. O valor de stress é muito bom (0.01).

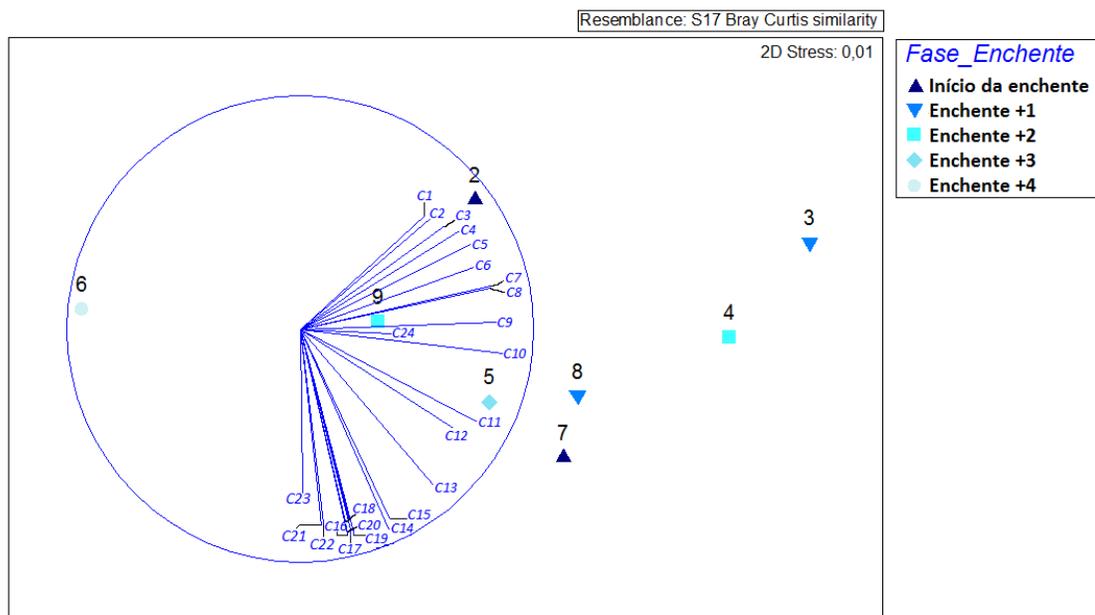


Figura 5. MDS com distribuição das estações de amostragem de *B. virginica* em 2011 e sua relação com a estrutura dimensional da população.

As variáveis ambientais que estiveram mais relacionadas com a distribuição de *B. virginica* nas amostragens de 2011 (figura 6) foram a salinidade e a temperatura. No anexo I encontram-se os valores de todas as variáveis abióticas registadas durante as amostragens de 2011.

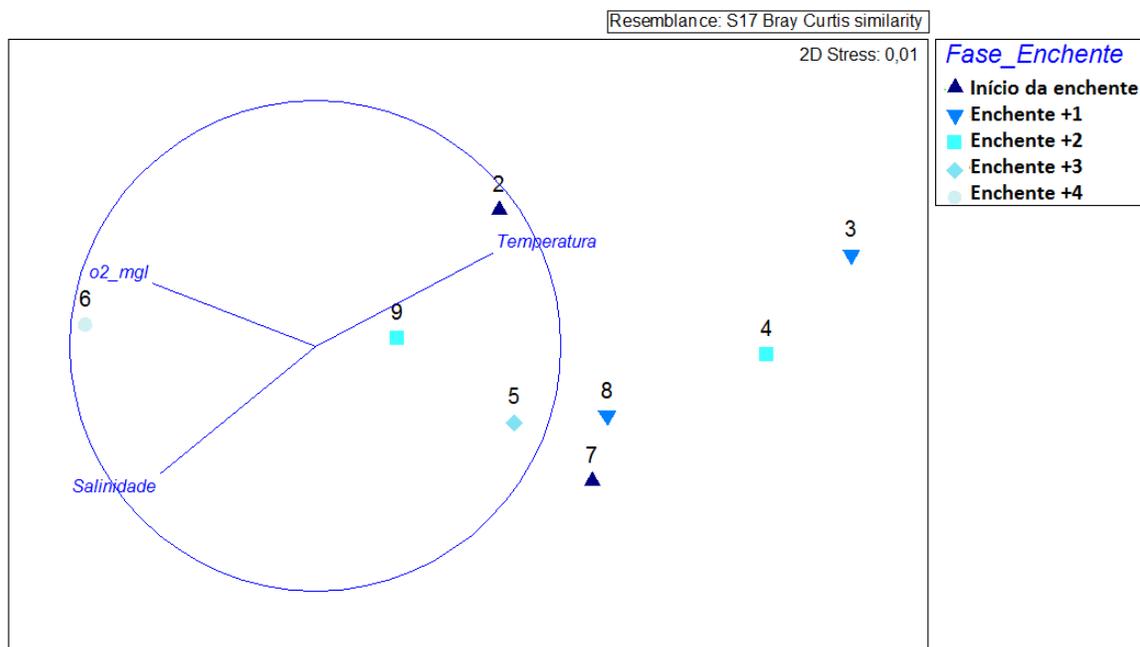


Figura 6. MDS com distribuição das estações de amostragem de *B. virginica* em 2011 e relação com as variáveis ambientais mais importantes.

A ordenação MDS (figura 6), por apresentar um valor de stress bastante reduzido (0.01), traduz bem as reais distâncias entre as observações.

A figura 7 e a tabela 1 ilustram a salinidade registada em cada local de amostragem durante a campanha de amostragem para recolha de *B. virginica* em 2011 no estuário do rio Mira. O gráfico MDS corresponde a valores bastante fidedignos uma vez que o valor de stress apresentado é de 0.01.

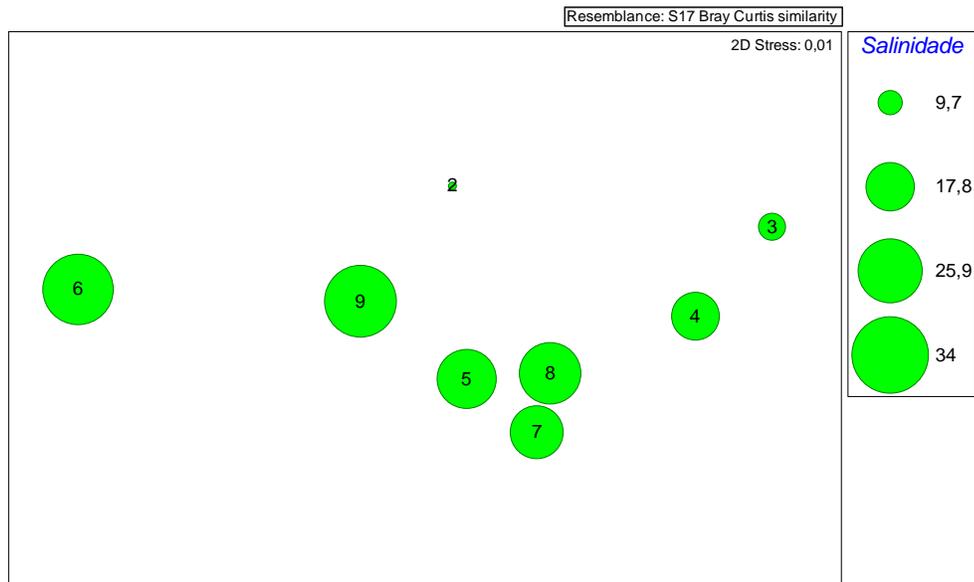


Figura 7. MDS com salinidade em cada estação de amostragem em 2011.

Tabela 1. Salinidade em cada estação de amostragem em 2011.

Estação de Amostragem	Salinidade
1	1.6
2	7.3
3	10.4
4	17.5
5	23.1
6	29.9
7	19.9
8	24.4
9	30.8
10	34.0
11	36.7
12	36.8

As densidades mais elevadas da fase medusa de *B. virginica* nas colheitas de 2011 (figura 8) ocorreram nas estações de amostragem 3 e 4 com 378 e 230 indivíduos/m³, respectivamente. Estas também foram as estações que continham mais indivíduos com menores dimensões (anexo II).

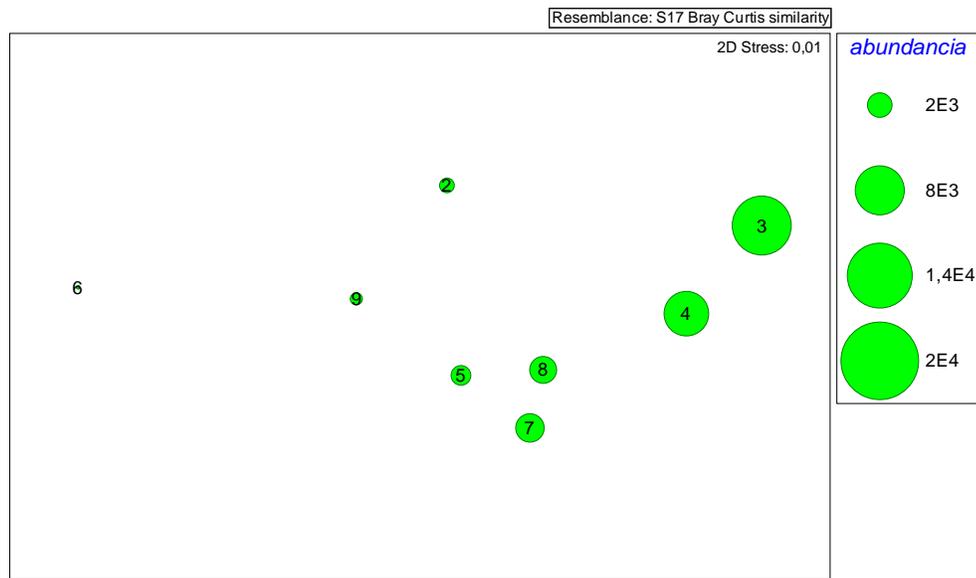


Figura 8. MDS com abundância de *B. virginica* nas estações de amostragens de 2011.

Tal como os outros gráficos MDS, o da figura 8 também apresenta uma esquematização gráfica bastante próxima do real, com stress de 0.01.

Todas as amostras foram recolhidas durante a maré enchente, no entanto verifica-se que as maiores abundâncias recolhidas durante o primeiro dia ocorreram a meio da maré enchente (locais 3 e 4). No segundo dia, as maiores abundâncias amostradas ocorreram antes do meio da maré enchente (locais 7 e 8), isto pode dever-se ao facto de os outros locais amostrados no segundo dia apresentarem uma salinidade muito elevada, podendo esta não ser a mais propícia para a espécie.

Verificou-se um elevado número de indivíduos com tamanhos pequenos (2 a 5 mm) na estação de amostragem 3, no troço superior do rio, onde a salinidade registada foi 10.4 e a maioria dos indivíduos de maiores dimensões (16 a 24 mm) encontravam-se nas estações de amostragens 5 e 7 (zona intermédia do estuário), com salinidades 23.1 e 19.9, respectivamente (ver anexo II).

O diâmetro da cúpula das medusas variou entre 1 e 24 mm.

As estações mais a montante (2, 3 e 4), onde a salinidade foi de 7.3, 10.4 e 17.5, respectivamente, apresentaram indivíduos maioritariamente mais pequenos. Os tamanhos

intermédios estão representados em todas as amostras, aparecendo com maior abundância entre as estações 5 e 9. Os indivíduos de maiores dimensões (≥ 20 mm) foram amostrados no troço intermédio do rio, nas estações de amostragem 5, 6, 7, 8 e 9 com salinidades de 23.1, 29.9, 19.9, 24.4 e 30.8 respectivamente.

Na figura 9 estão representados os tamanhos de *B. virginica* amostrados em 2011 em função da salinidade.

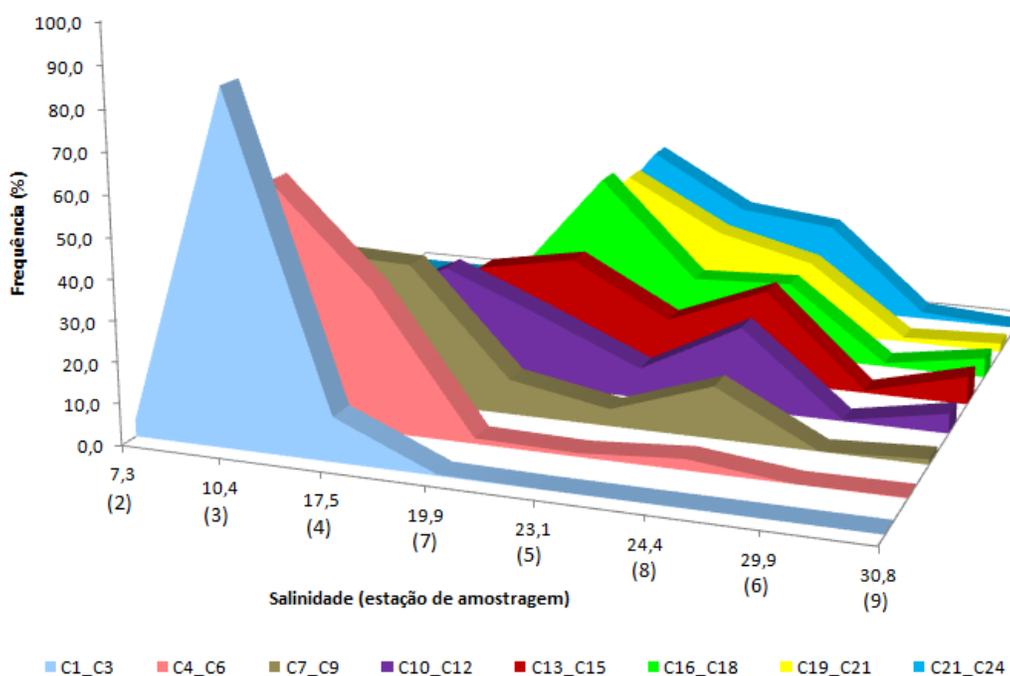


Figura 9. Frequência (%) da abundância de *B. virginica* em função da salinidade nas amostragens de 2011. Os dados estão agrupados em classes dimensionais de 3 mm, ou seja, a nomenclatura “C1_C3” corresponde aos tamanhos 1 a 3 mm, e assim sucessivamente. Os números entre parêntesis correspondem à estação de amostragem onde se registou a salinidade.

Relativamente à proporção entre sexos, não se observaram diferenças entre a percentagem de machos e de fêmeas nas colheitas realizadas em 2011 (figura 10), observando-se um valor bastante elevado de indivíduos indiferenciados. É importante referir que os indivíduos indiferenciados englobam os espécimes da fase medusa que se encontravam bastante degradados, sendo impossível visualizar as gónadas assim como os indivíduos imaturos.

Observou-se um número elevado de indivíduos degradados na medida em que este cnidário, devido à sua natureza gelatinosa, é de difícil conservação a médio e longo prazo e esta análise foi efectuada entre 5 e 17 de Janeiro de 2012 com as amostras recolhidas a 30 e 31 de Julho 2011.

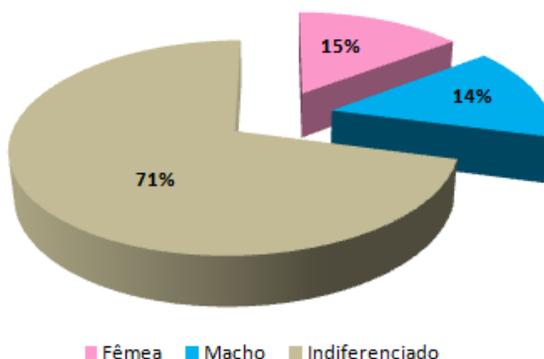


Figura 10. Sex ratio de *B. virginica* nas amostragens de 2011.

3.2. ABUNDÂNCIA E DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DURANTE UM CICLO DE MARÉ EM PONTO FIXO

As amostragens realizadas em 2012 (figura 11) num ponto fixo (Casa Branca) mostram a variação de *B. virginica*, no fundo (3 m da superfície) e à superfície, ao longo de um ciclo de 24 horas. As maiores abundâncias da hidromedusa ocorreram a meio das marés enchentes – 02h e 14h do dia 4 de Julho, com salinidades de 26.8 e 27.2, respectivamente – havendo nestas alturas uma maior discrepância entre as abundâncias no fundo e à superfície, sendo esta muito superior à superfície.

Na figura 11 está representado o ciclo de maré através dos dados de salinidade bem como as horas de preia-mar e baixa-mar e a altura do dia (dia ou noite, representado pelas imagens do Sol e da Lua, respectivamente).

Ocorreram dois picos de abundância à superfície, um de dia e outro de noite, ambos próximos de metade da maré enchente. No entanto, no pico diurno verificou-se uma maior abundância da hidromedusa. Neste caso concreto, a salinidade não deve ser a razão da existência de uma elevada discrepância na abundância dos indivíduos a diferentes profundidades da coluna de água, uma vez que às 02h a salinidade era de 26.8 e 26.8 e às 14h era de 27.2 e 27.3 na superfície e fundo, respectivamente.

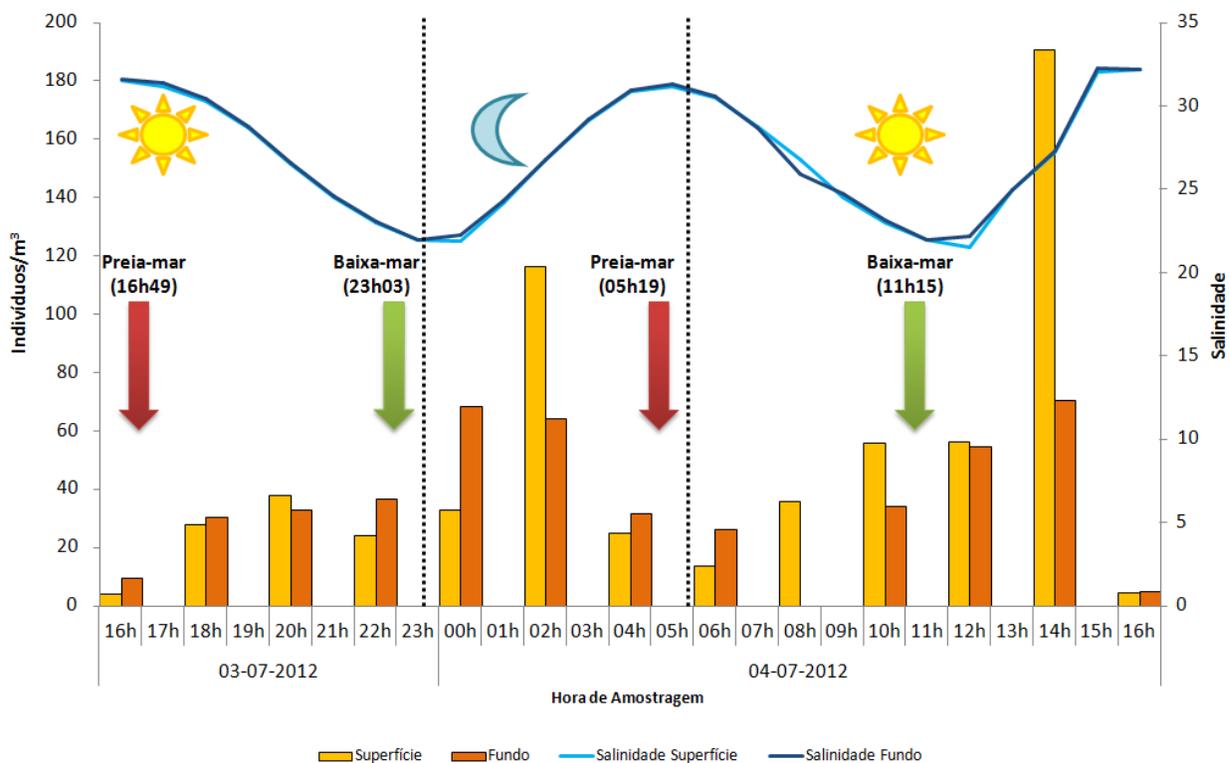


Figura 11. Abundância de *B. virginica* ao longo de um ciclo de maré de 24 horas no estuário do rio Mira.

