



INSTITUTO  
SUPERIOR DE  
AGRONOMIA  
*Universidade de Lisboa*

**UNIVERSIDADE DE ÉVORA**

**ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS**

DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

**UNIVERSIDADE DE LISBOA**

**INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA**

**Disponibilidade larvar, recrutamento,  
estrutura dimensional e crescimento de  
percebes (*Pollicipes pollicipes*) no Cabo de  
Sines**

**Margarida Isabel Camelo Figueira**

Orientação: Professora Doutora Teresa Cruz

Co-orientação: Mestre David Jacinto

Co-orientação: Mestre Joana Fernandes

**Mestrado em Gestão e Conservação dos Recursos Naturais**

Dissertação

Évora, 2015



INSTITUTO  
SUPERIOR DE  
AGRONOMIA  
*Universidade de Lisboa*

**UNIVERSIDADE DE ÉVORA**

**ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS**

DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

**UNIVERSIDADE DE LISBOA**

**INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA**

**Disponibilidade larvar, recrutamento,  
estrutura dimensional e crescimento de  
percebes (*Pollicipes pollicipes*) no Cabo de  
Sines**

**Margarida Isabel Camelo Figueira**

Orientação: Professora Doutora Teresa Cruz

Co-orientação: Mestre David Jacinto

Co-orientação: Mestre Joana Fernandes

**Mestrado em Gestão e Conservação dos Recursos Naturais**

Dissertação

Évora, 2015

# Índice

Agradecimentos	I
Resumo	II
Abstract	III
Lista de figuras	IV
Lista de tabelas	VII
1. Introdução	1
2. Objetivos gerais e específicos	9
3. Métodos	11
3.1. Área de estudo	11
3.2. Trabalho de campo e laboratório	13
3.2.1. Disponibilidade larvar	13
3.2.2. Recrutamento	17
3.2.3. Estrutura dimensional	18
3.2.4. Crescimento	20
3.3. Análise estatística	22
3.3.1. Disponibilidade larvar no Cabo de Sines e na Marina do Porto de Sines	22
3.3.2. Disponibilidade larvar na Marina do Porto de Sines e o recrutamento de percebes no Cabo de Sines	22
3.3.3. Variação intra-anual do recrutamento e temperatura da água do mar	22
3.3.4. Variação inter-anual do recrutamento e temperatura da água	23
3.3.5. Variação inter-anual da biomassa, densidade e estrutura dimensional	23
3.3.6. Crescimento	24
3.3.7. Variação inter-anual da biomassa e densidade de juvenis ( $RC \leq 10$ mm) em Maio/Junho	25
4. Resultados	26
4.1. Disponibilidade larvar no Cabo de Sines e na Marina do Porto de Sines	26
4.2. Disponibilidade larvar na Marina do Porto de Sines e o recrutamento de percebes no Cabo de Sines	27
4.3. Variação intra-anual do recrutamento e temperatura da água do mar	32
4.4. Variação inter-anual do recrutamento e temperatura da água	33
4.5. Variação inter-anual da biomassa, densidade e estrutura dimensional	34
4.6. Crescimento	41
4.7. Variação inter-anual da biomassa e densidade de juvenis ( $RC \leq 10$ mm) em Maio/Junho	44
5. Discussão	47
6. Conclusões	54
7. Referências bibliográficas	55

## **Agradecimentos**

Com a realização desta tese fecha-se mais um importante ciclo e deste modo não posso deixar de expressar a todos aqueles que de uma maneira ou de outra me ajudaram e apoiaram.

Agradeço em primeiro lugar à Professora Doutora Teresa Cruz por me ter acolhido e orientado durante toda a realização desta tese. Agradeço também todo o carinho, amizade, todo a paciência, apoio e incentivo demonstrado ao longo de todo este tempo, não podendo de qualquer maneira deixar de agradecer todas as sugestões apresentadas durante a escrita da tese. Ao David e à Joana, agradeço por todo o tempo dedicado, pela sinceridade, simpatia, paciência e por toda a ajuda prestada não só a nível da realização da tese como também ao nível da escrita e trabalho de laboratório.

Agradeço ao Professor João Castro por me ter deixado usufruir do CIEMAR como uma segunda casa.

Agradeço à minha mãe Florinda, ao meu pai Francisco e aos meus avós, a quem devo tudo o que sou. Quero agradecer por todo o apoio motivacional e monetário, a ajuda e carinho que sempre demonstraram. Por nunca deixarem de acreditar em mim e nunca me deixarem desistir. Sem eles nunca teria conseguido.

Agradeço a todos os meus amigos que ficaram da família que formei em Évora durante a Licenciatura e Mestrado, por toda a verdadeira amizade e carinho ao longo destes anos.

Em especial, agradeço especialmente à Juliana Gonçalves pelo apoio dado especialmente durante estes últimos anos, uma amiga com quem sempre pude contar e que sei que estará sempre lá para tudo.

Agradeço ao David Mateus por ter abdicado das suas férias de verão para me ajudar no trabalho prático desenvolvido no laboratório, que por sinal era muito, bem como por todos os desabafos, incentivo e verdadeira amizade.

Obrigado André Carrilho, que conseguiste ser ainda mais teimoso que eu e que à tua maneira, soubeste incentivar e motivar. Agradeço teres estado este tempo todo do meu lado. Por último, mas não menos importante, quero agradecer aos “Guidinhos”, à Rita Freitas, Ricardo Branca, ao “grupo do Jorge” e entre tantos outros tantos, pelos dias bem passados, por todos os conselhos e pela amizade verdadeira que juntos criámos.

## **Resumo**

O percebe (*Pollicipes pollicipes*) é o recurso económico mais importante da zona intertidal da costa rochosa Portuguesa. A abundância de larvas *cypris* (ultimo estado larvar) de percebe na Marina do Porto de Sines foi positivamente relacionada com a abundância de *cypris* e com o recrutamento de percebes no Cabo de Sines. O recrutamento de percebes foi mais intenso em 2012 do que em 2011 e 2013 (verão e outono) e esta variação não parece estar relacionada com a temperatura da água do mar. Foi estudada a variabilidade entre habitats (de cima e de baixo) e inter-anual (primavera de 2012, 2013 e 2014) da biomassa e densidade (total e de juvenis, e respectiva estrutura dimensional), tendo sido observado: uma maior biomassa e densidade no habitat de cima do que no de baixo em 2012, mas o mesmo não foi observado em 2013 e 2014; uma maior biomassa e densidade de forma geral no habitat de baixo em 2013 do que em 2012 e 2014 (primavera) que poderá estar relacionado com a maior intensidade do recrutamento no verão e outono de 2012 (padrão não evidente no habitat de cima). A taxa de crescimento de *P. pollicipes* diminuiu com o aumento do RC (distância entre as placas Rostrum e Carina). O crescimento médio mensal de percebe variou entre 0.3mm e 0.9mm (RC).