A maior intensidade da maré, medida com o correntómetro, foi registada às 02h, 14h e 15h de dia 4 de Julho, respectivamente, com 0.529 m/s, 0.505 m/s e 0.850 m/s à superfície e 0.612 m/s, 0.640 m/s e 0.520 m/s no fundo.

Realizou-se o teste G de homogeneidade com o intuito de perceber se há diferenças quanto à preferência de *B. virginica* no que diz respeito à coluna de água (superfície e fundo), sendo a hipótese nula a não existência de diferenças na coluna de água ($p > 0.005$). Devido a limitações do programa, todos os valores das amostragens foram divididos por 10.

O G total do teste é 871.803 (df = 13, $p = 0$), isto quer dizer que, no total do ciclo de maré existem diferenças entre as amostras de superfície e fundo. Posteriormente, o *software* compara os pares (tabela 2), ou seja, para cada hora de amostragem compara a amostra recolhida à superfície e no fundo (aproximadamente 3 m da superfície).

Tabela 2. Resultados do teste G de homogeneidade.

Hora de Amostragem	Amostra	Data de Amostragem	Teste G estatístico			G (Williams)	
			Valor	df	<i>p</i>	Valor	<i>p</i>
16h	S1	03-07-2012	16.658	1	4.477×10^{-5}	16.560	4.713×10^{-5}
18h	S2		1.867	1	0.1718	1.865	0.1721
20h	S3		0.373	1	0.5413	0.373	0.5415
22h	S4		4.444	1	0.0350	4.438	0.0352
00h	S5		55.368	1	9.992×10^{-14}	55.314	1.027×10^{-13}
02h	S6		158.525	1	0	158.446	0
04h	S7		3.332	1	0.0680	3.326	0.0682
06h	S8	04-07-2012	20.267	1	6.734×10^{-6}	20.213	6.927×10^{-6}
08h	S9		264.782	1	0	264.091	0
10h	S10		11.080	1	0.0009	11.066	0.0009
12h	S11		0.002	1	0.9640	0.002	0.9640
14h	S12		335.105	1	0	334.998	0
16h	S13		0.0000	1	1.0000	0.0000	1.0000

Analisando os resultados obtidos com o teste G (Williams) verifica-se que existem diferenças entre as duas profundidades ($p > 0.005$) nas amostras recolhidas às 16h (3 de Julho de 2012), 00h, 02h, 06h, 08h, 10h e 14h (4 de Julho de 2012). Nestas horas de amostragem, a maior abundância do hidrozoário ocorreu no fundo às 16h, 22h, 00h e 06h e à superfície às 02h, 10h e 14h.

O teste G (Williams) não verificou diferenças entre as amostras dos dois estratos nas horas de amostragem das 18h, 20h, 04h, 12h e 16h.

É de realçar que o resultado da amostra efectuada às 08h ($p = 0$) se deve ao facto de não terem sido capturadas hidromedusas no fundo da coluna de água.

As amostras de 2012 foram classificadas segundo dois factores, maré (maré 6h, que situa a recolha do material biológico no pico da maré enchente ou vazante, isto é, se a recolha ocorreu durante as 3 horas imediatamente antes e após o pico da maré) e estrato vertical. Para os gráficos das figuras 12 e 13, as amostras foram identificadas de acordo com a combinação dos dois factores. Salienta-se que o estrato fundo se refere à profundidade aproximada de 3 m da superfície.

Na figura 12 encontram-se representados os vectores das classes dimensionais amostradas no estuário do rio Mira em 2012. Verifica-se que as classes dimensionais intermédias são as

que mais influenciam a ordenação. Este MDS é uma boa representação na medida em que apresenta um stress de 0.03.

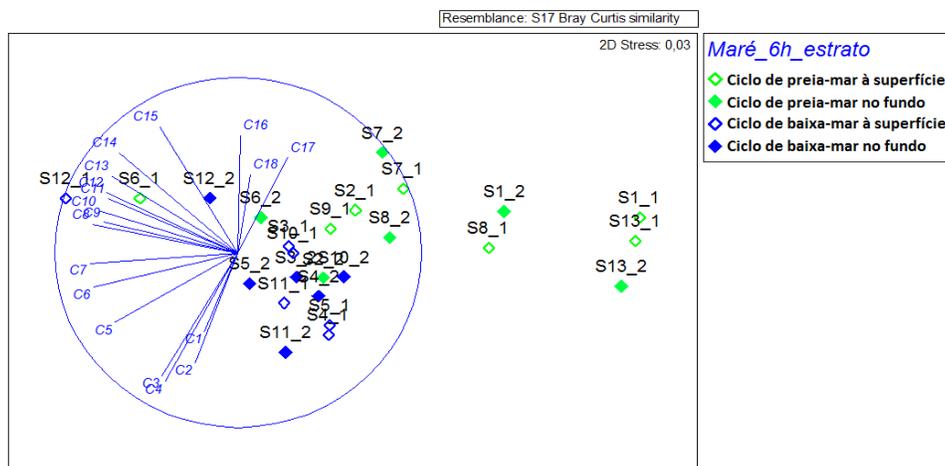


Figura 12. Ordenação MDS das abundâncias das diferentes classes dimensionais da população de *B. virginica* amostrada ao longo do ciclo de maré, em 2012, a duas profundidades diferentes. A nomenclatura “S1_1” corresponde à amostra 1 no estrato à superfície, “S1_2” à amostra 1 no estrato do fundo e assim sucessivamente. A nomenclatura “C1” corresponde à classe dimensional de 1 mm e assim sucessivamente.

As variáveis abióticas que exerceram maior influência na distribuição da fase medusa estão representadas na figura 13. Nesta figura também se encontra representada a influência da fase de maré, que corresponde à fase do ciclo de maré aquando da amostragem.

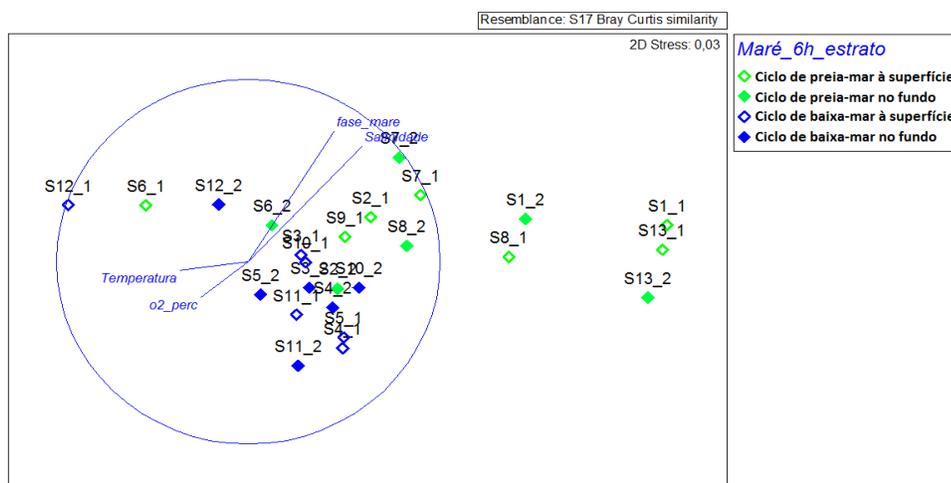


Figura 13. MDS com distribuição da abundância de *B. virginica* durante um ciclo de maré de 24 horas em 2012 e relação com as variáveis ambientais. A nomenclatura “S1_1” corresponde à amostra 1 no estrato à superfície, “S1_2” à amostra 1 no estrato do fundo e assim sucessivamente.

Esta ordenação MDS apresenta um stress de 0.03, sendo por isso uma boa representação.

Segundo o gráfico MDS obtido, a salinidade foi a variável ambiental que mais influenciou a distribuição e abundância de *B. virginica* ao longo do ciclo de maré na Casa Branca. Todas as variáveis ambientais registadas durante as amostragens desta espécie em 2012 encontram-se no anexo III.

Observa-se que as amostras recolhidas durante o ciclo de baixa-mar são mais semelhantes entre si, verificando-se o mesmo para as amostras recolhidas durante o ciclo de preia-mar. No entanto, há amostras que se afastam deste padrão, como é o caso das amostras S2_2 (18h), S6_1 (02h), S12_1 e S12_2 (14h). Este facto é corroborado através da análise Permanova, uma vez que se verifica que não há diferença entre os dois estratos mas existem diferenças relacionadas com a maré (ciclo de preia-mar e ciclo de baixa-mar) (tabela 3).

Tabela 3. Resultados obtidos pela Permanova relativamente ao ciclo de maré (maré 6h) e estrato.

Fonte	Df	SS	MS	Pseudo-F	<i>p</i> (perm)	perms
Maré 6h	1	8150.1	8150.1	6.1716	0.004	996
Estrato	1	637.24	637.24	0.48254	0.778	999
Maré 6h x Estrato	1	266.38	266.38	0.20172	0.957	998
Res	21	27732	1320.6			
Total	24	36911				

Na figura 14 pode-se observar a distribuição de *B. virginica* por classes de tamanho consoante a salinidade.

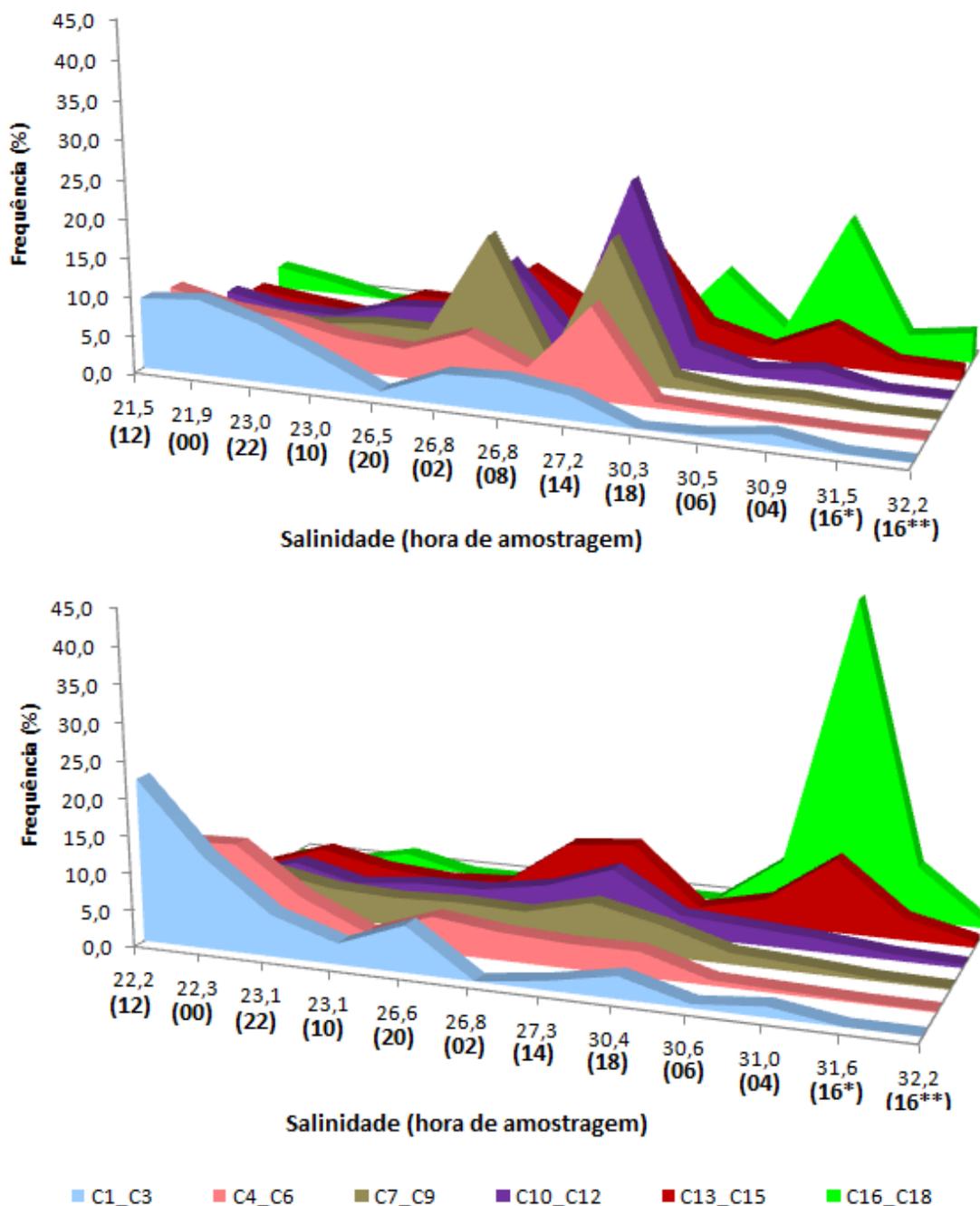


Figura 14. Frequência (%) da abundância de *B. virginica* em função da salinidade nas amostragens de 2012. Em cima encontra-se o gráfico com dados relativos às amostragens de superfície e em baixo às colheitas no fundo (aproximadamente a 3 m da superfície). Os dados estão agrupados em classes dimensionais de 3 mm, ou seja, a nomenclatura “C1_C3” corresponde aos tamanhos 1 a 3 mm, e assim sucessivamente. Os números entre parêntesis correspondem às horas de amostragem onde se registaram as salinidades. A nomenclatura “*” corresponde às 16h amostradas no primeiro dia do ciclo de maré e “**” corresponde às 16h amostradas no segundo dia do ciclo de maré.

Os gráficos mostram que as classes dimensionais mais pequenas se encontram predominantemente associadas com salinidades mais baixas nas duas profundidades amostradas, sucedendo o inverso com as classes de maior diâmetro da cúpula. E as classes de tamanho intermédio encontram-se em salinidades intermédias. No anexo IV estão representados histogramas com as classes dimensionais por hora de amostragem.

4. DISCUSSÃO

O cnidário *B. virginica*, cuja distribuição nativa se localiza na região do Ponto-Cáspio, foi introduzido no estuário do rio Mira, sendo o primeiro registo da sua presença datado de 1984 (Moore, 1987). Foi ainda registada a sua presença no estuário do rio Guadiana, desde 2008 (Chícharo *et al.*, 2009). As observações frequentes ao longo de quase 30 anos no estuário do rio Mira (Moore, 1987; Ré, 1996; J. L. Costa, dados não publicados) e as elevadas abundâncias registadas no estuário do rio Guadiana (Chícharo *et al.*, 2009) parecem indicar a ocorrência de populações estabelecidas. Os espécimes recolhidos apresentavam uma variação do diâmetro entre 1 e 24 mm, sendo estas dimensões superiores aos da restante bibliografia consultada: 2 a 10 mm no rio de la Plata (Genzano *et al.*, 2006); 4.1 a 14 mm (Bardi & Marques, 2009); 1 a 10 mm (Nogueira Jr. & Oliveira, 2006) no Brasil; e 6 a 19 mm no estuário do rio Guadiana (Chícharo *et al.*, 2009). O presente estudo confirmou a presença de uma população estabelecida, uma vez que se registou a presença de indivíduos da fase de medusa desta espécie ao longo de uma parte significativa do gradiente salino, no intervalo de salinidade situado entre 7 e 31, com maiores abundâncias registadas entre salinidades de 10 e 24.

Tal como referido por Moore (1987) e Schroeter (2008), também este trabalho mostra que a salinidade é uma variável que parece condicionar a ocorrência e abundância de *B. virginica*.

Relativamente às restantes variáveis abióticas, estas não demonstram um impacto tão acentuado como a salinidade na abundância dos espécimes, parecendo não serem limitativos, como refere Schroeter (2008). No entanto, os resultados obtidos nas amostragens realizadas ao longo do gradiente salino e num ponto fixo indicam também que esta espécie se desloca com a massa de água ao longo do ciclo de maré, sendo a abundância em cada local

dependente da fase do ciclo de maré. As amostragens realizadas ao longo do gradiente salino mostram que, para além da sua abundância estar condicionada pela fase do ciclo de maré, também a localização espacial no estuário é limitativa para este cnidário uma vez que os indivíduos de menores dimensões se encontram mais a montante e os de maiores dimensões encontram-se mais para jusante, onde a salinidade é mais elevada.

Para além disso, os dados de classes dimensionais de *B. virginica* em 2011 apontam para a existência de uma zona de segregação de recrutamento nos locais amostrados mais a montante do estuário, uma vez que os indivíduos mais pequenos (≤ 8 mm) se encontram na zona superior do estuário, onde os valores de salinidade são mais baixos (≤ 17.5); enquanto que os espécimes com maior diâmetro (≥ 14 mm) ocorrem preferencialmente em condições de maior salinidade (≥ 19.9). Os dados das classes dimensionais de 2012 corroboram estes resultados, indicando que os indivíduos de menores dimensões (≤ 10 mm) ocorrem na Casa Branca no período de baixa-mar e início da maré enchente, quando toda a massa de água estuarina está deslocada para a região a jusante do estuário. Pelo contrário, os indivíduos de maiores dimensões (≥ 15 mm) ocorrem maioritariamente no período final da maré enchente e preia-mar, quando a massa de água estuarina se deslocou para montante.

Comparando as estações 6 e 7 amostradas em 2011 verifica-se que, no mesmo local e com condições abióticas distintas, as classes de tamanho capturadas bem como a abundância do cnidário diferem. Na estação 6, amostrada em condições de final de maré enchente, existiam poucos indivíduos e a classe de tamanhos mais representada era de 15 mm enquanto na estação 7, amostrada no início da enchente, a abundância era maior e as classes de tamanho mais observadas variavam entre 11 e 18 mm, o que parece indicar que, efectivamente, a população está deslocada para a região mais a montante no período próximo de preia-mar, enquanto que no início da enchente está localizada mais a jusante, mas em movimentação para montante.

Relativamente ao *sex ratio* (proporção entre sexos) não se verificaram diferenças entre machos e fêmeas, constatando-se porém, um número elevado de indivíduos indiferenciados que poderá estar relacionado com o facto dos hidrozoários serem de difícil conservação a médio e longo prazo, agravado pelo facto da visualização das gónadas só ter sido efectuada

cinco meses após a colheita. Em futuras observações de gónadas dever-se-á registar se os indivíduos indiferenciados o são devido ao seu estado de degradação avançado ou por serem ainda imaturos. Será interessante observar-se o tamanho de primeira maturação e ainda aquando da observação das gónadas, registar o diâmetro da cúpula dos indivíduos de forma a se poder verificar se existe ou não alguma relação entre tamanho do indivíduo e género sexual. No estudo de Genzano *et al.* (2006) no rio de la Plata, todos os espécimes com comprimento superior a 6 mm possuíam gónadas. Este facto é ainda corroborado por Mills & Sommer (1995) na medida em que estes autores referem que as fêmeas cujo diâmetro era igual ou superior a 6 mm se encontravam a produzir oócitos. No estudo realizado em 2008 por Chícharo *et al.* (2009) no estuário do rio Guadiana, verificou-se a presença de indivíduos de ambos os sexos cujo intervalo de comprimentos estava compreendido entre 6 e 19 mm e estágios de maturação, porém, estes autores não especificam qual o comprimento dos indivíduos que se encontravam com estágios de maturação.

Nos dados recolhidos em 2011 observaram-se ainda variações morfológicas em *B. virginica*, havendo indivíduos com três, cinco, seis e sete ductos com gónadas. O mesmo tipo de variações morfológicas já tinham sido reportadas por outros autores (Santhakumari *et al.*, 1997; Silva *et al.*, 2003; Genzano *et al.*, 2006) para outras regiões ocupadas por este cnidário.

A realização de migrações verticais é uma estratégia comportamental utilizada por alguns cnidários para evitarem a dispersão com as marés e aumentar a probabilidade de agregação de machos e fêmeas (Albert, 2007). Todos os estudos realizados com a fase medusa de *B. virginica* indicam que não ocorre em salinidades superiores a 35 (Moore, 1987; Mills & Rees, 2000; Bardi & Marques, 2009; Chícharo *et al.*, 2009) e no presente estudo não foi capturada em salinidades superiores a 32, justificando a realização de amostragens a profundidades distintas para verificar a possível ocorrência de migrações verticais como mecanismos de retenção no estuário.

Nos dados obtidos com as amostragens realizadas durante o ciclo de maré em 2012 verificou-se que, efectivamente, a abundância entre as camadas superfície e fundo (aproximadamente a 3 m da superfície) são significativamente diferentes, sendo as maiores discrepâncias entre superfície e fundo obtidas a meio das marés enchentes, apresentando o fundo às 02h uma

abundância de menos 1.81 vezes que a superfície e às 14h de menos 2.72 vezes. É de realçar que estas duas horas de amostragem correspondem a 3 horas antes da preia-mar e à intensidade máxima da corrente.

Mills (1984) constatou, com recurso a experiências laboratoriais com hidromedusas e ctenóforos, que em meio hipotónico (salinidades mais baixas) os espécimes afundavam e em meio hipertónico (salinidades mais elevadas) flutuavam. Contudo, com os nossos resultados não podemos inferir o mesmo na medida em que, não há um padrão específico na distribuição vertical. Assim, a maior abundância (indivíduos/m³) de *B. virginica* à superfície verificou-se às 20h, 02h, 10h e 14h com salinidades de 26.5, 26.8, 23.0 e 27.2, respectivamente; e no fundo às 16h, 18h, 22h, 00h, 04h e 06h quando a salinidade registava 31.6, 30.4, 23.1, 22.3, 31.0, 30.6, respectivamente. No entanto, no dia 4 de Julho verificou-se uma densidade semelhante em ambos os estratos amostrados às 12h (salinidade de 22) com 56 indivíduos/m³ à superfície e 55 indivíduos/m³ no fundo e às 16h (salinidade de 32) observaram-se 4 indivíduos/m³ à superfície e 5 indivíduos/m³ no fundo. A diferença entre os valores de salinidade nos dois estratos a cada hora de amostragem nunca ultrapassou os 0.7.

É importante referir que, neste trabalho, o fundo não foi verdadeiramente amostrado uma vez que a segunda rede se encontrava sempre a 3 metros de profundidade. Estes foram os primeiros ensaios e, para corrigir este erro no futuro, o ideal será amostrar mais estratos verticais, incluindo junto ao fundo, utilizando, por exemplo, uma rede montada em patins. A corrente também poderá ter diferenças verticais e este assunto deverá ser alvo de estudos no futuro.

As estações de amostragem 6 e 7 realizadas em 2011 situam-se no mesmo local geográfico (Casa Branca) que as estações amostradas em 2012, no entanto, verificou-se uma menor abundância da hidromedusa em 2011. Isto poderá dever-se à não preferência pelo estrato vertical amostrado (superfície) durante as horas de amostragem de 2011 uma vez que estas estações de amostragem apresentaram as mesmas condições de maré (“maré 6h”) que as amostragens das 18h e 00h realizadas a 4 de Julho de 2012 e, em 2012, neste período de maré, verificou-se uma maior abundância deste cnidário no fundo. Isto pode querer dizer que este cnidário prefere determinada profundidade da coluna de água consoante as condições de

maré e outras variáveis abióticas, no entanto não há mais estudos dirigidos a esta espécie no que diz respeito à sua preferência pela coluna de água. Albert (2007) refere que, na baía Roscoe, a espécie *A. labiata* aparenta depender das migrações verticais para evitar a dispersão provocada pelas marés. O mesmo autor menciona também que a migração vertical parece aumentar a sobrevivência desta espécie, uma vez que as mantém num ambiente que facilita a reprodução, diminui a predação e aumenta a sobrevivência dos juvenis.

Em futuros trabalhos sugere-se a realização de ciclos de maré em diversos locais de forma a amostrar as fases de maré em zonas diferentes do estuário. Estes ciclos deverão ser realizados nas mesmas condições de maré assim como em condições diferentes de maré (marés vivas e marés mortas) de forma a se obter o maior número possível de dados para estudar a espécie. As hidromedusas apresentam, provavelmente, estratégias para se manterem no estuário, ou seja, não saírem do estuário devido à corrente. Esta estratégia poderá, eventualmente, coincidir com a permanência da hidromedusa dentro de determinados intervalos de salinidade. É por isso importante realizar ciclos de maré em diferentes locais do estuário de forma a estudar esta estratégia e tentar compreender se a estratégia é ou não idêntica em todo o estuário, podendo o comportamento ser por isso diferente.

No caso da migração vertical, pode-se tentar manter alguns espécimes em condições laboratoriais controladas de forma a simular a variação do gradiente salino que ocorre no ecossistema amostrado e monitorizá-los 24 horas de modo a tentar determinar se existe um padrão de migração e se este sofre influência salina, da maré e/ou da luminosidade. No campo, poder-se-ão utilizar três redes (superfície, meio da coluna de água e fundo) de forma a verificar se existe migração vertical e/ou preferência por alguma das profundidades.

Em ambos os anos verifica-se que as classes de tamanhos que ocorrem em condições mais díspares entre si são os tamanhos extremos, isto é, os espécimes mais pequenos e os maiores. Assim, as medusas com menor diâmetro ocorrem em zonas com salinidade mais baixas e, contrariamente, as medusas maiores foram registadas em salinidades mais elevadas. Relativamente aos tamanhos intermédios de *B. virginica*, estes foram registados em salinidades intermédias.

Neste trabalho não se estudou a fase bentónica da espécie, no entanto, será importante em trabalhos futuros estudar esta fase do ciclo de vida de *B. virginica* uma vez que existem poucos estudos sobre esta temática.

CAPÍTULO III

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DE

CORBICULA FLUMINEA (MÜLLER, 1774)

NO ESTUÁRIO DO RIO MIRA

RESUMO

A espécie *Corbicula fluminea* (Müller, 1774), vulgarmente denominada por amêijoa asiática, é um bivalve com elevado carácter invasor, podendo tornar-se no maior constituinte da comunidade bentónica em algumas épocas do ano. Está difundida mundialmente e, em Portugal, habita diversos rios e sistemas estuarinos, sendo o primeiro registo da sua presença no estuário do Mira em 2003.

Este trabalho consiste no primeiro estudo dirigido a esta espécie para o estuário do Mira e teve como principais objectivos (i) determinar a distribuição espacial da população de *C. fluminea* no estuário do Mira, (ii) identificar os padrões de variação espacial e temporal através de amostragens realizadas nos anos 2003, 2004, 2006, 2007 e 2012, (iii) estudar a estrutura dimensional da espécie com base em amostragens de 2012.

Com base na realização de análise de variância, verificou-se que a espécie apresenta uma elevada variabilidade temporal e espacial na área de estudo amostrada e supõe-se que o recrutamento pode ser diferente consoante o ano e o local em questão. A análise da estrutura dimensional da amêijoa asiática, com base em medições do comprimento total dos espécimes recolhidos em 2012 e identificação do número de coortes utilizando a equação de Von Bertalanffy, com base em dados de outras populações em Portugal, permitiu inferir a ocorrência de recrutamento e estimar a longevidade da espécie em, aproximadamente, 3 anos.

Palavras-chave: *Corbicula fluminea*, estuário do Mira, estrutura dimensional, variações espaciais e temporais.

1. INTRODUÇÃO

A espécie *Corbicula fluminea* (figura 1) encontra-se na lista das cem piores espécies invasoras da Europa (DAISIE, 2009). Esta espécie é nativa do Sudoeste Asiático, Austrália e África (Karatayev *et al.*, 2005) e apresenta uma ampla distribuição mundial, habitando, segundo Munjiu & Shubernetski (2010), tanto sistemas de água doce como salobra.



Autoria da fotografia: Patrícia Presado

Figura 1. Espécime de *Corbicula fluminea* recolhido no estuário do rio Mira em 2012.

Em Portugal, está referenciada para os rios Minho, Douro, Vouga, Mondego, Lizandro, Sado e Guadiana (Reis, 2006; Sousa *et al.*, 2007; Morais *et al.*, 2009) e, em sistemas estuarinos, encontra-se descrita para os estuários dos rios Minho, Neiva, Lima, Cávado, Douro, Ria de Aveiro, Mondego, Lis, Tejo, Mira e Guadiana (INSPECT, 2012).

Relativamente ao rio Mira, o primeiro registo da presença de amêijoia asiática é datado de 2009 na Barragem de Santa Clara (Rosa *et al.*, 2011) e, na parte estuarina deste rio, o primeiro registo verificou-se em 2003 (Chainho, 2008).

Este bivalve possui um carácter invasor elevado uma vez que após a invasão, por exemplo, do estuário do rio Minho em 1989, se tornou na maior componente da fauna bentónica neste sistema após algum tempo (Rosa *et al.*, 2011). No caso do estuário do rio Minho, a presença de *C. fluminea* alterou a estrutura trófica assim como a distribuição espacial do bivalve nativo *Pisidium amnicum* (Sousa, 2008). Também se sabe que esta espécie ocupou o espaço do mexilhão de água doce em alguns sistemas dulçaquícolas (Sousa, 2008). No estuário do rio Mira, o estudo desenvolvido por Medeiros (2009) nos anos 2006 e 2007 revela não existirem outros bivalves nas estações de amostragem onde foram recolhidos exemplares de *C.*

fluminea, excepto dois espécimes de *Anomia ephippium* e um bivalve não identificado, na estação localizada mais a jusante. Este carácter invasor está relacionado com as características biológicas da espécie uma vez que possui uma fecundidade elevada, maturação precoce, curto ciclo de vida (McMahon, 2002) e é normalmente descrita como uma espécie hermafrodita (McMahon, 2002; Sousa, 2008).

A amêijoia asiática é um importante competidor pelo espaço e nutrientes com outros organismos aquáticos, principalmente outros bivalves (Reis, 2006; Munjiu & Shubernetski, 2010), podendo desempenhar um papel importante nos processos metabólicos bentónicos (Hakenkamp & Palmer, 1999).

Esta espécie é responsável por provocar graves danos económicos devido à bioincrustação (Reis, 2006; Sousa, 2008). As infestações desta espécie nas indústrias portuguesas que dependem de água doce podem causar um custo anual estimado superior a 200 000€ pois bloqueiam equipamentos e tubagens, reduzem a eficiência de sistemas de refrigeração de água, aumentam a corrosão, entre outros (Rosa *et al.*, 2011).

A amêijoia asiática apresenta uma coloração sólida amarelo-esverdeada e concha globular com anéis concêntricos (Zhadin, 1952 *in* Munjiu & Shubernetski, 2010), no entanto, podem existir diferenças significativas entre diferentes populações, como referiu Sousa (2008) para os rios Minho e Lima.

Não há consenso quanto à duração do ciclo de vida desta espécie, referindo Sousa *et al.* (2008) que o ciclo de vida pode variar entre diferentes sistemas aquáticos e estar relacionado com a latitude, temperatura da água e disponibilidade de recursos alimentares (tabela 1).

Tabela 1. Duração do ciclo de vida registado para *C. fluminea*.

Longevidade	Local	Referência Bibliográfica
2-3 anos	Estuário do rio Minho Rio Mechums	Maia-Mendes, 2007; Sousa <i>et al.</i> , 2008 Hornbach, 1992
2.5-3 anos	Canal de Roanne e canal lateral Loire	Mouthon & Parghentanian, 2004
3-3.5 anos	Lago Arlington	Williams & McMahon, 1986
> 3 anos	Rio Trinity	McMahon & Williams 1986b
> 4 anos	Rio Paraná	Cataldo & Boltovskoy, 1999
5 anos	Rio Saone	Mouthon, 2001a
	Rio Rhône	Mouthon, 2001b

O número de épocas reprodutivas por ano (tabela 2) pode, provavelmente, ser diferente consoante o sistema em causa, não sendo consensual a informação disponível uma vez que houve autores que apontaram um e dois períodos de recrutamento no mesmo ano.

Tabela 2. Número de eventos reprodutivos de *C. fluminea*.

Nº de Épocas reprodutivas	Meses das Épocas Reprodutivas	Local	Referência Bibliográfica
1	Primavera até meados do Outono	Rio Mechums	Hornbach, 1992
		Rio Saone	Mouthon 2001a
		Rio Rhône	Mouthon 2001b
		Canal de Roanne e canal lateral Loire	Mouthon & Parghentanian, 2004
1	Maio a Setembro	Estuário do Rio Minho	Maia-Mendes (2007)
Pelo menos 1		Rio Sapucaí	Vianna & Avelar, 2010
2	Primavera e Outono	Lago Arlington	Aldridge & McMahon, 1978 McMahon & Williams; 1986a Williams & McMahon, 1986

Uma única fêmea de amêijoia asiática pode libertar quase 70 000 descendentes vivos por ano (Keller *et al.*, 2007), contudo, a sobrevivência de juvenis é baixa e a mortalidade ao longo do ciclo de vida é elevada (Sousa, 2008). A reduzida taxa de sobrevivência dos indivíduos adultos resulta num domínio populacional dos juvenis (McMahon, 2002). No entanto, Vohman *et al.* (2010) salientam para o facto de, após as populações de *C. fluminea* estarem estabelecidas, estas poderem atingir densidades elevadas, não referindo porém se estas densidades se verificam em apenas algumas ou em todas as faixas etárias.

É natural que os valores referentes à primeira maturação referidos pelos autores correspondam a comprimentos e idades diferentes na medida em que a longevidade da espécie varia consoante os sistemas (tabela 3). Salienta-se que a estimacão de maturidade sexual apresentada por Aldridge & McMahon (1978) foi obtida através de dados laboratoriais de libertação de velígera.

Tabela 3. Comprimento de concha para o qual foi registada a maturação sexual de *C. fluminea*.

Comprimento	Idade	Local	Referência Bibliográfica
	3-12 meses	E.U.A.	McMahon, 1999
6-10 mm	3-6 meses	Estuário do rio Minho	Sousa, 2008
	3-6 meses	Rio Prut	Munjiu & Shubernetski, 2010
> 7 mm		Lago Arlington	Williams & McMahon, 1986
10 mm		Lago Arlington	Aldridge & McMahon, 1978
> 10.7 mm		Rio Rhône	Mouthon, 2001b

Mouthon (2001a) refere que este bivalve apresenta períodos de crescimento diferenciados, estando os períodos de crescimento mais acentuados compreendidos, dependendo do ano, entre os meses de Março e Setembro/Outubro/Novembro. Na tabela 4 encontram-se descritos os comprimentos que a amêijoia asiática pode apresentar para os diferentes anos do seu ciclo de vida. No entanto, existem outros estudos que pormenorizam o crescimento específico para cada coorte anual (Aldridge & McMahon, 1978; Cataldo & Boltovskoy, 1999; Mouthon, 2001a, b; Mouthon & Parghentanian, 2004).

Tabela 4. Crescimento de *C. fluminea* durante o seu ciclo de vida.

Comprimento (mm)	Idade (anos)	Local	Referência Bibliográfica
15.3-22.4	1		
23.5-27.0	2	Rio Paraná	Cataldo & Boltovskoy, 1999
27.5-29.3	3		
5-11	1		
12-19	2	Rio Barrow	Caffrey <i>et al.</i> , 2011
21-26	3		

As classes de comprimento mais representadas também diferem consoante o sistema estudado, como se pode verificar na tabela 5. Maia-Mendes (2007) salienta o facto de não existir um padrão relativamente à distribuição por classes de tamanhos na medida em que este padrão variou bastante em cada estação de amostragem no rio Minho.

Tabela 5. Classes de comprimento de *C. fluminea* mais representadas.

Comprimento (mm)			Local	Referência Bibliográfica
Mínimo	Máximo	Médio		
0.90	32.35		Estuário do rio Minho	Maia-Mendes, 2007
		1.83-11.48	Rio Danúbio	Bódis <i>et al.</i> , 2012
		6-10	Rio Prut	Munjiu & Shubernetski, 2010
		10.8-13.5	Rio Saône	Mouthon, 2001a
12.53	25.72	18.1-19	Rio Guadiana	Pérez-Bote & Fernández, 2008
13.0	51.6		Estuário do rio Lima	Sousa, 2008
		19.4	Rio Mechums	Hornbach, 1992
	26.3		Rio Sapucaí	Vianna & Avelar, 2010
	32.71		Rio Barrow e Nore	Caffrey <i>et al.</i> , 2011
	33		Rio Paraná	Cataldo & Boltovskoy, 1999
	36		Canal de Roanne e canal lateral Loire	Mouthon & Parghentian, 2004
	41		Lago Arlington	Williams & McMahon, 1986
	41.83		Estuário do rio Minho	Sousa, 2008
	44.7		Rio Rhône	Mouthon 2001b

Na tabela 6 encontram-se resumidas as densidades de *C. fluminea* amostradas por diversos autores.

Tabela 6. Densidades mínimas e máximas registadas para *C. fluminea*.

Densidade (indivíduos/m ²)		Local	Referência Bibliográfica
Mínima	Máxima		
80	4185	Estuário do rio Minho	Sousa <i>et al.</i> , 2007
	60	Estuário do rio Lima	Sousa <i>et al.</i> , 2007
164	934	Rio Saône	Mouthon, 2001a
0.13	178	Rio Danúbio	Bódis <i>et al.</i> , 2012
379 ± 114	2609 ± 648	Rio Paraná	Cataldo & Boltovskoy, 1999
173	1495	Rio Mechums	Hornbach, 1992
17.7	94.6	Lago Arlington	Aldridge & McMahon, 1978
	168.2	Lago Arlington	Williams & McMahon, 1986
	9445	Rio Trinity	McMahon & Williams, 1986b

De todas as variáveis abióticas, a salinidade, segundo um estudo (Morton, 1982 *in* Sousa, 2008), parece ser a mais importante no que respeita ao sucesso e velocidade da invasão em novos ecossistemas estuarinos. Maia-Mendes (2007) refere que *C. fluminea*, devido ao seu carácter estenohalino, não ocorre em locais onde a salinidade é constantemente superior a 10 no estuário do rio Minho, transformando-se na espécie dominante quando a salinidade é inferior a este valor. Quando os níveis de salinidade aumentam lentamente, *C. fluminea*

consegue aclimatizar-se, podendo tolerar salinidades superiores a 24 (Evans *et al.*, 1979 in McMahon, 1983).

Cataldo & Boltovskoy (1999) deduzem, através do seu estudo desenvolvido no rio Paraná, que a temperatura da água exerce maior influência nas amêijoas mais jovens e Aldridge & McMahon (1978) indicam que a libertação de velígera no lago Arlington diminuiu consideravelmente com temperaturas inferiores a 18°C. No estuário do rio Minho, Araújo *et al.* (1993) referem que a espécie vive numa zona do rio sob influência da maré, onde a temperatura da água varia entre 9.2°C e 27°C, respectivamente, em Janeiro e Julho. Na tabela 7 encontram-se descritos os valores de temperatura tolerados por *C. fluminea*.

Tabela 7. Limites de temperatura tolerados por *C. fluminea*.

Temperatura (°C)			Local	Referência Bibliográfica
Mínima	Máxima	Óptima		
2	36		América do Norte	McMahon, 2002
	36		Lago Arlington	McMahon & Williams, 1986a
		24-25	Rio Danúbio	Bódis <i>et al.</i> , 2012

Tendo em conta que nunca foi efectuado um estudo direccionado para *C. fluminea* no estuário do rio Mira, os principais objectivos deste trabalho foram:

- Determinar a distribuição actual da espécie no estuário do rio Mira;
- Identificar padrões de variação espacial e temporal;
- Determinar a estrutura dimensional da população deste bivalve.