**Palavras-chave:** disponibilidade larvar, recrutamento, crescimento, estrutura dimensional, percebes, Cabo de Sines

## **Abstract**

“Larval availability, recruitment, size structure and growth of the gooseneck barnacle (*Pollicipes pollicipes*) at Cape of Sines”

The stalked barnacle *Pollicipes pollicipes* is the most important economical resource in portuguese rocky shores. Cyprid (last larval stage) abundance in the Marina of Sines was positively related with the cyprid abundance and the recruitment of *P. pollicipes* in the Cape of Sines. Recruitment was higher in 2012 than in 2011 and 2013 (summer/autumn). This pattern was not related with the inter-annual variability of seawater temperature. Habitat (low and high shore) and inter-annual (spring of 2012, 2013 and 2014) variability of biomass and density (total, of juveniles, and respective size structure) showed: a higher biomass and density in the high shore in 2012, but not in 2013 and 2014; a higher density and biomass in general in the low shore in 2013 than in 2012 and 2014 that might be related to the higher recruitment observed in 2012 (pattern not evident in the high shore). Growth rate of *P. pollicipes* diminished with size (RC, rostral-carinal distance) Mean monthly growth varied between 0.3mm e 0.9mm (RC).

**Key-words:** larval availability, recruitment, size structure, growth, stalked barnacles, Cabo de Sines

## Lista de figuras

- Figura 1:** Esquema representativo do ciclo de vida de *P. pollicipes*, desenho de Telma Costa; **a:** estado larvar *nauplius*; **b:** estado larvar *cypris*; **c:** juvenil de *P. pollicipes*; **d:** adulto de *P. pollicipes*. **Nota:** no destaque do pedúnculo, as respetivas escamas não estão à escala correta em relação ao tamanho da larva *cypris*..... 3
- Figura 2: A:** Localização dos locais de amostragem em Portugal. **B:** Localização dos locais de amostragem na região de Sines; **1:** Cabo de Sines; **2:** Marina do Porto de Sines..... 12
- Figura 3A:** Amostragem na Marina do Porto de Sines; arrasto neustónico junto à plataforma flutuante ..... 14
- Figura 3B:** Amostragem na Marina do Porto de Sines, lavagem do copo para recolha da amostra ..... 14
- Figura 4:** Ilustração das várias partes que constituem a “*cypris-trap*”: parte fixa à rocha (1., 2. e 3.) e parte amovível (4. a 10.), segundo Cruz et al., (2013) ..... 15
- Figura 5:** “*Cypris-trap*” fechada e colocada na zona intertidal, pronta a recolher as larvas *cypris*..... 16
- Figura 6: A:** Variável linear utilizada neste estudo, RC- distância máxima medida entre as placas *rostrum* e *carina*; *Capitulum* composto por 4 placas principais - **1:rostrum**, **2:carina**, **3:tergum**, **4:scutum**, adaptado de Cruz, 2000. **B:**Adulto de *P. pollicipes* com vários juvenis e recrutas agarrados ao pedúnculo. Representação do índice de recrutamento usado neste trabalho (apenas contados os recrutas com RC<1 mm), adaptado de Macho, 2006..... 17
- Figura 7:** Placas *scutum* e *tergum* esquerdos de um juvenil marcado com calceína (indicação da marca de calceína nas placas iniciais do *capitulum*). As setas mostram as medidas efetuadas (sc\_i – tamanho inicial do *scutum*, sc\_f – tamanho final do *scutum*; tg\_i – tamanho inicial do *tergum*, tg\_f – tamanho final do *tergum*) para cada placa ..... 21
- Figura 8:** Amostragem de *cypris* de percebe com recurso a armadilhas “*cypris-trap*” colocadas na Marina do Porto de Sines (MAR) e no Cabo de Sines (CS) entre 13 de agosto e 30 de setembro de 2012. Número médio de *cypris* de *P. pollicipes* por armadilha “*cypris-trap*” ( $\pm$  erro padrão; N=2). A periodicidade da amostragem foi de 4 dias. X- representa as datas em que foram perdidas as armadilhas durante o período de amostragem..... 26

<b>Figura 9:</b> Amostragem da disponibilidade larvar de <i>cypris</i> de percebe realizada na Marina do Porto de Sines com recurso a arrastos neustónicos realizados semanalmente entre 1 de agosto de 2012 a 26 de dezembro de 2012 e entre 2 de maio de 2013 a 19 de dezembro de 2013 (número de <i>cypris</i> .m <sup>-3</sup> ). X- representa as datas não amostradas.....	<b>28</b>
<b>Figura 10:</b> Índice de recrutamento ( <i>cypris</i> e juvenis - RC<1mm por percebe hospedeiro (média ± erro padrão)) no Cabo de Sines entre 25 de janeiro de 2011 a 18 de junho de 2014 (linha tracejada a preto). O número de percebes hospedeiros amostrados por data foi de 50. Disponibilidade larvar de <i>cypris</i> realizada na Marina do Porto de Sines com recurso a arrastos neustónicos feitos semanalmente entre 1 de agosto de 2012 a 26 de dezembro de 2012 e entre 2 de maio de 2013 a 19 de dezembro de 2013 (barras a azul) .....	<b>29</b>
<b>Figura 11:</b> Relação entre a densidade de <i>cypris</i> amostradas nos arrastos neustónicos realizados na Marina do Porto de Sines até um mês antes data de amostragem do índice de recrutamento e o índice de recrutamento de percebe no Cabo de Sines (Correlação de <i>Spearman</i> $r_s=0.613$ ; $P=0.034$ ). Período de amostragem foi o mesmo que está representado na Tabela I .....	<b>31</b>
<b>Figura 12:</b> Temperatura média mensal da água do mar na Marina do Porto de Sines registada pelo termómetro colocado a 3m da superfície da água durante os meses de junho a dezembro de 2011, 2012 e 2013.....	<b>32</b>
<b>Figura 13:</b> Relação entre a temperatura da água do mar até um mês antes da data de recrutamento e o recrutamento no Cabo de Sines (Correlação de <i>Spearman</i> ; $r_s=0.139$ ; $P=0.472$ ) .....	<b>33</b>
<b>Figura 14:</b> Média de recrutamento no Cabo de Sines (média ± erro padrão) entre agosto e outubro de 2011, 2012 e 2013 e a temperatura da água do mar (°C) da Marina do Porto de Sines, registada pelo termómetro a 3m da superfície.....	<b>34</b>
<b>Figura 15:</b> Variação inter-anual da biomassa global por m <sup>2</sup> em dois níveis verticais (habitat de baixo: barras escuras; habitat de cima: barras claras) .....	<b>35</b>
<b>Figura 16:</b> Variação inter-anual da densidade global por m <sup>2</sup> em dois níveis verticais (habitat de baixo: barras escuras; habitat de cima: barras claras).....	<b>35</b>
<b>Figura 17:</b> Frequência absoluta da biomassa (kg por m <sup>2</sup> ) de <i>P. pollicipes</i> (média ± erro padrão; n=3) em dois níveis verticais estudados (habitat de cima: barras mais claras; habitat de baixo: barras mais escuras) no Cabo de Sines em 2012, 2013 e 2014 (final da Primavera), nas diferentes classes dimensionais (RC) consideradas.....	<b>38</b>