2. METODOLOGIA

2.1 ÁREA DE ESTUDO

Comparativamente a outros estuários portugueses, o estuário do rio Mira apresenta pequenas alterações hidromorfológicas (Chainho, 2008). A descarga de água doce é regulada pela barragem de Santa Clara que se situa a 50 km a montante da foz (Costa *et al.*, 2001; Duarte, 2011).

No estuário do rio Mira verificam-se fortes variações nas variáveis ambientais tanto entre épocas do ano bem como diariamente, através das variações associadas ao ciclo de maré (Chainho, 2008). As temperaturas variam entre 8-11°C e 20-21°C nos meses mais frios e mais quentes, respectivamente (Loureiro *et al.*, 1984 *in* Leitão, 1997) e registaram-se amplitudes salinas de 25 entre épocas do ano diferentes e de 15 durante um ciclo de maré (P. Chainho, dados não publicados).

2.2. ESTRATÉGIA DE AMOSTRAGEM

Com este estudo pretende-se definir a distribuição espacial (ao longo do estuário do rio Mira) e sazonal (entre épocas do ano) de *Corbicula fluminea* nos diferentes anos (2003, 2004, 2006, 2007 e 2012).

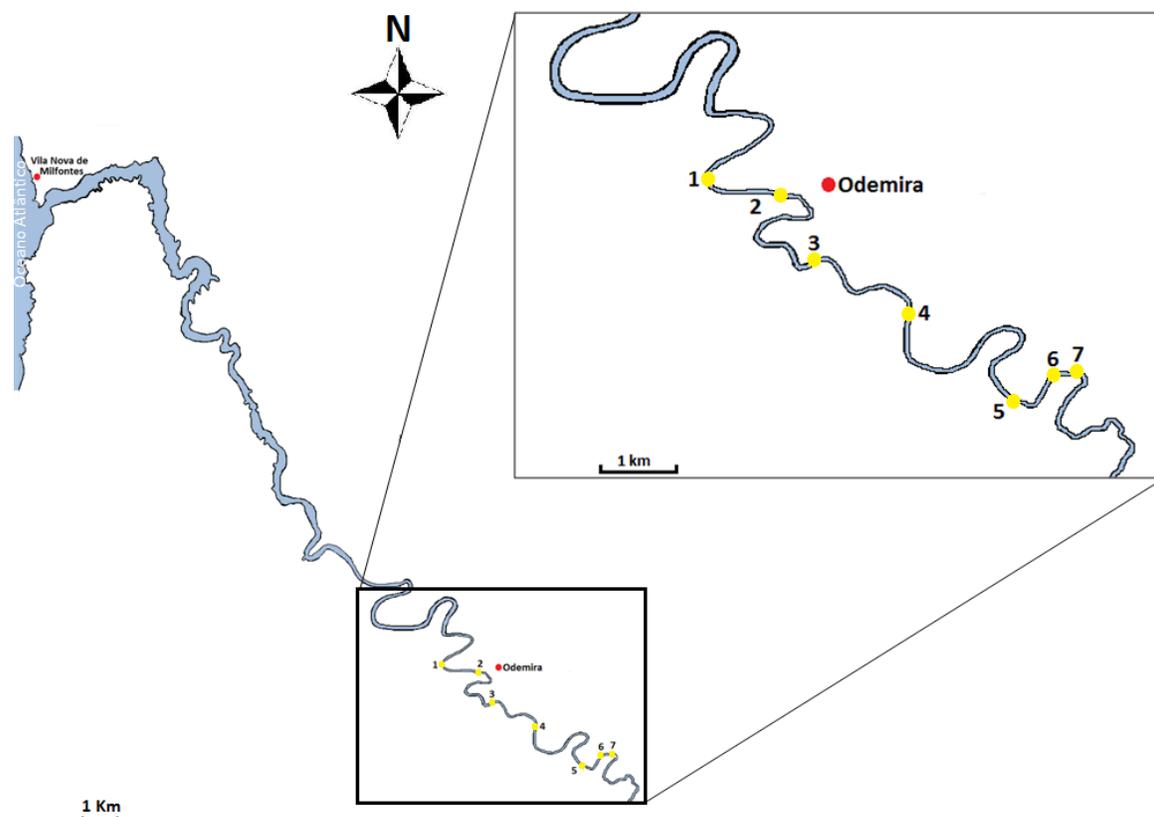
Os locais de amostragem foram escolhidos tendo em conta os objectivos do trabalho e a acessibilidade. Em todos os anos de amostragem com excepção do ano de 2012 os locais de amostragem foram: 1 (37°35'58.30"N; 8°39'32.20"W); 2 (37°35'43.18"N; 8°38'56.10"W); 4 (37°35'4.70"N; 8°37'44.70"W); 5 (37°34'25.80"N; 8°36'48.00"W); 6 (37°34'35.05"N; 8°36'26.49"W); e 7 (37°34'37,76"N; 8°36'16,03"W). A colheita de *C. fluminea* em 2012 foi realizada apenas em três estações de amostragem: 1; 2; e 3 (37°35'25.84"N; 8°38'30.80"W) (tabela 8 e figura 2).

Tabela 8. Estações de amostragem realizadas em cada época do ano para a recolha de *C. fluminea*.

Época do Ano	Mês	Ano	Nomenclatura utilizada	Estações de Amostragem							
				1	2	3	4	5	6	7	
Verão	Setembro	2003	2003_V	X	X		X				
Inverno	Março	2004	2004_I	X	X		X				
Primavera	Junho	2006	2006_P	X	X		X	X	X	X	
Verão	Setembro	2006	2006_V	X	X		X	X	X	X	
Outono	Novembro	2006	2006_O	X	X		X	X	X	X	
Inverno	Março	2006	2006_I	X	X		X	X	X	X	
Primavera	Junho	2007	2007_P	X	X		X	X	X	X	
Verão	Outubro	2007	2007_V	X	X		X	X	X	X	
Outono	Janeiro	2007	2007_O	X	X		X	X	X	X	
Inverno	Março	2008	2007_I	X	X		X	X	X	X	
Primavera	Abril	2012	2012_P	X	X	X					

As amostras foram recolhidas de barco, com uma draga Van Veen com área de 0.05 m², tendo sido efectuadas três dragagens em cada estação de amostragem. Em 2012 foram recolhidas dragas adicionais na estação de amostragem 1 com o mesmo equipamento utilizado nas amostragens anteriores com o objectivo de estudar a estrutura dimensional da espécie. Todas as amostras foram conservadas no local com formol a 4% tamponizado com Borato de Sódio.

No campo foram ainda registadas um conjunto de variáveis físico-químicas (temperatura da água, condutividade, salinidade, oxigénio dissolvido, profundidade e pH) junto ao fundo da coluna de água utilizando uma sonda multiparamétrica YSI 6820 V2.



Fonte: Adaptado de Google Maps

Figura 2. Estações de amostragem no estuário do rio Mira para as colheitas de *C. fluminea* em todos os anos de amostragem.

2.3. ANÁLISE LABORATORIAL

Em laboratório, as amostras foram lavadas com água corrente e peneiradas num crivo com malha de 500 µm e conservadas em álcool a 70%.

As amostras recolhidas nos anos de 2003, 2004, 2006 e 2007 foram triadas no laboratório à lupa binocular e contabilizado o número de amêijoas asiáticas em cada replicado (draga) das amostras. No caso das amostras recolhidas na Primavera de 2012, procedeu-se à triagem de *C. fluminea* à lupa binocular, à contagem do número de indivíduos e à medição do tamanho das conchas (comprimento) utilizando um paquímetro digital Mitutoyo Absolute Digimatic com resolução de 0.01 cm para espécimes com comprimento superior a 3 mm, sendo os espécimes com comprimento inferior a 3 mm medidos com papel milimétrico na lupa binocular.

Procedeu-se também à determinação da biomassa de *C. fluminea* para algumas épocas de amostragem dos anos 2003, 2004 e 2006. Assim, os espécimes foram colocados na estufa a uma temperatura de 60°C durante 24 horas e, posteriormente foram colocados na mufla a 450°C, durante 4 horas, até à estabilização do peso. O valor de biomassa foi calculado através da diferença entre o peso seco (estufa) e o peso das cinzas (mufla).

2.4. ANÁLISE DE DADOS

Uma vez que a variabilidade interanual das épocas do ano no estuário do rio Mira é muito elevada devido às variações de caudal, assumiu-se o factor data, que se refere a cada campanha de amostragem. Assim, para determinar se havia diferenças temporais (variação sazonal e/ou interanual) estatisticamente significativas realizaram-se o teste ANOVA para cada estação de amostragem. Para estudar a variabilidade espacial foram efectuadas através da ANOVA de forma a verificar se, para cada data, existiam ou não diferenças estatisticamente significativas entre locais. Salienta-se que o factor local utiliza os valores dos replicados (dragas) (N = 3).

Tendo em conta que a ANOVA não indica qual ou quais os pares de médias que são diferentes quando existe pelo menos uma média populacional que é estatisticamente diferente, realizaram-se testes *post-hoc* de forma a testar *a posteriori* qual ou quais são os pares de médias significativamente diferentes. O teste *post-hoc* utilizado foi o teste de HSD de

Turkey, sendo este um dos mais potentes e robustos aos desvios à normalidade e homogeneidade das variâncias para amostras grandes (Marôco, 2011).

Para as análises de variâncias (ANOVA) foi utilizado o *software* IBM® SPSS® Statistics versão 20 da IBM Corporation.

Para determinar a estrutura dimensional da população de *C. fluminea* em cada local amostrado na Primavera de 2012 foi considerada a abundância de cada comprimento para cada local e, posteriormente, os comprimentos das conchas de todos os indivíduos foram agrupados em classes de 2 mm para cada local.

Os valores de biomassa foram calculados com a finalidade de compreender qual a dimensão dos espécimes em cada estação de amostragem, uma vez que nos anos em que foram realizadas biomassas não se procedeu à medição do comprimento da concha da amêijoia asiática.

Utilizou-se o programa Excel da Microsoft Office® para realizar alguns gráficos, tais como histogramas com a estrutura dimensional em cada estação amostrada na Primavera de 2012, representações de densidades médias por época do ano e biomassas.

Para calcular as idades dos espécimes amostrados foi, primeiramente, medido o comprimento total dos indivíduos e identificadas as possíveis coortes utilizando o *software* R, *package* mixdist (Macdonald & Du, 2011). Posteriormente, utilizou-se a equação de Von Bertalanffy $L_t = L_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)})$, cuja transformação é $t = t_0 + \frac{1}{k} \times -\ln \frac{L_\infty - L_t}{L_\infty}$ para estimar a idade das coortes identificadas utilizando os parâmetros calculados para a população do estuário do rio Minho, correspondendo o parâmetro L_t aos comprimentos médios das coortes identificadas no *software* R, L_∞ ao comprimento máximo possível do organismo, k à taxa de crescimento intrínseca e t a um dado instante. Foram utilizados como parâmetros de crescimento $L_\infty = 49.8$ mm, $k = 0.68$ ano⁻¹ (Sousa *et al.*, 2008) e $t_0 = -0.14$ ano (R. Sousa, com. pess.).

3. RESULTADOS

A figura 3 expressa a representatividade de amêijoas asiáticas em diversos anos no estuário do rio Mira, na sua área de ocorrência. Pode-se constatar que, em determinados períodos do ano, em algumas estações de amostragem, esta é a espécie dominante da comunidade bentónica, como são os casos das estações de amostragem 4 na Primavera de 2006 e 1 no Outono de 2007.

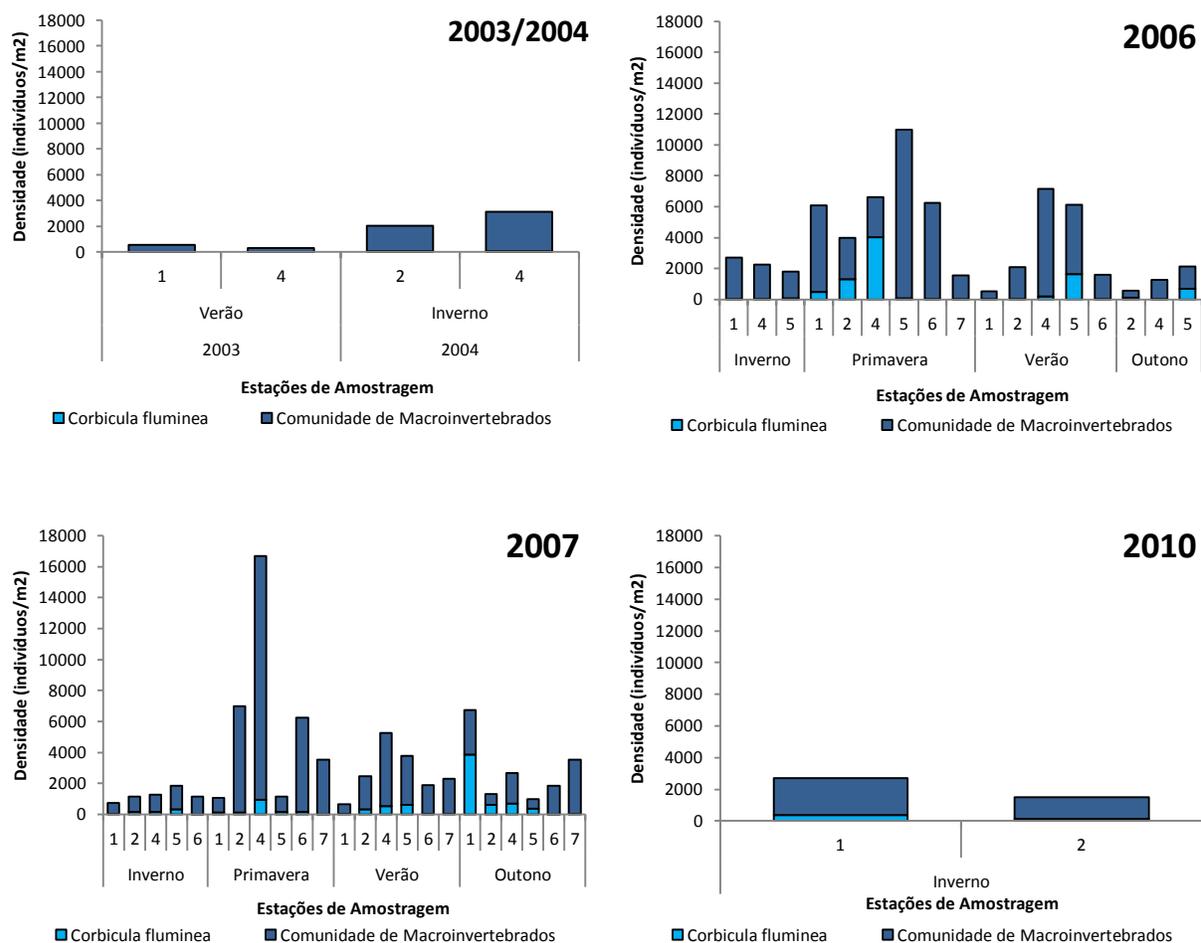


Figura 3. Representatividade de *C. fluminea* na comunidade bentónica do estuário do rio Mira nos anos 2003, 2004, 2006, 2007 e 2010.

Na figura 4 estão representadas as densidades médias de *C. fluminea* em cada campanha de amostragem. A densidade média variou entre 0 e 4033 indivíduos/m². As densidades médias

mais elevadas foram observadas nas estações de amostragem 4 (4033.33 indivíduos/m²), 1 (3860 indivíduos/m²) e 3 (1620 indivíduos/m²) na Primavera de 2006, Outono de 2007 e Primavera de 2012, respectivamente. As densidades médias mais baixas (0 indivíduos/m²) verificaram-se nas estações de amostragem 1 (Outono e Inverno de 2006), 2 (Verão de 2003 e Inverno de 2006), 6 (Outono e Inverno de 2006) e 7 (Verão, Outono e Inverno de 2006 e Inverno de 2007).

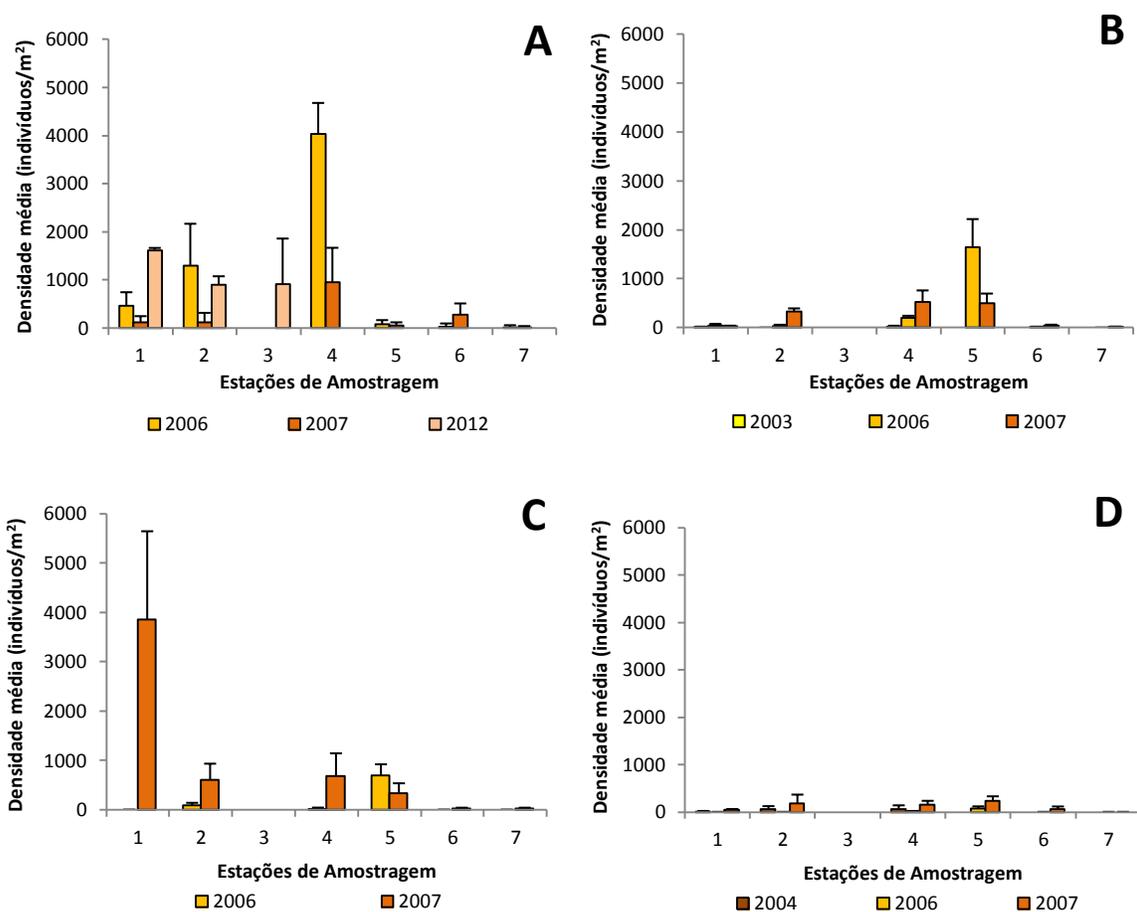


Figura 4. Densidade média (e respectivo desvio-padrão) de *C. fluminea* nas diferentes épocas do ano em cada estação de amostragem. (A – Primavera, B – Verão, C – Outono e D – Inverno).

A medição das variáveis ambientais durante as amostragens comprova a elevada variabilidade interanual no estuário do rio Mira. Os valores de todas as variáveis ambientais registadas em cada campanha de amostragem encontram-se no anexo V.

Os valores de temperatura variaram entre 11.0°C no Outono (2007) e 26.4°C no Verão (2006); a salinidade registou o valor mínimo de 0.2 no Outono de 2007 e Primavera de 2012 e máximo de 15.0 no Verão de 2006. Relativamente ao pH, os valores oscilaram entre 6.3 no Inverno de 2006 e 12.8 na Primavera de 2012. No que diz respeito ao oxigénio dissolvido, estes alternaram entre 0.1 mg/l no Outono de 2006 e 14.6 mg/l no Inverno de 2006.

Os resultados das análises de variância realizadas para cada estação de amostragem, para o factor data (ano e época), também são indicativas da variabilidade temporal das densidades de *C. fluminea* uma vez que foram identificadas diferenças significativas ($p < 0.001$) entre as datas de amostragem para os locais 1, 2, 4 e 5 (tabela 9).

Tabela 9. Resultados do teste ANOVA para o factor data para cada estação de amostragem.

Estação de Amostragem	F	p	Resultados do teste HSD de Turkey
1	14.477	0.000	Outono de 2007 diferente das restantes campanhas de amostragem
2	6.361	0.000	Primavera de 2006 diferente das restantes campanhas de amostragem, excepto o Outono de 2007 e a Primavera de 2012
4	38.084	0.000	Primavera de 2006 diferente das restantes campanhas de amostragem
5	13.181	0.000	Verão de 2006 diferente das restantes campanhas de amostragem
6	1.274	0.323	
7	1.633	0.197	

Os testes *post-hoc* HSD de Turkey ($p < 0.05$) indicam que as diferenças temporais observadas na estação 1 se devem às diferenças entre o Outono de 2007 e as restantes campanhas de amostragem; na estação 2 as diferenças temporais verificam-se entre a Primavera de 2006 e as restantes campanhas de amostragem (excepto o Outono de 2007 e a Primavera de 2012); na estação 4, as diferenças temporais significativas ocorrem entre a Primavera de 2006 e as restantes datas; e, na estação 5 entre o Verão de 2006 e as restantes datas, correspondendo a locais e datas em que ocorreram maiores densidades de *C. fluminea*.

As análises de variância efectuadas para verificar a ocorrência de variabilidade espacial na distribuição de *C. fluminea* no estuário do rio Mira, em cada época de amostragem indicaram

diferenças espaciais significativas ($p < 0.001$) na Primavera e Verão de 2006 e no Verão e Outono de 2007 (tabela 10).

Tabela 10. Resultados do teste ANOVA para os factores local e data para cada estação de amostragem.

Data de Amostragem	F	p	Resultados do teste HSD de Turkey
Verão 2003	0.600	0.579	
Inverno 2004	1.123	0.385	
Primavera 2006	35.768	0.000	Local 4 diferente das outras estações de amostragem
Verão 2006	22.701	0.000	Local 5 diferente das outras estações de amostragem
Outono 2006	5.025	0.012	
Inverno 2006	8.400	0.001	
Primavera 2007	3.656	0.031	
Verão 2007	10.447	0.000	Local 4 diferente dos locais 1, 6 e 7 Local 5 diferente dos locais 1, 6 e 7 Local 7 diferente do local 2
Outono 2007	11.007	0.000	Local 1 diferente dos restantes locais de amostragem
Inverno 2007	3.123	0.049	
Primavera 2012	1.665	0.266	

Através da realização de testes *post-hoc* HSD de Turkey ($p < 0.05$) constata-se que as variações espaciais que se observaram na Primavera de 2006 se devem às diferenças entre a estação de amostragem 4 e as restantes estações de amostragem; as variações registadas no Verão de 2006 ocorreram devido às diferenças entre o local 5 e os restantes locais de amostragem; as variações espaciais observadas no Verão de 2007 devem-se às diferenças entre a estação de amostragem 4 e os locais 1, 6 e 7, diferenças entre o local 5 e os locais 1, 6 e 7 e, diferenças entre a estação de amostragem 7 e o local 2; e, a variabilidade espacial verificada no Outono de 2007 foi registada devido ao local 1 ser diferente dos restantes locais amostrados.

3.1. ESTRUTURA DIMENSIONAL DA POPULAÇÃO DE *C. FLUMINEA* EM ODEMIRA

Na figura 5 estão representados o número de *C. fluminea* agrupado em classes dimensionais de 2 mm nas três estações de amostragens realizadas em 2012. Verifica-se que, embora a estação de amostragem 1 (mais a jusante) apresente mais efectivos, estes estão menos representados nas classes dimensionais mais pequenas. Nas estações 2 e 3 prevalecem os indivíduos de classes dimensionais menores (0 a 1.99 mm).

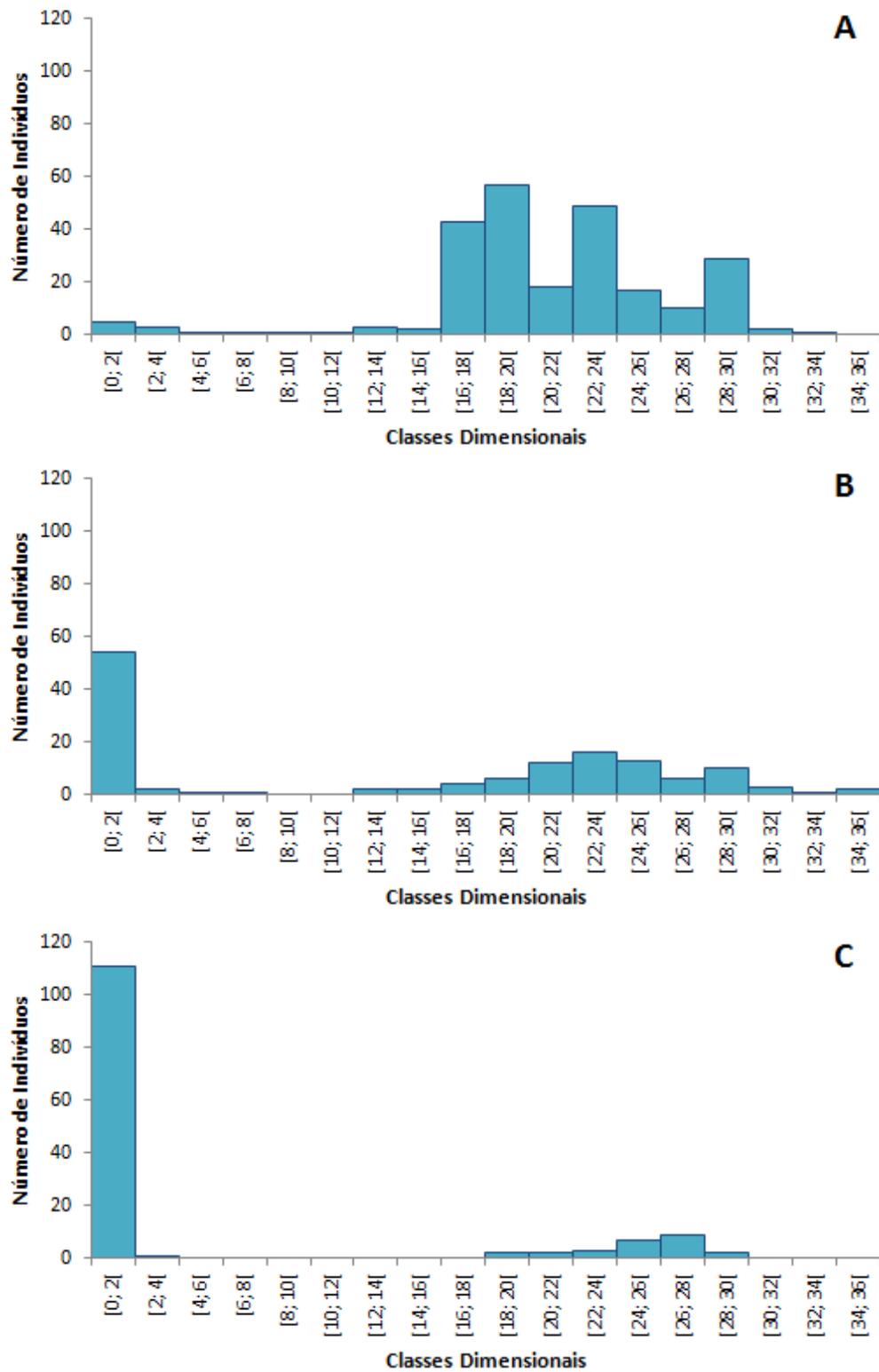


Figura 5. Número de *C. fluminea* agrupados em classes dimensionais de 2 mm em três estações de amostragens em 2012. (A – estação de amostragem 1; B – estação de amostragem 2; C – estação de amostragem 3).

Na figura 6 pode-se observar que as estações de amostragem com maior densidade foram as que apresentaram menor biomassa por indivíduo, podendo-se inferir que, nestas estações de amostragem, há uma predominância dos indivíduos de tamanho reduzido.

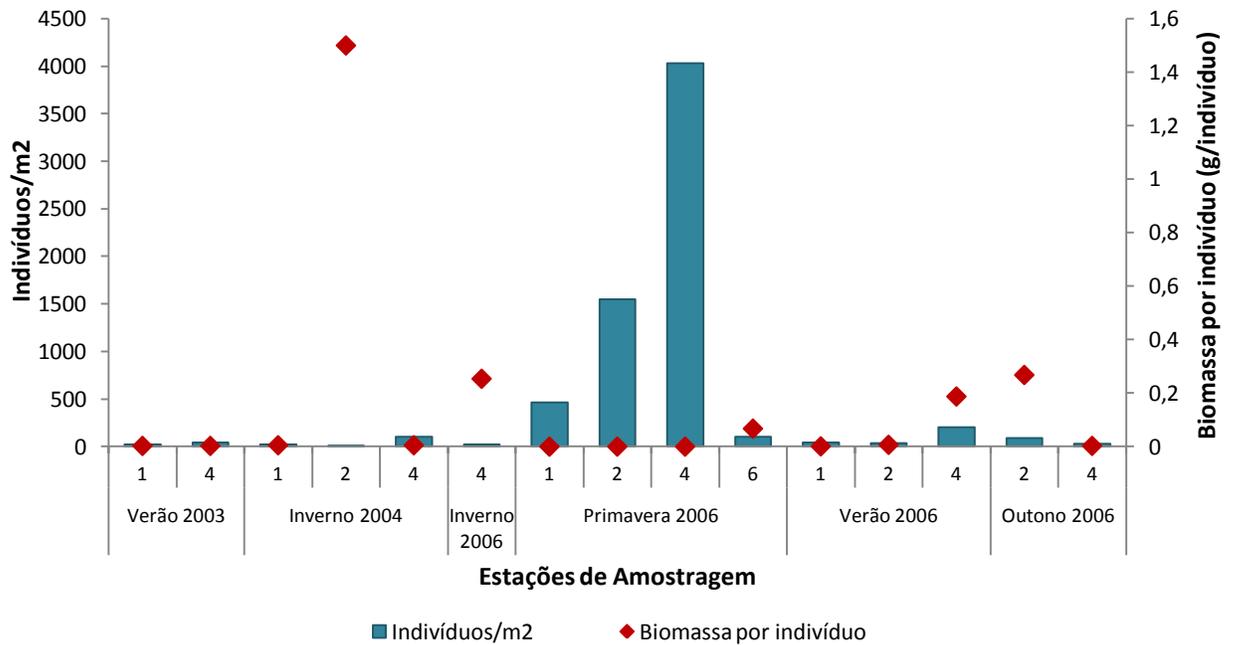


Figura 6. Relação entre abundância de *C. fluminea* e biomassa por indivíduo em algumas campanhas de amostragem no estuário do rio Mira.

Os resultados obtidos através da equação de Von Bertalanffy para a determinação das taxas de crescimento estão evidenciados na tabela 11.

Tabela 11. Estrutura dimensional da população de *C. fluminea* obtida através da equação de Von Bertalanffy. O parâmetro L_t corresponde aos comprimentos médios das coortes identificadas no *software* R e t corresponde a um dado instante.

L_t (mm)	t (anos)
0	-0.14
0.5	-0.125
5	0.016
11	0.227
13	0.305
18	0.520
21	0.665
23	0.771
24	0.827
25	0.885
27	1.009
28	1.075
35	1.644

O comprimento máximo obtido neste estudo correspondeu a um exemplar com 43.46 mm, o que, segundo a equação de Von Bertalanffy corresponde a $t = 2.891$ anos.

4. DISCUSSÃO

C. fluminea é uma das 100 espécies com maior carácter invasor (DAISIE, 2009), sendo capaz de se tornar no maior representante da comunidade bentónica, como se verificou nos locais de amostragem 4 na Primavera de 2006 e 1 no Outono de 2007, respectivamente. Embora seja atribuída a esta espécie uma vertente favorável para outras espécies uma vez que permite o aumento da diversidade global das espécies bentónicas (Ilarri *et al.*, 2011), é necessário ter presente que esta espécie também exerce um grave efeito negativo, competindo pelo habitat com bivalves nativos (Sousa, 2008; Franco *et al.*, 2011; INSPECT, 2012). No entanto, a influência desta espécie na restante comunidade não está bem estudada no estuário do rio Mira, sendo fundamental desenvolver mais estudos neste sentido, principalmente, como refere Sousa (2008), em locais onde a espécie ocorre com maior abundância.

As densidades médias de amêijoia asiática variaram consoante a época do ano, ano e estação de amostragem. Assim, na Primavera, o valor mais elevado foi verificado no local 4 (4033.33 indivíduos/m²) em 2006 e o mais baixo ocorreu em 2007 na estação de amostragem 7 (13.33 indivíduos/m²). No Verão, os valores de abundância média estiveram compreendidos entre 0 indivíduos/m² nas estações 2 em 2003 e 7 em 2006 e 1640 indivíduos/m² na estação 5 em 2006. No Outono, as abundâncias médias oscilaram entre 0 indivíduos/m² nos locais 1, 6 e 7 em 2006 e 3860 indivíduos/m² no local 1 em 2007. No Inverno, estes valores alternaram entre 0 indivíduos/m² nos locais 1, 2, 6 e 7 em 2006 e local 7 em 2007 e 240 indivíduos/m² no local 5 em 2007. Os valores máximos na densidade de *C. fluminea* no estuário do rio Mira são superiores aos referidos por Bódis *et al.* (2012) no rio Danúbio (178 indivíduos/m²) e Williams & McMahon (1986a) no lago Arlington (168 indivíduos/m²). Apenas o valor (9445 indivíduos/m²) obtido por Williams & McMahon (1986b) no rio Trinity é superior aos verificados no presente estudo.

A elevada densidade verificada na Primavera de 2006 na estação de amostragem 4 poderá reflectir o recrutamento que ocorreu antes da colheita neste local, na medida em que, diversos autores referem a existência de duas épocas reprodutivas por ano (Primavera e Outono) (Aldridge & McMahon, 1978; McMahon & Williams, 1986a; Williams & McMahon, 1986) e de apenas uma época mais longa (Primavera até meados do Outono) (Hornbach, 1992; Mouthon, 2001a,b; Mouthon & Parghentanian, 2004). Este facto é enfatizado através da análise de biomassas desta campanha de amostragem neste local uma vez que, embora haja uma elevada densidade de *C. fluminea*, a biomassa por indivíduo é bastante reduzida, mostrando a presença de um elevado número de indivíduos pequenos. Da mesma forma, também poderá ter ocorrido recrutamento antes da colheita realizada no Outono de 2007 na estação de amostragem 1 uma vez que há um elevado número de efectivos. No entanto, só seria possível fazer estas afirmações com segurança caso se soubessem as datas das campanhas de amostragem e se tivesse medido o comprimento da concha destes bivalves em todas as campanhas de amostragem, o que só se realizou na Primavera de 2012.

Para cada época do ano, os picos de densidade ocorreram em diferentes locais, por exemplo, no Outono estes picos ocorreram no local 5 (693.33 indivíduos/m²) em 2006 e no

local 1 (3860 indivíduos/m²) em 2007. No Inverno, as densidades máximas ocorreram em 2004 no local 4 (66.67 indivíduos/m²) e em 2006 e 2007 no local 5 (77.33 e 240 indivíduos/m², respectivamente). Estas variações sazonais estão de acordo com o relatado por Cataldo & Boltovskoy (1999).

A salinidade pode ser, como referiu Sousa (2008) citando Morton (1982), o factor abiótico mais importante para a distribuição e estabelecimento de *C. fluminea* uma vez que no Verão, as estações de amostragem onde foi registada uma maior salinidade foram aquelas onde se verificou uma menor densidade da espécie. Os valores de salinidade registados ao longo das diversas campanhas de amostragem variaram entre 0.2 e 15.0, sendo este valor superior ao mencionado por Maia-Mendes (2007) para o estuário do rio Minho.

Quanto à temperatura apenas se pode referir que esta espécie, no estuário do rio Mira, habita em locais cuja temperatura se encontra dentro dos padrões – 2°C a 36°C – definidos por McMahon (2002), tendo sido registadas temperaturas compreendidas entre 11.0°C e 26.4°C ao longo das diversas campanhas de amostragem.

A idade dos espécimes recolhidos no local 1 foi calculada através da substituição dos valores obtidos nas coortes identificadas no *software* R na equação de Von Bertalanffy. Nesta análise foram estimadas 12 potenciais coortes e pode-se inferir que, para o estuário do rio Mira, o ciclo de vida de *C. fluminea* deverá ter, aproximadamente, 3 anos, tal como observado para os rios Minho (Maia-Mendes, 2007; Sousa *et al.*, 2008), Mechums (Hornbach, 1992) e canal de Roanne e canal lateral Loire (Mouthon & Parghentian, 2004). No entanto, o facto de se ter observado 12 possíveis coortes querera dizer que a espécie, neste sistema estuarino, apresenta mais do que um evento reprodutivo por ano, como referido para o lago Arlington (E.U.A.) por Aldridge & McMahon (1978), McMahon & Williams (1986a) e Williams & McMahon (1986) e para o rio Sapucaí (Brasil) por Vianna & Avelar (2007).

O facto de apenas se ter realizado uma época de amostragem com o intuito de estudar a dinâmica populacional deste bivalve (Primavera de 2012) impossibilitou a verificação de períodos de reprodução. Assim, não se pode apontar quantos períodos de reprodução existem nem quando ocorrem.

Os resultados obtidos através do estudo da estrutura dimensional da população de *C. fluminea* no estuário do rio Mira foram determinados tendo por base os parâmetros calculados para o estuário do rio Minho, assumindo-se por isso que as populações dos dois estuários apresentam características semelhantes. Embora os valores de temperatura, pH e oxigénio dissolvido sejam similares entre os dois estuários, a salinidade registada no estuário do rio Minho foi menor do que a salinidade verificada no local 1 do estuário do rio Mira. No futuro será ideal calcular as idades dos indivíduos através de amostragens regulares em vez de utilizar os parâmetros calculados para outro sistema estuarino.

Os valores obtidos através do cálculo de idades podem diferir da bibliografia consultada (e.g. Hornbach, 1992; Mouthon, 2001a) uma vez que os comprimentos por idade variam consoante o sistema estudado e, provavelmente, os valores das variáveis abióticas nos locais.

Pode haver grandes diferenças ao nível da escala local, nomeadamente no que respeita ao tipo de substrato. Por exemplo, nas amostragens realizadas na Primavera de 2012 verificou-se uma homogeneidade na densidade de *C. fluminea* nos três replicados recolhidos nos locais 1 (1580, 1620 e 1660 indivíduos/m²) e 2 (740, 1080 e 880 indivíduos/m²) e uma discrepância elevada no local 3 (400, 340 e 2000 indivíduos/m²). Esta elevada variação na densidade de amêijoas asiática poder-se-á dever à diferença no tipo de substrato recolhido nos replicados 1 e 2 (cascalho) e 3 (vegetação) da estação de amostragem 3 e, este último tipo de substrato ser preferido pelas amêijoas mais pequenas como forma de evitarem a predação, por exemplo. As variações na densidade de *C. fluminea* entre os três replicados também foram verificadas em alguns locais durante as restantes campanhas de amostragem, não tendo sido registado o tipo de substrato de cada replicado.