- Figura 18:** Densidade expressa pela frequência absoluta do número ( $\times 10^3$ ) de *P. pollicipes* por  $m^2$  (média  $\pm$  erro padrão;  $n=3$ ) nos dois níveis em dois níveis verticais estudados (habitat de cima: barras mais claras; habitat de baixo: barras mais escuras) no Cabo de Sines em 2012, 2013 e 2014 (final da primavera), nas diferentes classes dimensionais (RC) consideradas ..... 39
- Figura 19:** Relação entre o RC final (RC\_f) com o comprimento máximo (sd\_f) das placas *scutum* direito ..... 42
- Figura 20:** Variação entre o crescimento individual mensal (dRC30) e o tamanho inicial (RC\_i) de *P. pollicipes* na primavera (17 de março a 27 de maio) nos dois habitats (cima: pontos mais claros; baixo: pontos mais escuros) ..... 42
- Figura 21:** Crescimento médio mensal (dRC30 mm) (média  $\pm$  erro padrão) em diferentes classes dimensionais de RC (habitat de cima: barras mais claras; habitat de baixo: barras mais escuras) no Cabo de Sines. O número de percebes amostrado em cada classe e habitat está referido em cima de cada barra ..... 43
- Figura 22:** Biomassa de *P. pollicipes* por  $m^2$  da classe de juvenis ( $RC \leq 10$  mm) em maio/junho, nos 2 habitats estudados em 2012, 2013, 2014 (média  $\pm$  erro padrão;  $n=3$ ); (habitat de cima: barras mais claras; habitat de baixo: barras mais escuras) no Cabo de Sines ..... 44
- Figura 23:** Densidade de *P. pollicipes* por  $m^2$  da classe de juvenis ( $RC \leq 10$  mm) em maio/junho, nos 2 habitats estudados em 2012, 2013, 2014 (média  $\pm$  erro padrão;  $n=3$ ); (barras claras – habitat de cima; barras escuras – habitat de baixo).... 45

## Lista de Tabelas

- Tabela I:** Densidade média de *cypris* de percebe com base nos arrastos semanais realizados na Marina do Porto de Sines e efetuados até um mês anterior à data de medição do recrutamento, data de amostragem do índice de recrutamento no Cabo de Sines e respetiva medição (datas consideradas no período de maior recrutamento, índice >5)..... 30
- Tabela II:** Análise de variância da biomassa de percebes (N=3), em relação aos fatores em estudo: habitat (ha) – fixo, ortogonal com 2 níveis (cima e baixo); ano (an) – fixo, ortogonal com 3 níveis (2012, 2013, 2014). Legenda: SQ – soma dos quadrados; MQ – média dos quadrados. Dados não transformados. Teste de Cochran foi não significativo (C=0.4044).....36
- Tabela III:** Análise de variância da densidade de percebes (N=3), em relação aos fatores em estudo: habitat (ha) – fixo, ortogonal com 2 níveis (cima e baixo); ano (an) – fixo, ortogonal com 3 níveis (2012, 2013, 2014). Legenda: SQ – soma dos quadrados; MQ – média dos quadrados. Dados transformados com logaritmo de base 10. Teste de Cochran foi não significativo (C=0.3682) .....36
- Tabela IV:** Análise multivariada com permutações (PERMANOVA) da biomassa (kg por m<sup>2</sup>) de percebes (N=3), em relação aos fatores: ano (an); habitat (ha). Legenda: g.l – graus de liberdade; SQ – soma dos quadrados; MQ – média dos quadrados... 40
- Tabela V:** Análise multivariada com permutações (PERMANOVA) da densidade de percebes (N=3), em relação aos fatores: ano (an); habitat (ha). Legenda: g.l – graus de liberdade; SQ – soma dos quadrados; MQ – média dos quadrados.....41
- Tabela VI:** Análise univariada com permutações (PERMANOVA) da taxa de crescimento mensal de percebes (dRC30), em relação aos fatores classe (cl) e habitat (ha). Legenda: g.l – graus de liberdade; SQ – soma dos quadrados; MQ – média dos quadrados... 44
- Tabela VII:** Análise de variância da biomassa de percebes (N=3), em relação aos fatores em estudo: habitat (ha) – fixo, ortogonal com 2 níveis (cima e baixo); ano (an) – fixo, ortogonal com 3 níveis (2012, 2013, 2014). Legenda: SQ – soma dos quadrados; MQ – média dos quadrados. Dados transformados com raiz quadrada. Teste de Cochran foi não significativo (C=0.5644) .....45
- Tabela VIII:** Análise de variância da densidade de percebes (N=3), em relação aos fatores em estudo: habitat (ha) – fixo, ortogonal com 2 níveis (cima e baixo); ano (an) – fixo, ortogonal com 3 níveis (2012, 2013, 2014). Legenda: SQ – soma dos quadrados; MQ – média dos quadrados. Dados transformados por log10. Teste de Cochran foi não significativo (C=0.3205).....46

## **1. Introdução**

A espécie *Pollicipes pollicipes*, vulgarmente designada por percebe, é um crustáceo cirrípede pedunculado que pode ser encontrado ao longo da costa Atlântica, desde a Bretanha (França) até ao Senegal, sendo raro no Mediterrâneo (Barnes, 1996). Esta espécie habita quase exclusivamente na zona intertidal de zonas expostas a forte ondulação (Molares, 1993; Barnes, 1996), formando aglomerados de indivíduos (“pinhas”) que estão fixos à rocha, em associação com mexilhões (*Mytilus galloprovincialis*), cracas (*Perforatus perforatus* e *Chthamalus montagui*) (Macho, 2006) e algas. É descrito por diversos autores que *P. pollicipes* (Cruz, 2000; Molares & Freire, 2003; Borja *et al.*, 2006) pode atingir abundâncias mais elevadas em locais com elevado hidrodinamismo. Os percebes são suspensívoros (Anderson, 1994).