Na representatividade das classes dimensionais amostradas na Primavera de 2012, pode-se inferir que o recrutamento pode variar entre locais nos diferentes anos. Assim, o maior e mais recente recrutamento ocorreu no local 3 (111 indivíduos), provavelmente devido ao local de vegetação amostrado num dos replicados, como já foi referido, seguido do local 2 (54 indivíduos), na medida em que apresentam maiores densidades de indivíduos entre os 0-1.99 mm. Assim, estes dois locais de amostragem podem tratar-se de zonas de recrutamento para o ano de 2012. O local de amostragem 1 (Odemira) parece ter sido um local de recrutamento

elevado há aproximadamente 0.43-0.52, 0.95-1.07 e 1.07-1.22 anos na medida em que os comprimentos correspondentes a estas idades (16-17.99, 26-27.99 e 28-29.99 mm) são os mais representados (154, 135 e 182 indivíduos).

Não é possível efectuar muitas comparações com outros estudos de estrutura dimensional da espécie uma vez que este estudo foi baseado numa única colheita (Primavera de 2012) e a maioria dos estudos (Aldridge & McMahon, 1978; Cataldo & Boltovskoy, 1999; Mouthon, 2001a,b; Mouthon & Parghentanian, 2004) refere taxas de crescimento em meses específicos, uma vez que segue coortes ao longo dos anos, obtendo dados mais reais através do seguimento das coortes do que através de projecções virtuais de coortes e consequente cálculo da idade dos indivíduos.

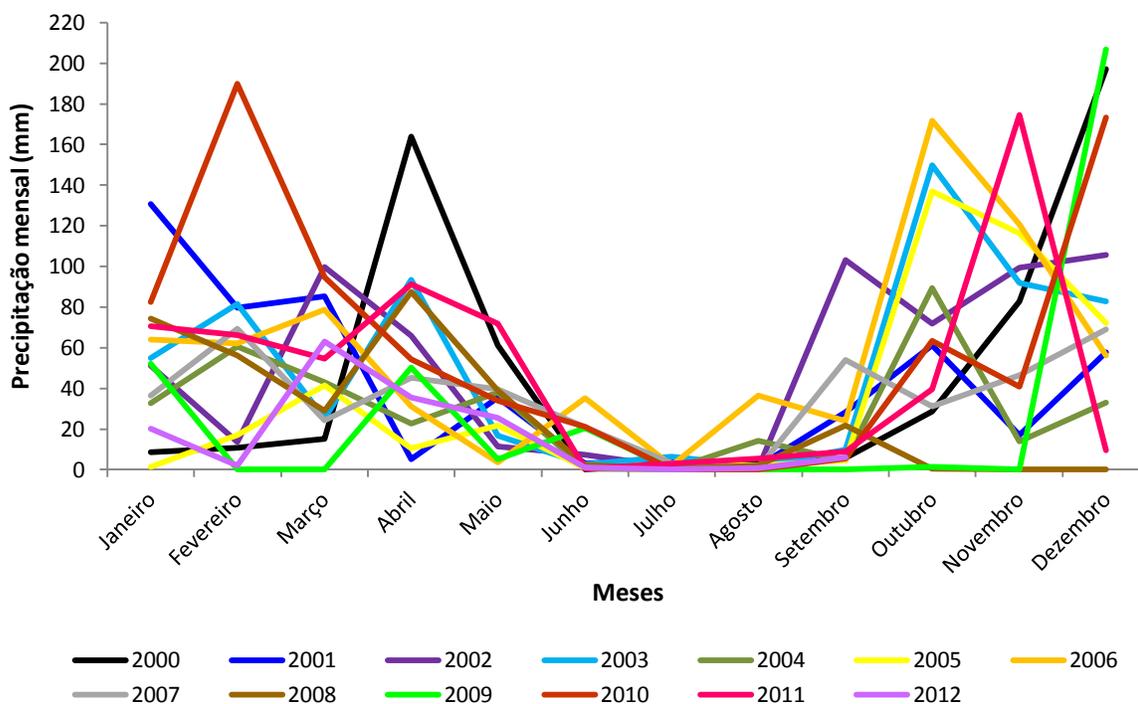
No futuro, dever-se-á tentar realizar amostragens periódicas com vista a seguir o desenvolvimento da população, por exemplo, em Odemira, para obter dados mais concretos da sua dinâmica populacional, não fazendo estimativas com base em apenas uma época de amostragem. Isto também será útil para apurar quantos períodos reprodutivos tem esta espécie no estuário do rio Mira e quando é que este(s) período(s) ocorre(m) uma vez que não existe nenhum estudo até à data neste sentido para este sistema.

Neste estudo, a maior amêijoia asiática amostrada possuía um comprimento de 43.46 mm, apresentando um comprimento superior aos da literatura consultada (Hornbach, 1992; Cataldo & Boltovskoy, 1999; Mouthon & Parghentanian, 2004; Sousa *et al.*, 2008; Vianna & Avelar, 2010), sendo apenas superado pelo espécime recolhido por Mouthon (2001b) no rio Rhône com 44.7 mm e por Sousa (2008) no estuário do rio Lima com 51.6 mm.

Maia-Mendes (2007) constatou no seu estudo que o tamanho da concha vai aumentando com a deslocação das estações de amostragem para montante. No entanto, o presente estudo mostra-nos o contrário na medida em que o maior número de indivíduos com tamanhos de concha superiores se encontra na estação de amostragem 1, sendo esta a estação mais a jusante da área estudada.

A elevada variabilidade interanual de precipitação (figura 7) no rio Mira pode ter consequências na densidade de *C. fluminea*, uma vez que a precipitação vai ter efeitos directos no caudal do rio e, consequentemente, na salinidade, devendo este assunto ser estudado no

futuro. No entanto, será também importante estudar o impacto que a variação do caudal tem na densidade desta espécie uma vez que o caudal é regulado através de descargas da barragem com um desfasamento importante face, por exemplo, às alturas de precipitação.



Fonte: www.snirh.pt

Figura 7. Variação da precipitação ao longo do ano nos últimos 12 anos na estação de Relíquias, bacia hidrográfica do Mira.

As estações de amostragem 5, 6 e 7 foram as únicas que não apresentaram variabilidade temporal. Estes locais são os que se encontram mais a montante na área estudada. Provavelmente estes locais dulçaquícolas não possuem as condições preferenciais pela espécie. A existência de variabilidade temporal nos restantes locais de amostragem vem corroborar a existência de variabilidade espacial uma vez que comprova que a espécie não existe sempre nas mesmas densidades e nos mesmos locais, durante todo o ano. A análise

levada a cabo por Bódis *et al.* (2012) revelou não haver variações temporais significativas entre anos no rio Danúbio, somente entre épocas do ano.

Devido ao carácter invasor desta espécie é necessário realizar uma monitorização contínua não só deste bivalve como da restante comunidade bentónica de forma a compreender quais os reais impactos desta espécie no estuário do rio Mira.

CAPÍTULO IV

CONSIDERAÇÕES

FINAIS

A realização deste trabalho de investigação foi importante na medida em que não existe um conhecimento aprofundado da espécie *Blackfordia virginica* em geral no Mundo nem do estado da população existente no estuário do rio Mira em particular. E corresponde ainda ao primeiro estudo dirigido para a espécie *Corbicula fluminea* no estuário do rio Mira.

O segundo capítulo deste trabalho permitiu determinar a distribuição espacial e dimensional da espécie *B. virginica* no estuário do rio Mira. Verificou-se que os indivíduos com menor diâmetro se encontram em locais com menor salinidade (zona superior do estuário), ocorrendo o oposto nos indivíduos de maiores dimensões. Os indivíduos de tamanho intermédio encontram-se em zonas com valores intermédios de salinidade.

Neste estudo não foram capturadas hidromedusas em salinidades superiores a 32. Este factor abiótico parece condicionar a ocorrência e abundância de *B. virginica*.

Verificou-se que *B. virginica* se desloca com a massa de água ao longo do ciclo de maré, dependendo a abundância da fase do ciclo de maré em cada local.

Relativamente ao *sex ratio* não se constataram diferenças entre os géneros, observando-se, porém, um elevado número de indivíduos indiferenciados desconhecendo-se a razão pela qual se encontravam nesta situação (degradação ou imaturos).

No futuro será importante registar o tamanho da fase medusa simultaneamente ao registo do género sexual para tentar compreender se existe alguma relação entre estas duas variáveis uma vez que neste trabalho foram observadas subamostras separadas para registar o comprimento da cúpula e o género sexual dos indivíduos. Aquando do registo do género sexual será indispensável registar a razão pela qual os indivíduos são considerados indiferenciados, se pelo seu estado imaturo ou de degradação. Será também interessante realizar amostragens de ciclo de maré noutros locais do estuário do rio Mira em condições de maré semelhantes e diferentes para averiguar se a espécie tem o mesmo comportamento em todo o estuário ou se difere do observado na Casa Branca.

O controlo do tipo de substrato artificial de forma a não haver substrato para os pólipos se fixarem e aumentar o fluxo de água doce proveniente da barragem em alturas em que é mais propício ocorrer a proliferação da fase de medusa são possíveis medidas de gestão para mitigar o impacto da espécie *B. virginica* no estuário do rio Mira.

O terceiro capítulo deste trabalho aborda o bivalve exótico *C. fluminea*, sendo importante a monitorização desta espécie devido ao seu conhecido carácter invasor noutros sistemas e, por, em algumas épocas no estuário do rio Mira, se tornar no maior elemento da comunidade bentónica. Constatou-se que, em 2012, o recrutamento parece ter ocorrido no local próximo a Odemira, enquanto em 2006 e 2007 parece ter acontecido mais a montante. Isto pode estar relacionado ao facto de, em 2012, se verificarem valores mais baixos de salinidade do que nas campanhas de amostragem anteriores.

A população de Odemira aparenta ter uma longevidade de, aproximadamente, 3 anos.

É necessário elaborar mais estudos para estas espécies de forma a tentar compreender quais os reais impactos no estuário e comunidade faunística nativa. É também importante realizar amostragens periódicas com o objectivo de seguir o crescimento de *C. fluminea* e averiguar qual a sua época reprodutiva para este sistema. Dever-se-á ainda registar o tipo de substrato amostrado em cada replicado uma vez que os replicados de um determinado local de amostragem podem não ser todos dragados no mesmo tipo de substrato uma vez que existe uma elevada variabilidade ao nível da escala local, não se compreendendo *a posteriori* se o tipo de substrato poderá influenciar a densidade de *C. fluminea*.

É necessário elaborar mais estudos sobre estas duas espécies exóticas uma vez que são as espécies não indígenas mais abundantes neste sistema estuarino. Assim, dever-se-á investigar quais os motivos que conduziram ao estabelecimento bem-sucedido destas espécies bem como o seu ciclo de vida; determinar os impactos destas espécies no estuário e na comunidade bentónica, principalmente na nativa, através de monitorizações a longo prazo; e, se estas apresentarem impacto negativo no sistema, é imprescindível estudar possíveis formas de controlar a densidade das populações e mitigar o seu impacto. Caso se consigam determinar as condições que levaram estas espécies serem bem-sucedidas no sistema invadido, poder-se-á tentar elaborar modelos de previsão contra futuras invasões noutros sistemas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albert, D.J. (2007). *Aurelia labiata* medusae (Scyphozoa) in Roscoe Bay avoid tidal dispersion by vertical migration. *Journal of Sea Research* 57, 281-287.
- Aldridge, D.W., & McMahon, R.F. (1978). Growth, fecundity, and bioenergetics in a natural population of the asiatic freshwater clam, *Corbicula manilensis* Philippi, from North Central Texas. *Journal of Molluscan Studies* 44, 49-70.
- Anderson, M.J., Gorley, R.N., & Clarke, K.R. (2008). Permanova+ for PRIMER: guide to software and statistical methods. Primer-E: Plymouth, U.K.
- Araújo, R., Moreno, D., & Ramos, M.A. (1993). The Asiatic clam *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) (Bivalvia: Corbiculidae) in Europe. *American Malacological Bulletin* 10, 39-49.
- Attrill, M.J., Wright, J., & Edwards, M. (2007). Climate-related increases in jellyfish frequency suggest a more gelatinous future for North Sea. *Limnology and Oceanography* 52 (1), 480-485.
- Bardi, J. (2011). Comunidades de hidrozoários (Cnidaria) estuarinos do sudoeste e sul do Brasil. In Instituto de Biociências, Departamento de Zoologia (São Paulo, Universidade de São Paulo), pp. 188.
- Bardi, J., & Marques, A.C. (2009). The invasive hydromedusae *Blackfordia virginica* Mayer, 1910 (Cnidaria: Blackfordiidae) in southern Brazil, with comments on taxonomy and distribution of the genus *Blackfordia*. *Zootaxa* 2198, 41–50.
- Bax, N., Williamson, A., Aguero, M., Gonzalez, E., & Geeves, W. (2003). Marine invasive alien species: a threat to global biodiversity. *Marine Policy* 27, 313-323.
- Blanton, J., Ferreira, M., & Andrade, F. (2000). Effect of a broad shallow sill on tidal circulation and salt transport in the entrance to a coastal plain estuary (Mira—Vila Nova de Milfontes, Portugal). *Estuaries and Coasts* 23, 293-304.
- Bódis, E., Sipkay, C., Tóth, B., Oertel, N., Nosek, J., & Hornung, E. (2012). Spatial and temporal variation in biomass and size structure of *Corbicula fluminea* in Danubio River catchment, Hungary. *Biologia* 67, 739-750.
- Boero, F., & Bouillon, J. (1993). Zoogeography and life cycle patterns of Mediterranean hydromedusae (Cnidaria). *Biological Journal of the Linnean Society* 48, 239-266.

- Bombico, S. (2009). Litoral Alentejano: vestígios arqueológicos e arquitectónicos de carácter marítimo: estudo de caso. Temas e conceitos da História da Arte em Portugal (Universidade de Évora), pp. 37.
- Buecher, E. (2001). Erratic fluctuation in abundance of medusoid and ctenophore populations in two systems, Ligurian Sea and Benguela ecosystem: some examples. In Gelatinous zooplankton outbreaks: theory and practice. CIESM Workshop Series 14, 63-65.
- Caffrey, J.M., Evers, S., Millane, M., & Moram, H. (2011). Current status of Ireland's newest invasive species: the Asian clam *Corbicula fluminea* (Müller, 1774). Aquatic Invasions, 6 (3).
- Cataldo, D., & Boltovskoy, D. (1999). Population dynamics of *Corbicula fluminea* (Bivalvia) in the Paraná river delta (Argentina). Hydrobiologia 380, 153-163.
- Cataldo, D., Boltovskoy, D., Stripeikis, J., & Pose, M. (2010). Condition index and growth rates of field caged *Corbicula fluminea* (Bivalvia) as biomarkers of pollution gradients in the Paraná river delta (Argentina). Aquatic Ecosystem Health and Management 4, 187-201.
- Chainho, P. (2009). Passageiros exóticos clandestinos (Setúbal, Setúbal na rede).
- Chainho, P., Chaves, M.L., Costa, J.L., Costa, M.J., & Dauer, D.M. (2008). Use of multimetric indices to classify estuaries with different hydromorphological characteristics and different levels of human pressure. Marine Pollution Bulletin 56, 1128-1137.
- Chainho, P. (2008). Contribution to the development of abiotic integrity assessment tools for Portuguese estuaries based on benthic communities. In Faculdade de Ciências, Departamento de Biologia Animal (Lisboa, Universidade de Lisboa), pp. 163.
- Chainho, P. (2012). Portuguese update on alien marine species. Nacional Report for Portugal 2012. ICES Working Group on Introductions and Transfers of Marine Organisms (WGITMO).
- Chícharo, M.A., Leitão, T., Range, P., Gutierrez, C., Morales, J., Morais, P., & Chícharo, L. (2009). Alien species in the Guadiana Estuary (SE-Portugal/SW-Spain): *Blackfordia virginica* (Cnidaria, Hydrozoa) and *Palaemon macrodactylus* (Crustacea, Decapoda): potential impacts and mitigation measures. Aquatic Invasions 4, 501-506.

- Clarke, K.R., & Warwick R.M. (2001). Change marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. National Environment Research Council, U.K., pp. 144.
- Costa, A.B.R. (1982). A bacia hidrográfica do rio Mira. Anais do Clube Militar Naval CXII.
- Costa, M.J., Catarino, F., & Bettencourt, A. (2001). The role of salt marshes in the Mira estuary (Portugal). *Wetlands Ecology and Management* 9, 121-134.
- Costa, M.J., & Chainho, P. (2011). Projecto INSPECT – Espécies exóticas marinhas introduzidas em estuários e zonas costeiras portuguesas. *Ecologia* 3, 73-74.
- Cowan Jr., J.H., & Houde, E.D. (1993). Relative predation potentials of scyphomedusae, ctenophores and planktivorous fish on ichthyoplankton in Chesapeake Bay. *Marine Ecology Progress Series* 95, 55-65.
- DAISIE (2009). European invasive alien species gateway. In *Delivering alien invasive species inventories for Europe*.
- Decker, M.B., Brown, C.W., Hood, R.R., Purcell, J.E., Gross, T.F., Matanoski, J.C., Bannon, R.O., & Setzle-Hamilton, E.M. (2007). Predicting the distribution of the scyphomedusa *Chrysaora quinquecirrha* in Chesapeake Bay. *Marine Ecology Progress Series* 329, 99-113.
- Duarte, M.J.V. (2011). Padrões nas associações de macroinvertebrados bentónicos de diferentes habitats na Ria de Aveiro e no estuário do Mira. In *Faculdade de Ciências, Departamento de Biologia Animal (Lisboa, Universidade de Lisboa)*, pp. 39.
- Elliott, P., & zu Ermgassen, P.S.E. (2008). The Asian clam (*Corbicula fluminea*) in the river Thames, London, England. *Aquatic Invasions* 3 (1), 54-60.
- Ferreira, J.G., Simas, T., Nobre, A., Silva, M.C., Shifferegger, K. & Lencart-Silva, J. (2003). Identification of sensitive areas and vulnerable zones in transitional and coastal Portuguese systems. Application of the United States National estuarine eutrophication assessment to the Minho, Lima, Douro, Ria de Aveiro, Mondego, Tagus, Sado, Mira, Ria Formosa and Guadiana systems. Instituto da Água e Instituto do Mar, Lisboa, Portugal.
- Franco, J.N., Ceia, F.R., Patrício, J., Modesto, V., Thompson, J., Marques, J.C., & Neto, J.M. (2011). Population dynamics of *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) in mesohaline and oligohaline habitats: Invasion success in a Southern Europe estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 1-9.

- Genovesi, P., & Shine, C. (2004). European strategy on invasive alien species, Vol 137 (Council of Europe Publishing).
- Genzano, G., Mianzan, H., Acha, E.M., & Gaitán, E. (2006). First record of the invasive medusa *Blackfordia virginica* (Hydrozoa: Leptomedusae) in the Río de la Plata estuary, Argentina-Uruguay. *Revista Chilena de Historia Natural* 79, 257-261.
- Gil, A.B. (2008). Contributos para a navegação fluvial em Portugal: o aproveitamento dos principais rios portugueses.
- Golemansky, V. (2007). Biodiversity and ecology of the Bulgarian Black Sea invertebrates. In *Biogeography and Ecology of Bulgaria*, V. Fet, and A. Popov, eds. Springer Netherlands, pp. 537-554.
- Graham, W.M., & Bayha, K.M. (2007). Biological Invasions by marine jellyfish. In *Biological Invasions*, W. Nentwig, ed. Springer Berlin Heidelberg, pp. 239-255.
- Hakenkamp, C.C. & Palmer, M.A. 1999. Introduced bivalves in freshwater ecosystems: the impact of *Corbicula* on organic matter dynamics in a sandy stream. *Oecologia*, 119, 445-451.
- Hansson, L.J. (1997). Effect of temperature on growth rate of *Aurelia aurita* (Cnidaria, Scyphozoa) from Gullmarsfjorden, Sweden. *Marine Ecology Progress Series* 161, 145-153.
- Hay, S. (2006). Marine ecology: gelatinous bells may ring change in marine ecosystems. *Current Biology*, 16 (17): R679-R682.
- Hayes, K.R., & Sliwa, C. (2003). Identifying potential marine pests: a deductive approach applied to Australia. *Marine Pollution Bulletin* 46, 91-98.
- Henriques, M.V., & Gama, C.P. (1999). Evolução histórica e recente dos estuários do Sudoeste Alentejano (rio Mira, ribeiras de Seixe e Aljezur). In *A zona costeira do Alentejo* (Sines, Eurocoast), pp. 5.
- Hornbach, D.J. (1992). Life history traits of a riverine population of the Asian clam *Corbicula fluminea*. *American Midland Naturalist* 127, 248-257.
- Hulme, P.E. (2007). Biological invasions in Europe: drivers, pressures, states, impacts and responses. In *Biodiversity under threat*, R.E. Hester, and R.M. Harrison, eds. *Issues in Environmental Science and Technology*, pp. 56-80.

- Ilarri, M.I., Freitas, F., Costa-Dias, S., Antunes, C., Guilhermino, L., & Sousa, R. (2011). Associated macrozoobenthos with the invasive Asian clam *Corbicula fluminea*. *Journal of Sea Research*. In press.
- INSPECT (2012). INSPECT – Espécies exóticas marinhas introduzidas em estuários e zonas costeiras portuguesas: padrões de distribuição e abundância, vectores e potencial de invasão (PTDC/MAR/73579/2006). Relatório final de execução científica.
- Karatayev, A.Y., Lyubov, E.B., & Padilla, D.K. (2005). Contrasting distribution and impacts of two freshwater exotic suspension feeders, *Dreissena polymorpha* and *Corbicula fluminea*. In *The comparative roles of suspension-feeders in ecosystems*, R.F. Dame, and S. Olenin, eds. Springer, pp. 239-262.
- Keller, R.P., Drake, J.M., & Lodge, D.M. (2007). Fecundity as a basis for risk assessment of nonindigenous freshwater molluscs. *Conservation Biology* 21, 191-200.
- Kramp, P. L. (1961). Synopsis of the medusae of the world. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 40, pp. 469.
- Lavoie, D.M., Smith, L.D., & Ruiz, G.M. (1999). The potencial for intracoastal transfer of non-indigenous species in the ballast water of ship. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 48.
- Leitão, P.J.P. (1997). Cálculo do prisma de maré do estuário do rio Mira através da utilização de técnicas de detecção remota. In *Departamento de Zoologia e Antropologia* (Lisboa, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa), pp. 38.
- Lois, S. (2010). New records of *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) in Galicia (Northwest of the Iberian Peninsula): Mero, Sil and Deva rivers. *Aquatic Invasions* 5, 17-20.
- Lucy, F.E, Karatayev, A.Y., & Burlakova, L.E. (2012). Predictions for the spread, population density, and impacts of *Corbicula fluminea* in Ireland. *Aquatic Invasions* 7 (4), 465-474.
- Macdonald, P., & with contributions from Du, J. (2011). *Mixdist: finite mixture distribution models*. R package version 0.5-4. URL: <http://CRAN.R-project.org/package=mixdist>
- Marôco, J. (2011). *Análise estatística com o SPSS Statistics*. 5ª ed., Pero Pinheiro, Report Number *Análise e Gestão de Informação* Lda, pp. 990.

- Maia-Mendes, M.C.V. (2007). Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos do estuário do rio Minho. In Instituto de Ciências Biomédicas de Abel Salaza (Porto, Universidade do Porto), pp. 82.
- Mattos, M.A.R. (1995). Distribuição espacio-temporal do zooplâncton no estuário do rio Mira. Instituto Português de Investigação Marítima.
- McMahon R.F. (1983) Ecology of an invasive pest bivalve, *Corbicula*. In Russel-Hunter (eds), The Mollusca. Vol. 6. Ecology, Academic Press, New York, pp. 505–561.
- McMahon, R.F. (1999). Invasive characteristics of the freshwater bivalve *Corbicula fluminea*. In Nonindigenous freshwater organisms: vectors, biology and impacts, R. Claudi, and J.H. Leach, eds. Boca Raton, Florida, Lewis Publishers, pp. 315–343.
- McMahon, R.F. (2002). Evolutionary and physiological adaptations of aquatic invasive animals: *r* selection versus resistance. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 59, 1235-1244.
- McMahon, R.F., & Williams, C.J. (1986a). Growth, life cycle, upper thermal limit and downstream colonization rates in a natural population of the freshwater bivalve mollusc, *Corbicula fluminea* (Müller) receiving thermal effluents. American Malacological Bulletin Special Edition 2, 231-239.
- McMahon, R.F., & Williams, C.J. (1986b). A reassessment of growth rate, life span, life cycles and population dynamics in a natural population and field caged individuals of *Corbicula fluminea* (Müller) (Bivalvia: Corbiculacea). American Malacological Bulletin Special Edition 2, 151-166.
- Medeiros, J.P. (2009). Ecologia e avaliação dos recursos bentônicos da zona de transição dulçaquícola-salobra no rio Mira. In Faculdade de Ciências, Departamento de Biologia Animal (Lisboa, Universidade de Lisboa), pp. 84.
- Mills, C.E. (1984). Density is altered in hydromedusae and ctenophores in response to changes in salinity. Biological Bulletin 166, 206-215.
- Mills, C.E. (2001). Jellyfish blooms: are populations increasing globally in response to changing ocean conditions? Hydrobiologia 451, 55-68.

- Mills, C.E., Marques, A.C., Migotto, A.E., Calde, D.R., & Hand, C. (2007). Hydrozoa: Polyps, Hydromedusae, and Siphonophora. In Light and Smith's Manual: Intertidal Invertebrates of the Central California Coast, J.T. Carlton, ed. Berkeley, University of California Press, pp. 38-71.
- Mills, C.E., & Rees, J.T. (2000). New observations and corrections concerning the trio of invasive hydromedusae *Maeotias marginata* (= *M. inexpectata*), *Blackfordia virginica*, and *Moerisia* sp. in the San Francisco Estuary. *Scientia Marina* 64 (Supl. 1), 151-155.
- Mills, C.E., & Sommer, F. (1995). Invertebrate introductions in marine habitats: two species of hydromedusae (Cnidaria) native to the Black Sea, *Maeotias inexpectata* and *Blackfordia virginica*, invade San Francisco Bay. *Marine Biology* 122, 279-288.
- Mills, C.E., & Vogt, R.G. (1984). Evidence that ion regulation in hydromedusae and ctenophores does not facilitate vertical migration. *Biological Bulletin* 166, 216-227.
- Moore, A.J. (1987). Redescription of the Leptomedusan *Blackfordia virginica*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 67, 287-291.
- Morais, P., Teodósio, J., Reis, J., Chícharo, M.A., & Chícharo, L. (2009). The Asian clam *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) in the Guadiana River Basin (southwestern Iberian Peninsula): setting the record straight. *Aquatic Invasions* 4, 681-684.
- Mouthon, J. (2001a). Life cycle and population dynamics of the Asian clam *Corbicula fluminea* (Bivalvia: Corbiculidae) in the Saone River at Lyon (France). *Hydrobiologia* 452, 109-119.
- Mouthon, J. (2001b). Life cycle and population dynamics of the Asian clam *Corbicula fluminea* (Bivalvia: Corbiculidae) in the Rhône River at Creys-Malville (France). *Archiv für Hydrobiologie* 151, 571-589.
- Mouthon, J., & Parghentanian, T. (2004). Comparison of the life cycle and population dynamics of two *Corbicula* species, *C. fluminea* and *C. fluminalis* (Bivalvia: Corbiculidae) in two French canals. *Archiv für Hydrobiologie* 161, 267-287.
- Munjiu, O., & Shubernetski, I. (2010). First record of Asian clam *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) in the Republic of Moldova. *Aquatic Invasions* 5, 67-70.

- Nogueira Jr., M., & Oliveira, J.S. (2006). *Moerisia inkermanica* Paltschikowa-Ostroumova (Hydrozoa; Moerisidae) e *Blackfordia virginica* Mayer (Hydrozoa; Blackfordiidae) na Baía de Antonina, Paraná, Brasil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* 1, 35-42.
- Paavola, M., Olenin, S., & Leppäkoski, E. (2005). Are invasive species most successful in habitats of low native species richness across European brackish water seas? *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 64, 738-750.
- Paranaguá, M.N. (1963). Sobre uma nova ocorrência de *Blackfordia virginica* Mayer 1910 e *Ostrumovia inkermanica* Hadzi (1928) (hydromedusae). *Instituto de Oceanografia, Universidade de Recife* 5/6, 141-145.
- Paunović, M., Csányi, B., Knežević, S., Simić, V., Nenadić, D., Jakovčev-Todorović, D., Stojanović, B., & Cakić, P. (2007). Distribution of Asian clams *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) and *C. fluminalis* (Müller, 1774) in Serbia. *Aquatica Invasions* 2 (2), 99-106.
- Pereira, A.R.M.P.E. (2009). Análise experimental do impacto da taxa de ingestão de medusas no ictioplâncton – extrapolação para as condições naturais. In *Faculdade de Ciências e Tecnologia (Faro, Universidade do Algarve)*, pp. 77.
- Pérez-Bote, J.L., & Fernández, J. (2008). First record of the Asian clam *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) in the Guadiana River Basin (southwestern Iberian Peninsula). *Aquatic Invasions* 3, 87-90.
- Quaresma, A. M. (1985). Importância histórica do rio Mira como via de penetração no interior: séculos XIX e XX. *Actas do 1º Congresso sobre o Alentejo* 1, 232-246
- Quaresma, A.M. (2001). *Rio Mira - Moinhos de Maré*. Suledita Lda.
- Ré, P. (1996). Anchovy spawning in the Mira estuary (southwestern Portugal). *Scientia Marina* 60 (Supl. 2), 141-153.
- Reis, J. (2006). *Atlas dos bivalves de água doce em Portugal continental* (Lisboa, Instituto da Conservação da Natureza).
- Rosa, I.C., Pereira, J.L., Gomes, J., Saraiva, P.M., Gonçalves, F., & Costa, R. (2011). The Asian clam *Corbicula fluminea* in the European freshwater-dependent industry: A latent threat or a friendly enemy? *Ecological Economics* 70, 1805-1813.

- Santhakumari, V., Ramaiah, N., & Nair, V.R. (1997). Ecology of hydromedusae from Bombay Harbour: Thana and Bassein Creek estuarine complex. *Indian Journal of Marine Sciences* 26, 162-168.
- Schroeter, R.E. (2008). Biology and long-term trends of alien hydromedusae and striped bass in a brackish tidal marsh in the San Francisco Estuary (San Diego, University of California), pp. 223.
- Shiganova, T. (2001). Erratic fluctuation in abundance of medusoid and ctenophore populations in two systems, Ligurian Sea and Benguela ecosystem: some examples. *In Gelatinous zooplankton outbreaks: theory and practice*. CIESM Workshop Series 14, pp. 81-83.
- Silva, C.A., Aguirre, S.G., & Arce, M.G.M. (2003). Variaciones morfológicas en *Blackfordia virginica* (Hydroidomedusae: Blackfordiidae) en lagunas costeras de Chiapas, México. *Revista de Biología Tropical* 51, 409-412.
- Silva, I.C., Dinis, A.M., Francisco, S.M., Flores, A.A.V., & Paula, J. (2006). Longitudinal distribution and lateral pattern of megalopal settlement and juvenile recruitment of *Carcinus maenas* (L.) (Brachyura, Portunidae) in the Mira River Estuary, Portugal. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 69, 179-188.
- Sousa, R. (2008). Factors contributing to the invasive success of *Corbicula fluminea* (Müller, 1774). In Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar (Porto, Universidade do Porto), pp. 190.
- Sousa, R., Freire, R., Rufino, M., Méndez, J., Gaspar, M., Antunes, C., & Guilhermino, L. (2007). Genetic and shell morphological variability of the invasive bivalve *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) in two Portuguese estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 74, 166-174.
- Sousa, R., Nogueira, A.J.A., Gaspar, M.B., Antunes, C., & Guilhermino, L. (2008). Growth and extremely high production of the non-indigenous invasive species *Corbicula fluminea* (Müller, 1774): Possible implications for ecosystem functioning. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 80, 289–295.

- Vianna, M.P., & Avelar, W.E.P. (2010). Ocorrência da espécie invasora *Corbicula fluminea* (Bivalvia, Corbiculidae) no rio Sapucaí (São Paulo, Brasil). *Biotemas* 23, 59-66.
- Villate, F. (1997). Tidal influence on zonation and occurrence of resident and temporary zooplankton in a shallow system (estuary of Mundaka, Bay of Biscay). *Scientia Marina* 61, 173-188.
- Vohmann, A., Borchering, J., Kureck, A., Vaate, A., Arndt, H., & Weitere, M. (2010). Strong body mass decrease of the invasive clam *Corbicula fluminea* during summer. *Biological Invasions* 12, 53-64.
- Willcox, S., Moltschaniwskyj, N. A., & Crawford, C. (2007). Asexual reproduction in scyphistomae of *Aurelia* sp.: Effects of temperature and salinity in an experimental study. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 353, 107-114.
- Williams, C.J., & McMahon, R.F. (1986). Power station entrainment of *Corbicula fluminea* (Müller) in relation to population dynamics, reproductive cycle and biotic and abiotic variables. *American Malacological Bulletin Special Edition* 2, 99-111.
- Wintzer, A.P., Meek, M.H., Moyle, P.B., & May, B. (2011a). Ecological insights into the polyp stage of non-native hydrozoans in the San Francisco Estuary. *Aquat Ecol* 45, 151–161.
- Wintzer, A. P., Meek, M. H. & Moyle, P. B. (2011b). Life history and population dynamics of *Moerisia* sp., a non-native hydrozoan, in the upper San Francisco Estuary (U.S.A.). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 94, 48-55.

ANEXO I

**VARIÁVEIS AMBIENTAIS REGISTADAS
DURANTE AS AMOSTRAGENS
DE *B. VIRGINICA* EM 2011**

Variáveis ambientais registadas durante as amostragens de *B. virginica* no estuário do rio Mira no ano de 2011. A sigla TDS corresponde aos sólidos totais dissolvidos. A profundidade de amostragem foi sempre, aproximadamente, a 0.5 m da superfície.

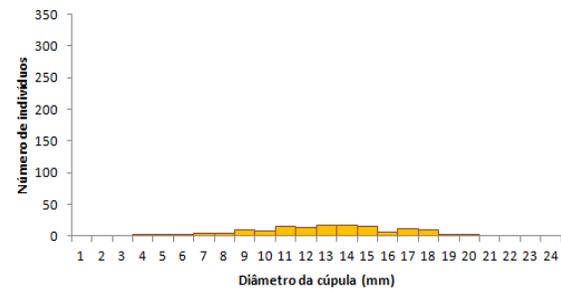
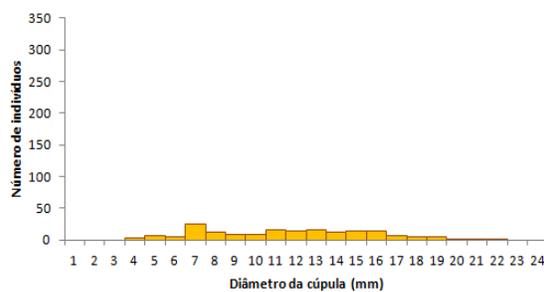
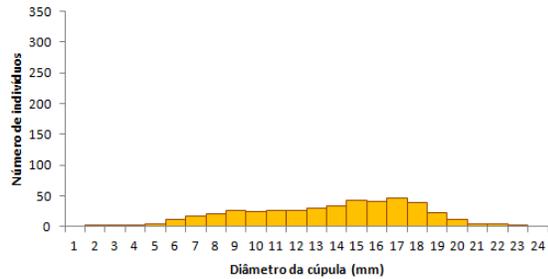
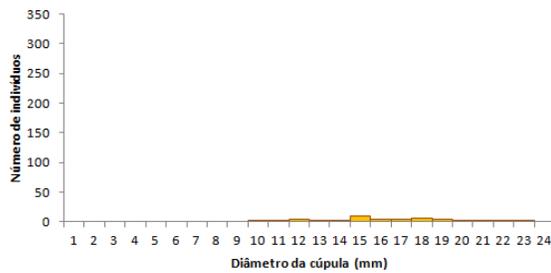
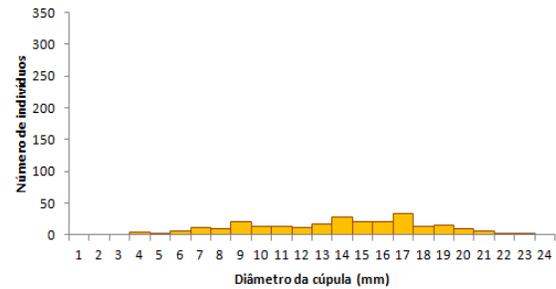
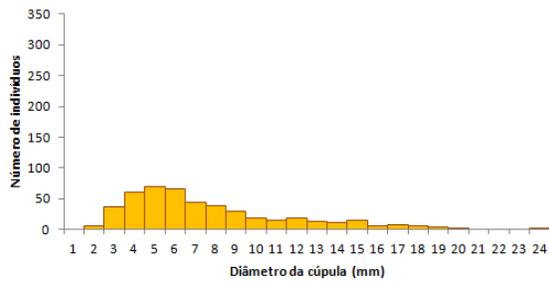
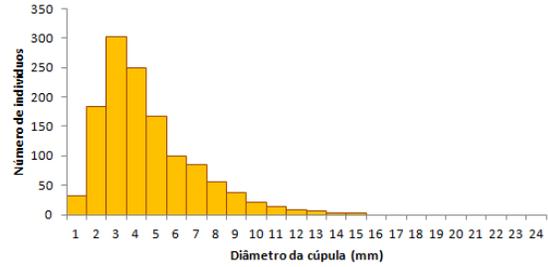
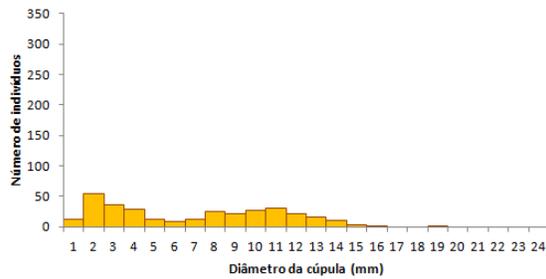
Estação de Amostragem	Salinidade	Temperatura (°C)	Oxigénio Dissolvido		Condutividade (mS/cm ³)	TDS	Profundidade (m)
			(mg/l)	(%)			
1	1.6	25.6	6.8	84.2	3.2	2.0	2.7
2	7.3	26.1	6.1	78.0	13.0	8.3	3.6
3	10.4	26.1	5.9	77.2	18.0	11.4	3.5
4	17.5	25.5	6.2	83.0	28.7	18.5	4
5	23.1	25.0	6.1	84.8	36.6	23.8	4.8
6	29.9	23.4	6.3	88.2	44.6	26.9	6
7	19.9	24.6	5.9	79.0	31.7	20.7	2.2
8	24.4	24.3	5.8	80.8	39.4	39.9	2.1
9	30.8	23.0	6.2	86.2	45.5	30.7	7
10	34.0		6.7	92.9	48.2	33.6	>7
11	36.7	17.4	9.4	123.0	47.2	35.9	4.5
12	36.8	17.2	9.3	120.8	47.1	36.1	>7

ANEXO II

CLASSES DIMENSIONAIS DE

***B. VIRGINICA* EM 2011**

Classes dimensionais de *B. virginica* em 60 ml de cada amostragem de 2011. Os gráficos representados lêem-se da esquerda para a direita e correspondem às estações de amostragem 2 a 9.