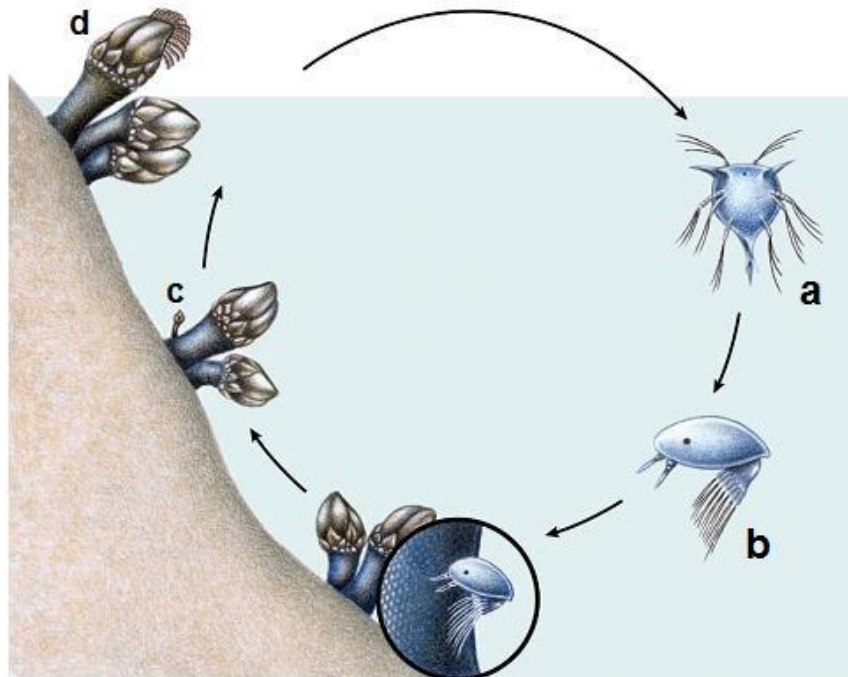
Tanto em Portugal como em Espanha, o percebe apresenta um elevado valor económico, sendo um dos recursos marinhos da zona intertidal rochosa que são mais explorados pelo Homem (Cruz *et al.*, 2010). O risco associado à sua exploração por parte dos apanhadores, tanto profissionais como lúdicos, é bastante elevado, devido ao facto de os locais de exploração serem a maior parte das vezes bastante perigosos, de difícil acesso e com elevado hidrodinamismo. Estes fatores juntamente com a sazonalidade da procura e da oferta do recurso que pode ser baixa poderão refletir-se no elevado preço que está associado à sua venda, podendo os percebes, em restaurantes, custar mais de 150€ por quilograma (Cruz *et al.*, 2010).

Os padrões de distribuição e abundância de *P. pollicipes* em várias regiões da costa Portuguesa foram alvo de alguns estudos (Cruz, 2000; Sousa *et al.*, 2013). Sousa *et al.*, (2013) fazem referência à diferente regulamentação relativa à exploração de percebe da espécie *P. pollicipes* ao longo da costa portuguesa. A sua exploração encontra-se sujeita a uma legislação diferente ao longo da costa portuguesa, onde podem distinguir-se quatro regiões: Reserva Natural das Berlengas (RNB) e o Parque Marinho Prof. Luiz Saldanha (PMLS), que se localizam na costa centro; o Parque Natural do Sudoeste Alentejano e Costa Vicentina (PNSACV); e a restante costa (Sousa *et al.*, 2013). A hipótese de que existiriam maiores percentagens de cobertura, densidade e biomassa de *P. pollicipes* em áreas interditas à sua exploração não foi suportada no estudo realizado por estes autores. Não foram ainda encontradas diferenças consistentes nos padrões de distribuição e abundância desta espécie ao longo das áreas sujeitas a diferentes regimes de exploração. Com base neste estudo, foram também geralmente

encontrados valores mais elevados da percentagem de cobertura, densidade e biomassa de *P. pollicipes* no habitat superior que no inferior, nomeadamente em áreas que se encontram sujeitas a exploração. Estes autores sugerem ainda que a ausência de padrões mais claros entre as áreas onde a exploração é permitida e onde esta não ocorre ou é feita apenas por profissionais, pode estar relacionada com o facto de a aplicação das restrições a que estas áreas estão sujeitas serem recentes, estarem em constante alteração e a maioria não ser respeitada.

O litoral sudoeste português apresenta grandes extensões de rochas expostas diretamente à ondulação dominante de noroeste (NW) (Costa *et al.*, 2001), tornando-se uma zona privilegiada da ocorrência desta espécie e por conseguinte um local favorável à exploração dos percebes por parte dos apanhadores. É também opinião generalizada, especialmente da parte de quem faz desta atividade profissão, que a abundância de percebe nesta costa tem sofrido uma considerável diminuição nas últimas décadas (Cruz, 2000; Cruz *et al.*, em revisão). Com base neste último estudo, estes autores sugeriram que o estado do percebe no PNSACV foi considerado como apresentando uma tendência negativa, segundo dados de biomassa e tamanho apresentados por esta espécie nesta região e em comparação com outros locais, e como apresentando uma tendência estável com base nos resultados de inquéritos realizados a mariscadores profissionais do PNSACV. Estes resultados são ainda especialmente preocupantes tendo em conta que, para além da intensa exploração diária feita pelos apanhadores profissionais, foi também recentemente autorizada uma duplicação da quantidade máxima de percebes que um apanhador lúdico pode apanhar no PNSACV (2 kg, Portaria n.º 14/2014).

O percebe é um hermafrodita simultâneo (Cruz & Hawkins, 1998) e realiza fecundação interna cruzada através de uma pseudo-cópula, onde um dos indivíduos atua como macho funcional e o outro como fêmea funcional (Anderson, 1994). A maioria dos organismos bentónicos, como é o caso do percebe, produzem larvas planctónicas que se distribuem na coluna de água. No desenvolvimento larvar dos cirrípedes, as larvas passam por seis estados *nauplius* e um último estado *cypris* (Anderson, 1994). No estado de *nauplius* VI a larva sofre uma metamorfose estrutural e funcional (Anderson, 1994) transformando-se em *cypris*, adquirindo uma forma fusiforme totalmente diferente das larvas *nauplius*. As larvas *cypris* exploram, seleccionam e fixam-se a um substrato, dando origem a um juvenil após a metamorfose de pós-fixação (Anderson, 1994). O ciclo de vida de *P. pollicipes* está ilustrado na figura 1.



**Figura 1:** Esquema representativo do ciclo de vida de *P. pollicipes*, desenho de Telma Costa; **a:** estado larvar *nauplius*; **b:** estado larvar *cypris*; **c:** juvenil de *P. pollicipes*; **d:** adulto de *P. pollicipes*. **Nota:** no destaque do pedúnculo, as respectivas escamas não estão à escala correta em relação ao tamanho da larva *cypris*.

O desenvolvimento larvar de espécies bentônicas litorais pode ocorrer longe dos locais de fixação, e deste modo, o processo de transporte das larvas até à costa tem sido alvo de alguns estudos, sendo a sua compreensão importante para o estudo da dinâmica populacional e até mesmo da distribuição geográfica das espécies (Pineda, 2000).

Segundo Pineda (2000) o transporte larvar é uma componente chave determinante da taxa de fixação das larvas a um substrato, em função de uma hierarquia de processos (a disponibilidade de larvas na coluna de água, os processos físicos do transporte de larvas, o comportamento hidrodinâmico e a disponibilidade do substrato para fixação), onde a quantidade de larvas disponíveis vai diminuindo à medida que estes processos vão decorrendo. Assim, o número de larvas que se fixa e atinge o estado adulto é muito menor do que o das que eclodiram.

Os padrões de distribuição e abundância de espécies bentônicas intertidais, como é o caso do percebe, podem ser explicados tanto por processos de pré-assentamento larvar como os acima referidos, como por processos de pós-assentamento. A predação, a competição por espaço e as perturbações físicas são processos que poderão influenciar negativamente as populações após o assentamento larvar.

A configuração da linha de costa, caracterizada pela ocorrência de baías ou zonas mais abrigadas devido à existência de cabos, poderá potencialmente influenciar a variação da disponibilidade das larvas que assentam num determinado local. Em regiões de *upwelling* (afloramento costeiro) o fornecimento de larvas é maior nas zonas mais abrigadas por cabos, podendo, por outro lado, em zonas mais expostas, o afloramento costeiro afastar as larvas da costa (Wing *et al.*, 1995a,b). Um estudo conduzido por Morgan (2006) em Bodega Bay, na Califórnia, mostrou que a maioria das larvas se fixaram na zona que se encontrava abrigada pelo cabo. Este autor sugere ainda, que estes padrões já foram observados em outros locais por outros autores (Murdoch, 1989; Wing *et al.*, 1995a,b; Graham e Largier, 1997), em zonas que se encontravam abrigadas por cabos de grandes dimensões. Numa revisão de diversos estudos (Gaines e Bertness, 1992; Wing *et al.* 1995b, 1998), Morgan (2006), considerou que existe um aumento da abundância de zooplâncton e da fixação das larvas em locais mais abrigados do vento, em pequenas baías. Compreender os mecanismos físicos de transporte das larvas até aos locais de fixação, bem como os processos físicos relacionados com o *upwelling* tem sido também alvo de alguns estudos (Parrish *et al.*, 1981; Farrell *et al.*, 1991; Roughgarden *et al.*, 1991; Graham *et al.*, 1992; Yoklavich *et al.*, 1996; Shkedy & Roughgarden, 1997; Pineda, 1999; Lundquist *et al.*, 2000; Wing *et al.*, 2003).

A costa de Portugal continental está sujeita a afloramento costeiro, nomeadamente durante o verão (Wooster *et al.*, 1976; Fiúza *et al.*, 1982; Fiúza, 1984; Santos *et al.*, 1997) e tem uma configuração que engloba cabos mais ou menos proeminentes e zonas abrigadas imediatamente a sul desses cabos, pois a ondulação marítima na costa portuguesa é predominantemente de NW (Costa *et al.*, 2001).

O afloramento costeiro português faz parte de um sistema mais geral de afloramento costeiro, que se estende desde o noroeste de Espanha até à costa oeste africana, a cerca de 15° N (Wooster *et al.*, 1976). O processo de afloramento costeiro pode sofrer variações devido à alteração dos ventos, em intensidade e rumo, à estrutura vertical da água, à variação na batimetria e ainda à instabilidade das correntes (Mann & Lazier, 1996). Este processo está relacionado com o aumento da produtividade primária que ocorre na costa Portuguesa no período entre junho e outubro (Sousa & Bricaud, 1992). Macho (2006), com base em outros estudos (Gaines *et al.*, 1985; Yong, 1987; Miron *et al.*, 1995, 1999) refere que o afloramento costeiro tem sido considerado como um fator importante para explicar a variabilidade do recrutamento de espécies costeiras.

O recrutamento de invertebrados marinhos e o modo como este influência a dinâmica das populações tem sido amplamente estudado (Menge & Sutherland, 1987; Menge & Farrel, 1989; Sutherland, 1990; Menge, 1991). Deste modo, é fundamental estudar os padrões de recrutamento e os fatores que afetam a sua variabilidade tanto no espaço como no tempo de modo a melhor compreender as comunidades marinhas (Thorson, 1950).

O recrutamento de *P. pollicipes* pode ser relativamente fácil de monitorizar, uma vez que as larvas *cypris* se fixam intensamente nos indivíduos de maiores dimensões da mesma espécie (Hoffman, 1989; Barnes, 1996). Kugele e Yule (1993, 2000) observaram ainda que pode existir uma deslocação ativa dos juvenis ao longo dos indivíduos adultos em *P. pollicipes*, o que indica que os juvenis possam deixar os percebes hospedeiros e fixarem-se ao substrato rochoso em redor.

Para além do recrutamento em indivíduos da mesma espécie, foi também observado em *P. polymerus* (espécie de percebe que ocorre na costa oeste da América do Norte) recrutamento em outras superfícies, como por exemplo em fendas e tapetes de algas, sendo que a maioria desses recrutas desapareceram possivelmente por predação por parte de caranguejos e poliquetas (Bernard, 1988). Desta forma, o recrutamento em indivíduos da mesma espécie parece conferir aos percebes juvenis uma maior proteção reduzindo o *stress* físico e biológico (Bernard, 1988; Satchell & Farrel, 1993; Barnes, 1996).