ANEXO III

**VARIÁVEIS AMBIENTAIS REGISTADAS
DURANTE AS AMOSTRAGENS
DE *B. VIRGINICA* EM 2012**

Variáveis ambientais registadas à superfície durante as amostragens de *B. virginica* no estuário do rio Mira no ano de 2012. A sigla TDS corresponde aos sólidos totais dissolvidos. A profundidade de amostragem foi sempre, aproximadamente, a 0.5 m da superfície.

Estação de Amostragem	Data da Amostragem	Salinidade	Temperatura (°C)	Oxigénio Dissolvido (mg/l)	Oxigénio Dissolvido (%)	Condutividade (mS/cm ³)	TDS	Profundidade (m)
16h	03-07-2012	31.5	23.8	7.0	100.5	47.2	3.4	31.4
17h		31.2	24.1	6.1	86.1	47.0	3.7	31.1
18h		30.3	24.4	6.2	87.9	46.1	2.9	30.3
19h		28.7	24.6	6.3	89.6	44.1	2.1	28.9
20h		26.5	24.7	6.5	89.8	41.0	1.9	26.9
21h		24.5	24.6	6.6	92.6	38.3	1.5	25.1
22h		23.0	24.5	6.9	94.5	36.0	1.5	23.7
23h		21.9	24.5	7.6	102.8	34.5	1.7	22.7
00h		21.9	24.4	7.3	102.8	34.4	1.8	22.6
01h		24.2	24.4	7.0	96.5	37.7	2.4	24.8
02h		26.8	24.4	6.8	94.6	41.2	3.2	27.1
03h		29.1	24.2	5.7	80.3	44.3	3.7	29.3
04h		30.9	23.9	5.8	81.8	46.3	4.2	30.8
05h		31.2	23.6	6.3	88.7	46.6	4.0	31.1
06h	30.5	23.8	3.9	54.6	45.8	3.8	30.5	
07h	04-07-2012	28.8	24.0	2.6	36.6	43.8	2.6	29.0
08h		26.8	24.1	5.5	76.8	41.1	2.0	27.2
09h		24.5	24.1	5.8	79.6	37.9	1.8	25.1
10h		23.0	24.1	6.4	86.8	35.8	1.4	23.0
11h		22.0	24.3	6.7	90.1	34.4	1.0	22.7
12h		21.5	22.4	6.6	89.0	34.6	1.4	22.7
13h		25.0	24.3	3.1	42.7	38.5	1.9	25.4
14h		27.2	24.5	2.4	31.8	42.0	2.7	27.5
15h		32.0	24.2			48.3	3.5	31.8
16h	32.2	24.0			48.4	3.1	32.0	

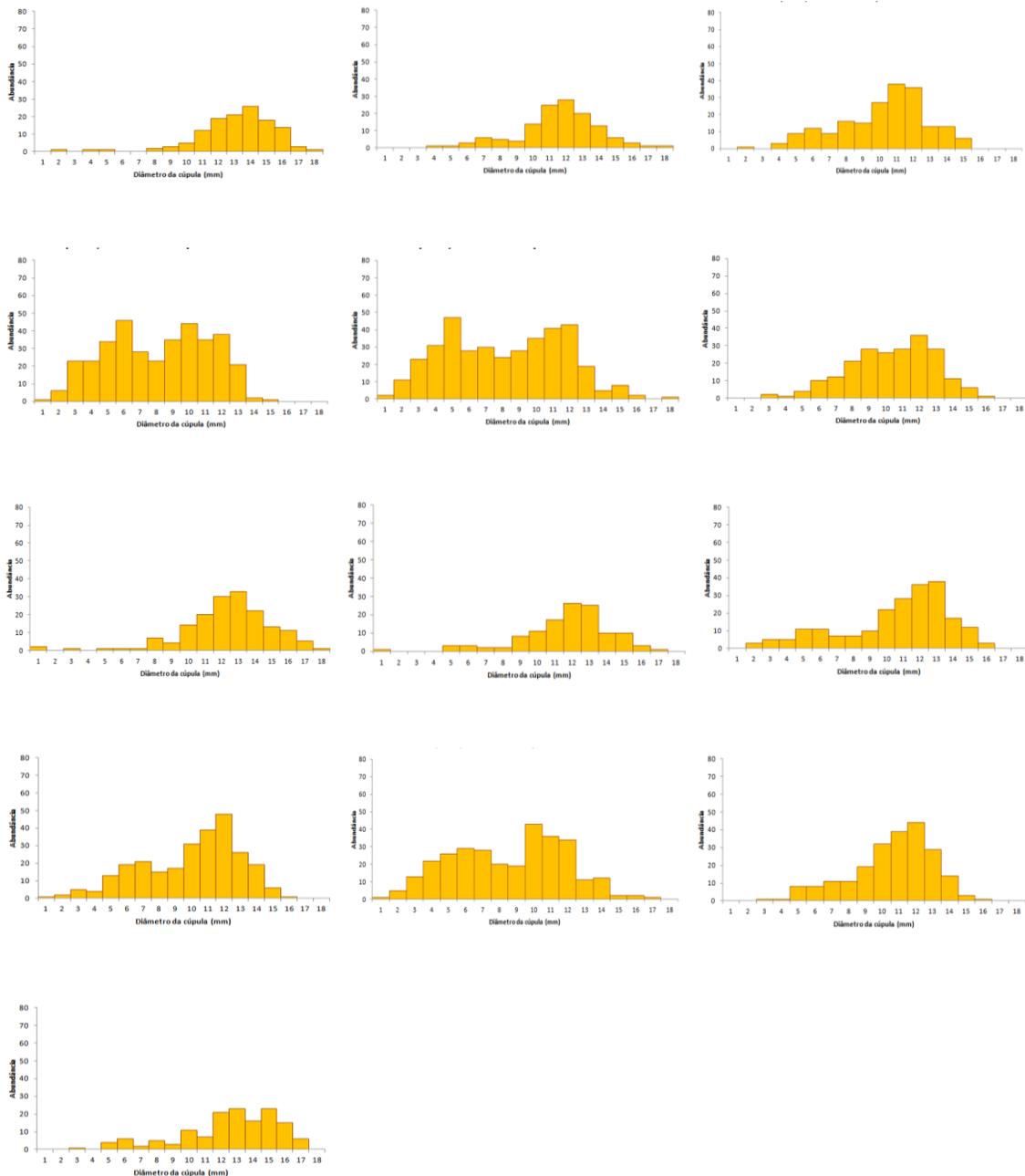
Variáveis ambientais registadas no fundo durante as amostragens de *B. virginica* no estuário do rio Mira no ano de 2012. A sigla TDS corresponde aos sólidos totais dissolvidos. A profundidade de amostragem foi sempre, aproximadamente, a 3 m da superfície.

Estação de Amostragem	Data da Amostragem	Salinidade	Temperatura (°C)	Oxigénio Dissolvido (mg/l)	Oxigénio Dissolvido (%)	Condutividade (mS/cm ³)	TDS	Profundidade (m)
16h	03-07-2012	31.6	23.8	7.4	105.0	47.3	31.5	3.4
17h		31.4	23.9	6.3	89.0	47.2	31.3	3.7
18h		30.4	24.4	6.3	90.3	46.3	30.5	2.9
19h		28.8	24.6	6.5	91.6	44.2	28.9	2.1
20h		26.6	24.7	6.5	90.7	41.2	27.0	1.9
21h		24.6	24.6	6.8	93.2	38.4	25.1	1.5
22h		23.1	24.5	7.0	95.5	36.1	23.7	1.5
23h		22.0	24.4	7.6	103.0	34.5	22.7	1.7
00h		22.3	24.5	7.2	98.4	35.0	23.0	1.8
01h		24.3	24.4	7.0	96.5	37.8	24.9	2.4
02h		26.8	24.4	6.8	94.2	41.3	27.2	3.2
03h		29.2	24.2	5.6	78.6	44.5	29.4	3.7
04h		31.0	23.8	5.7	80.5	46.5	30.9	4.2
05h		31.3	23.7	6.3	89.0	46.8	31.2	4.0
06h	30.6	23.7	3.1	42.4	45.9	30.6	3.8	
07h	04-07-2012	28.7	24.0	2.7	38.4	43.8	29.0	2.6
08h		25.9	24.1	5.5	75.5	41.2	26.4	2.0
09h		24.7	24.1	5.7	78.5	38.2	25.2	1.8
10h		23.1	24.1	6.4	87.2	26.0	23.8	1.4
11h		22.0	24.3	6.7	90.9	34.5	22.7	1.0
12h		22.2	24.3	6.4	86.7	34.7	22.9	1.4
13h		25.0	24.3	3.2	44.0	38.7	25.5	1.9
14h		27.3	24.5	1.8	25.5	42.1	27.6	2.7
15h		32.2	24.2			48.5	32.1	3.5
16h	32.2	24.0	0.1	12.1	48.3	32.0	3.1	

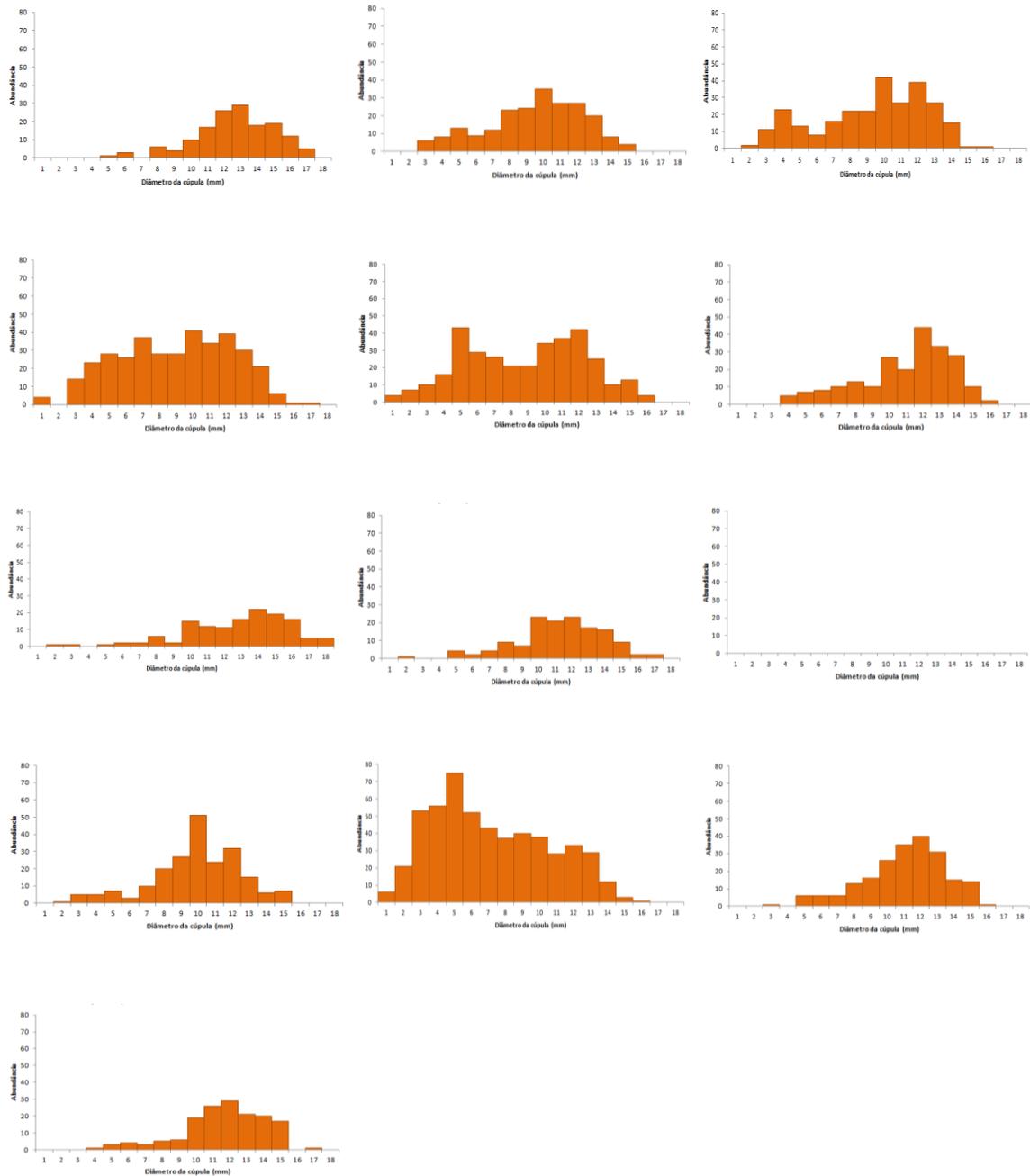
ANEXO IV

CLASSES DIMENSIONAIS DE
***B. VIRGINICA* EM 2012**

Classes dimensionais de *B. virginica* em 60 ml de cada amostragem de 2012 à superfície. Os gráficos representados lêem-se da esquerda para a direita e correspondem a colheitas realizadas com duas horas de intervalo cada, começando às 16h de dia 3 de Julho e acabando às 16h de dia 4 de Julho.



Classes dimensionais de *B. virginica* em 60 ml de cada amostragem de 2012 no fundo. Os gráficos representados lêem-se da esquerda para a direita e correspondem a colheitas realizadas com duas horas de intervalo cada, começando às 16h de dia 3 de Julho e acabando às 16h de dia 4 de Julho.



ANEXO V

**VARIÁVEIS AMBIENTAIS REGISTRADAS
DURANTE AS AMOSTRAGENS
DE *C. FLUMINEA***

Variáveis ambientais registadas em cada estação de amostragem durante as recolhas de *C. fluminea* nos anos 2003, 2004, 2006, 2007 e 2012.

Estação de Amostragem 1

Época do Ano	Ano	Temperatura (°C)	Condutividade (mS/cm ³)	Salinidade	Oxigénio Dissolvido (%)	Oxigénio Dissolvido (mg/l)	Profundidade (m)	pH
Verão	2003	22.3		11.8		4.4	3.1	
Inverno	2004	15.0		0.4		7.9	4.5	
Inverno		14.0	0.8	0.4	137.9	14.6	1.5	6.5
Primavera	2006	25.9	9.2	5.2	80.2	6.3	3.0	7.5
Verão		26.4	24.7	15.0	58.6	4.3	2.9	7.7
Outono		15.6	0.3			0.1	2.7	6.9
Inverno		15.0	0.8	0.4	97.4	9.8	1.8	7.5
Primavera	2007	24.1	3.4	1.8	51.8	4.5	2.2	7.6
Verão		21.5	12.8	7.9	84.5	7.1	3.4	7.1
Outono		11.1	0.4	0.3	39.5	4.3	2.3	8.4
Primavera	2012	14.4	0.4	0.3	94.7	9.7	3.1	12.8

Estação de Amostragem 2

Época do Ano	Ano	Temperatura (°C)	Condutividade (mS/cm ³)	Salinidade	Oxigénio Dissolvido (%)	Oxigénio Dissolvido (mg/l)	Profundidade (m)	pH
Verão	2003	22.0		7.0		3.6	3.1	
Inverno	2004	14.6		0.3		8.5	1.8	
Inverno		13.8	0.7	0.3	133.7	14.0	2.0	6.3
Primavera	2006	24.9	1.7	0.9	103.3	8.5	2.5	7.3
Verão		26.0	11.4	6.5	64.3	5.0	2.8	7.4
Outono		15.5	0.3			0.1	3.2	7.4
Inverno		15.0	0.7	0.4	106.1	10.6	2.0	7.6
Primavera	2007	23.7	1.6	0.8	92.1	7.8	2.9	7.5
Verão		20.5	2.7	1.6	76.8	6.9	2.8	7.1
Outono		11.0	0.3	0.2	33.5	3.7	2.0	8.8
Primavera	2012	14.8	0.4	0.2	95.0	9.6	4.0	12.5

Estação de Amostragem 3

Época do Ano	Ano	Temperatura (°C)	Condutividade (mS/cm ³)	Salinidade	Oxigénio Dissolvido (%)	Oxigénio Dissolvido (mg/l)	Profundidade (m)	pH
Primavera	2012	14.7	0.4	0.2	100.1	10.2	3.7	12.6

Estação de Amostragem 4

Época do Ano	Ano	Temperatura (°C)	Condutividade (mS/cm ³)	Salinidade	Oxigénio Dissolvido (%)	Oxigénio Dissolvido (mg/l)	Profundidade (m)	pH
Verão	2003	21.3		3.9		4.1	2.9	
Inverno	2004	14.3		0.3		8.6	2.5	
Inverno		12.3	0.9	0.5	119.8	12.9	0.8	7.1
Primavera	2006	24.3	1.7	0.8	75.3	6.3	0.4	7.2
Verão		23.6	3.5	1.8	53.4	4.5	0.8	7.4
Outono		15.3	0.5			0.2	0.3	7.3
Inverno		14.3	0.7	0.3	109.6	11.2	0.4	7.5
Primavera	2007	23.7	1.3	0.7	99.4	8.5	1.9	7.8
Verão		18.5	0.9	0.5	87.8	8.1	0.3	7.8
Outono		11.6	0.4	0.2	62.2	6.7	0.8	8.8

Estação de Amostragem 5

Época do Ano	Ano	Temperatura (°C)	Condutividade (mS/cm ³)	Salinidade	Oxigénio Dissolvido (%)	Oxigénio Dissolvido (mg/l)	Profundidade (m)	pH
Inverno		17.0	0.6	0.3	110.1	10.6	0.5	6.6
Primavera	2006	20.5	0.8	0.4	60.1	5.4	0.5	7.3
Verão		21.2	1.2	0.6	45.2	4.0	0.5	7.0
Outono		15.1	0.4			0.2	0.4	7.0
Inverno		15.4	0.6	0.3	101.9	10.2	0.5	7.3
Primavera	2007	20.5	0.8	0.4	89.1	7.9	0.4	7.4
Verão		17.6	0.6	0.4	84.6	8.0	0.3	7.8
Outono		11.7	0.4	0.2	75.8	8.21	0.5	8.1

Estação de Amostragem 6

Época do Ano	Ano	Temperatura (°C)	Condutividade (mS/cm ³)	Salinidade	Oxigênio Dissolvido (%)	Oxigênio Dissolvido (mg/l)	Profundidade (m)	pH
Inverno	2006	12.9	0.7	0.4	118.3	12.5	0.6	6.3
Primavera		19.6	0.8	0.4	63.5	5.8	0.5	7.0
Verão		19.5	0.7	0.4	39.3	3.6	0.6	7.0
Outono		15.1	0.4			0.2	0.4	7.2
Inverno	2007	14.5	0.6	0.3	97.0	9.7	0.6	7.4
Primavera		18.3	0.8	0.7	94.4	9.0	0.5	7.7
Verão		17.3	0.6	0.4	88.8	8.5	0.5	7.7
Outono		11.7	0.4	0.2	74.7	8.1	0.6	8.3

Estação de Amostragem 7

Época do Ano	Ano	Temperatura (°C)	Condutividade (mS/cm ³)	Salinidade	Oxigênio Dissolvido (%)	Oxigênio Dissolvido (mg/l)	Profundidade (m)	pH
Inverno	2006	17.2	0.7	0.3	104.0	10.0	0.5	6.5
Primavera		19.4	0.8	0.4	53.5	4.9	0.7	6.9
Verão		19.4	0.7	0.3	41.0	3.8	0.6	6.7
Outono		15.1	0.4			0.2	0.2	7.8
Inverno	2007	15.6	0.7	0.3	103.1	10.2	0.7	7.4
Primavera		20.6	0.9	0.5	69.3	6.2	0.4	8.0
Verão		17.6	0.6	0.4	84.0	7.9	0.7	7.8
Outono		11.6	0.4	0.2	70.3	7.6	0.8	8.4