Existem já alguns dados sobre a variabilidade temporal do recrutamento de *P. pollicipes* na costa ibérica, nomeadamente nas Astúrias (De la Hoz e Garcia, 1993), na Galiza (Molares, 1994a; Macho, 2006) e em Portugal (Cruz, 2000; Cruz *et al.*, 2010). Os períodos de maior recrutamento são o verão e o outono, embora possa existir recrutamento reduzido no resto do ano (Cruz, 2000; Pavón, 2003). No entanto, nestes estudos foram utilizados diferentes índices de recrutamento: o número de *cypris* e juvenis de diferentes tamanhos fixos aos adultos (De la Hoz e Garcia, 1993; Cruz, 2000; Cruz *et al.*, 2010; Pavón, 2003) e a percentagem de adultos com percebes fixos (Molares, 1994a) ou com percebes juvenis (Macho, 2006).

O recrutamento é o resultado da disponibilidade larvar e da fixação e sobrevivência dos juvenis até ao momento da observação. A disponibilidade larvar pode variar em consequência de processos biológicos associados à reprodução dos adultos, bem como à mortalidade das larvas, e por processos físicos como o vento, as correntes marítimas, as marés e o hidrodinamismo (Macho, 2006). A quantificação da

disponibilidade larvar junto à costa, nomeadamente em zonas muito expostas como são aquelas onde os percebes são abundantes, é muito difícil.

A estrutura dimensional da população reflete o recrutamento, o crescimento e a taxa de mortalidade dentro da população, sendo estes fatores afetados por processos biológicos (disponibilidade larvar, alimento, competição, predação), por processos físicos (tempo de exposição, dessecação, exposição às ondas e a temperatura da água) e pela apanha por parte dos apanhadores tanto profissionais como lúdicos (Cruz *et al.*, 2010).

A maioria dos estudos relativos ao crescimento dos percebes da espécie *P. pollicipes*, são baseados na análise da estrutura dimensional da população através de estimativas de crescimento de indivíduos que são marcados no campo (Lewis e Chia, 1981; Page, 1986; Bernard, 1988; Cruz, 1993, Philips, 2005; Cruz *et al.*, 2010). As técnicas de marcação usadas nestes estudos incluem o mapeamento dos indivíduos em relação às marcas feitas no substrato adjacente, ou usando marcas coladas às placas do *capitulum* (unha do percebe). No entanto, estas técnicas são difíceis de aplicar e manter, uma vez que existe uma dificuldade acrescida no acesso ao local de amostragem (as rochas bastante expostas à ondulação) e o tempo para a realização do trabalho de campo é bastante limitado. Desta forma, os estudos com base nestas técnicas de marcação implicam um tamanho de amostragem baixo e onde não são marcados os indivíduos de pequenas dimensões por serem mais difíceis de observar e marcar.

Sabe-se que o crescimento dos percebes, ocorre na zona entre o *capitulum* e o pedúnculo (Chaffee e Lewis, 1988) e, nas placas primárias do *capitulum* (*scutum*, *tergum* e *carina*) sendo o crescimento feito a partir da acreção das placas laminares (Anderson, 1994; Barnes, 1996). A variável mais utilizada em estudos de crescimento e de estrutura dimensional de *P. pollicipes* é a distância máxima medida entre as placas *rostrum* e *carina* (RC) (Lewis e Chia, 1981; Cruz, 1993; Phillips, 2005; Cruz *et al.*, 2010; Sestelo e Roca-Pardiñas, 2011; Boukaici *et al.*, 2012), embora outras variáveis sejam utilizadas, tais como, a altura total (Hoffman, 1984), altura do *capitulum* (Page, 1986; Cardoso & Yule, 1995) e o diâmetro da base do *capitulum* (Parada *et al.*, 2012). A variável RC foi descrita por Cruz (1993) como um bom indicador do crescimento linear de *P. pollicipes*.

Observações feitas na costa do sudoeste de Portugal (Cruz, 1993, 2000; Cruz *et al.*, 2010) sugerem que o crescimento de *P. pollicipes* varia também com o tamanho dos próprios indivíduos, com a estação do ano e com o nível intertidal em que se encontram.



Cruz *et al.* (2010), estimou um crescimento médio de RC de 1.3 mm por mês durante o primeiro ano de vida. Neste estudo, foi analisada ainda a estrutura dimensional da população de *P. pollicipes* e observou-se que os indivíduos fixos diretamente ao substrato e/ou à base dos adultos da mesma espécie que se encontram no nível intertidal mais baixo, apresentavam um crescimento maior do que os que se encontravam no nível médio, sugerindo assim que o crescimento seja maior na zona intertidal inferior do que na zona superior.

O uso de marcadores químicos como uma técnica de marcação dos indivíduos pode fornecer novos dados de taxas de crescimento, uma vez que pode ser marcado um grande número de indivíduos em simultâneo. Esta técnica inovadora tem tido algum sucesso no estudo do crescimento individual dos organismos, uma vez que é uma técnica que se aplica com alguma facilidade e segurança. A calceína ( $C_{30}H_{26}N_2O_{13}$ ) tem sido um dos marcadores químicos usados em estudos ecológicos de algumas espécies marinhas como peixes (Wilson *et al.*, 1987; Leips *et al.*, 2001; Frenkel *et al.*, 2002), moluscos (Kaehler e McQuaid, 1999; Moran, 2000; Wanamaker *et al.*, 2007; Herrmann *et al.*, 2009; Mahé *et al.*, 2010; Van der Geest *et al.*, 2011), equinodermes (Russell e Urbaniak, 2004; Ebert *et al.*, 2008) e crustáceos (Helms, 2004; Kilada *et al.*, 2012; Jacinto *et al.*, 2015).

Jacinto *et al.* (2015), baseados num estudo realizado por Helms (2004), descrevem o uso da calceína como marcador químico para estimar a taxa de crescimento de *P. pollicipes* entre diferentes níveis do intertidal rochoso e entre diferentes tamanhos de percebe no SW de Portugal. Os resultados deste estudo foram positivos, pois foram detetadas marcas de calceína tanto em juvenis como em indivíduos adultos. Jacinto *et al.* (2015) observaram que o crescimento dos percebes diminuiu com o aumento do tamanho dos indivíduos, sendo o crescimento mais notório nos indivíduos mais pequenos podendo ter um incremento mensal de 1.1 mm RC. A média de crescimento observada neste estudo nos indivíduos já com interesse comercial foi menor que 0.25 mm (RC) por mês. Jacinto *et al.*, (2015) referem que esta técnica é um bom método para o estudo do crescimento de percebes, uma vez que permite a marcação simultânea de um grande número de indivíduos de diferentes tamanhos, sendo o período de manipulação curto e o esforço físico para a sua realização muito menor do que comparado com outras técnicas de marcação usadas em estudos de crescimento.

O estudo dos processos de recrutamento, estrutura dimensional da população e o crescimento dos indivíduos tem especial importância no caso de espécies exploradas economicamente pelo Homem, como o percebe.

## **2. Objetivos gerais e específicos**

Os objetivos gerais deste trabalho foram estudar a relação entre a disponibilidade larvar de *cypris* (último estado larvar) de percebe e o recrutamento desta espécie na região de Sines, averiguar se a variabilidade do recrutamento (verão e outono) de percebe num ano poderá influenciar a estrutura dimensional da população no final da primavera do ano seguinte, e medir a taxa de crescimento do percebe durante a primavera.

Este trabalho foi realizado no Cabo de Sines e imediatamente a sul deste cabo no interior do Porto de Sines (Marina). No Cabo de Sines, os percebes são abundantes, mas os locais onde estes animais se distribuem estão sujeitos a elevado hidrodinamismo, o que dificulta a medição de algumas variáveis, como a disponibilidade larvar junto a costa. O Porto de Sines está abrigado pelo Cabo de Sines da ondulação dominante de NW, pelo que a medição de variáveis como a disponibilidade larvar junto a costa é mais fácil, no entanto, os percebes são pouco abundantes no interior deste porto.

O recrutamento tal como foi medido neste trabalho (nº de *cypris* e juvenis com  $RC < 1$  mm fixos num percebe adulto com  $RC > 15$  mm), pode, com base em estudos anteriores (Cruz, 2000), corresponder à fixação de larvas até um mês antes da data de recolha dos percebes adultos.

Relativamente à disponibilidade larvar e à sua relação com o recrutamento foram colocadas as seguintes questões.

1. A disponibilidade de larvas *cypris* de percebe no Cabo de Sines está relacionada com a disponibilidade de *cypris* na Marina do Porto de Sines?
2. A disponibilidade das larvas *cypris* de percebe na Marina do Porto de Sines está relacionada com o recrutamento de percebe no Cabo de Sines?

O recrutamento é um processo que pode exibir variabilidade temporal considerável, nomeadamente entre anos, podendo, potencialmente, afetar o recrutamento à população que é explorada (número de percebes que se fixa e sobrevive até ter tamanho comercial). Para esta relação ser estabelecida, é necessário estimar o crescimento de percebes com vários tamanhos, e descrever a variação inter-anual do recrutamento e da estrutura dimensional da população. No que diz respeito a esta relação, foram colocadas as seguintes questões.

3. Existe variação inter-anual do recrutamento de percebe no Cabo de Sines (extensão do período de recrutamento e intensidade)?

4. A variação temporal do recrutamento está associada à variação da temperatura da água do mar?
5. Qual é e como varia a taxa mensal de crescimento de percebe com vários tamanhos durante a primavera?
6. Existem diferenças espaciais (nível intertidal) do crescimento de percebe?
7. Existe variação inter-anual da biomassa, densidade e estrutura dimensional de percebe e, se existir, está relacionada com a variação inter-anual do recrutamento?

### **3. Métodos**

Este trabalho foi realizado com o apoio logístico do Laboratório de Ciências do Mar da Universidade de Évora (CIEMAR), tendo sido integrado em 2 projetos de investigação. Todo o trabalho que diz respeito à disponibilidade larvar fez parte do projeto “RISE&SHINE - Recrutamento de invertebrados no intertidal rochoso: diferentes componentes, escalas e processos”, financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (PTDC/BIA-BEC/103734/2008). Todo o trabalho relacionado com o recrutamento, estrutura dimensional e crescimento dos percebes, fez parte do projeto “PERCEBES – Gestão, Ecologia e Conservação do percebe em Portugal”, cofinanciado pelo PROMAR (operação 31-03-05-FEP-11).

A maioria do trabalho de terreno envolvido na realização desta tese foi feito pelas equipas de investigação destes projetos, tendo, no entanto, participado em todas as diferentes atividades. A maioria do trabalho de laboratório envolvido na realização desta tese foi feito por mim própria.

#### **3.1. Área de estudo**

Com exceção da amostragem da disponibilidade larvar que se realizou em dois locais (Cabo de Sines, 37° 57' N, 8° 52' W; e Marina do Porto de Sines, 37° 57' N, 8° 51' W; ver figura 2), o restante trabalho desenvolvido no campo no âmbito desta tese foi realizado no Cabo de Sines. O Cabo de Sines é um local sujeito a elevado hidrodinamismo por estar muito exposto à ondulação dominante de NW, onde os percebes são abundantes e onde já têm sido feitos vários estudos sobre esta espécie (Cruz *et al.*, 2010; Sousa *et al.*, 2013). A Marina do Porto de Sines, localizada na baía da Praia Vasco da Gama imediatamente a sul do Cabo de Sines, é um local bastante abrigado e onde os percebes são raros.



**Figura 2:** **A:** Localização dos locais de amostragem em Portugal. **B:** Localização dos locais de amostragem na região de Sines; **1:** Cabo de Sines; **2:** Marina do Porto de Sines.

## **3.2. Trabalho de campo e laboratório**

### **3.2.1. Disponibilidade larvar**

Em estudos anteriormente realizados na Marina do Porto de Sines no âmbito de um projeto de investigação (Cruz *et al.*, 2009) foi observada a presença de larvas de *P. pollicipes* nas águas dentro deste porto, ainda que a abundância de percebes nesta zona seja reduzida. Observações anteriores realizadas no mesmo projeto de investigação também sugerem que as larvas *cypris* de cirrípedes possam ser mais abundantes na camada superficial da água (*neuston*).

Foram utilizadas duas metodologias diferentes para estudar a disponibilidade larvar: armadilhas de larvas *cypris* (“*cypris trap*”) colocadas no Cabo de Sines e na Marina; e arrastos neustónicos realizados na Marina.

A amostragem dos arrastos neustónicos na Marina do Porto de Sines, foi realizada na plataforma flutuante de fornecimento de combustível da Marina e ao longo de 2 anos, entre as datas de 1 de agosto de 2012 e 26 de dezembro de 2012 e entre 2 de maio de 2013 e 19 de dezembro de 2013. A periodicidade da amostragem foi semanal, tendo as amostragens sido sempre realizadas à quarta-feira, durante a enchente do período diurno (n=1). A amostragem nesta situação de maré e durante o dia foi justificada com observações realizadas anteriormente em que é durante esta altura que o número de *cypris* (sobretudo de *Chthamalus* spp.) na água é mais elevado (Cruz *et al.*, 2009).

Os arrastos neustónicos foram feitos à superfície da água (figura 3A), a uma velocidade constante e numa extensão horizontal fixa (15 m). Foi utilizada uma rede cilíndrico-cónica com malha de 150 µm, diâmetro da boca de rede de 0.41 m e um copo de recolha de PVC com uma abertura lateral com a mesma malha. Depois do arrasto feito, o material recolhido foi lavado com água do mar filtrada (figura 3B), para que não fosse alterado o número de larvas *cypris*. A amostra foi colocada num frasco devidamente identificado e levado para laboratório (onde foi adicionado formol a 4% para preservação até observação).



**Figura 3A:** Amostragem na Marina do Porto de Sines; arrasto neustónico junto à plataforma flutuante.



**Figura 3B:** Amostragem na Marina do Porto de Sines, lavagem do copo para recolha da amostra.



A amostragem utilizando as “*cypris-trap*” teve início a 13 de agosto de 2012 e terminou a 30 de setembro de 2012, e foi realizada na Marina e no Cabo de Sines. A periodicidade desta amostragem foi de 4 em 4 dias, tendo em cada dia sido substituída a rede de plâncton (n=2 em cada local). Durante este período de amostragem foram perdidas algumas réplicas, nomeadamente no Cabo de Sines, devido provavelmente ao estado do mar.

Estas armadilhas foram desenvolvidas a partir de modelos de armadilhas de plâncton descritos por Yan *et al.*, (2004) e por Dudas *et al.*, (2009). Algumas das peças utilizadas são diferentes das propostas por estes autores, mas a forma de funcionamento das armadilhas é semelhante, tendo sido a principal alteração a colocação de uma rede metálica na abertura superior da armadilha, de modo a impedir a colmatação por algas. Na figura 4 estão ilustradas as várias partes que constituem a armadilha (“*cypris-trap*”) que foi utilizada (Cruz *et al.*, 2013), e a figura 5 ilustra a colocação da armadilha no campo.



**Figura 4:** Ilustração das várias partes que constituem a “*cypris-trap*”: parte fixa à rocha (1., 2. e 3.) e parte amovível (4. a 10.), segundo Cruz *et al.*,(2013).



**Figura 5:** “*Cypris-trap*” fechada e colocada na zona intertidal, pronta a recolher as larvas *cypris*.

Estas armadilhas de plâncton permitem estimar a quantidade de larvas *cypris* próximo do substrato durante um determinado período de tempo. O fluxo de água é feito de forma unidirecional através do interior da armadilha, entrando pela parte superior da armadilha e saindo pelas aberturas laterais ficando o plâncton retido numa rede com 150  $\mu\text{m}$  de malha. Esta rede foi previamente embebida em formol a 4%. Em cada data de amostragem, a parte amovível da armadilha (ver figura 4) foi recolhida e substituída por uma nova.

No laboratório, para a preservação da amostra até análise, toda a parte amovível da armadilha e a rede de plâncton foi lavada com água salgada filtrada, crivada para uma tina e guardada num frasco onde foi adicionado formol a 4%.

Para a observação no laboratório, com o auxílio de um crivo (malha de 150  $\mu\text{m}$ ) tanto as amostras dos arrastos como as amostras das armadilhas foram lavadas com intuito de eliminar o formol. Cada amostra de plâncton foi colocada numa caixa de *petri* e percorrida à lupa binocular (Leica MZ6) onde foram contadas todas as *cypris* de *P. pollicipes* presentes. Os dados obtidos pelos arrastos de plâncton foram transformados

em número de larvas por m<sup>3</sup>, através do cálculo do volume de água filtrada por arrasto, considerando a extensão horizontal percorrida e metade da área da abertura da rede, através da seguinte fórmula:

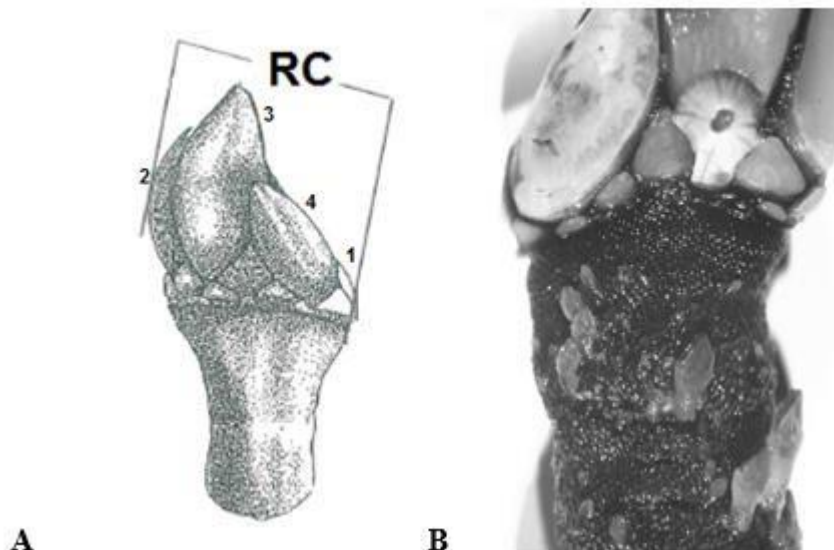
$$\text{N}^\circ \text{ Larvas por m}^3 = \text{N}^\circ \text{ de larvas} / \text{extensão horizontal} \times ((\pi(r^2))/2),$$

em que a extensão horizontal (plataforma flutuante de fornecimento de combustível) é de 15 m e o valor do r (raio da boca da rede plantónica) é de 0.205 m.

### **3.2.2. Recrutamento**

De 25 de janeiro de 2011 a 18 de junho de 2014, foram recolhidos com uma periodicidade aproximadamente quinzenal e aleatoriamente cerca de 50 percebes adultos da zona intertidal do Cabo de Sines. As amostras foram preservadas por congelação.

Neste trabalho, o índice de recrutamento de cada amostra corresponde ao valor médio do número de *cypris* e de juvenis (RC < 1 mm; RC - distância máxima entre a placa *rostrum* e a placa *carina* segundo Cruz 2000) fixos no pedúnculo de cada percebe adulto com RC > 15 mm (figura 6 A e B).



**Figura 6 A:** Variável linear utilizada neste estudo, RC- distância máxima medida entre as placas *rostrum* e *carina*; *Capitulum* composto por 4 placas principais - **1:rostrum**, **2:carina**, **3:tergum**, **4:scutum**, adaptado de Cruz, 2000. **B:**Adulto de *P.pollicipes* com vários juvenis e recrutas agarrados ao pedúnculo. Representação do índice de recrutamento usado neste trabalho (apenas contados os recrutas com RC < 1 mm), adaptado de Macho, 2006.

Com o auxílio de uma lupa binocular (Leica MZ6) foram contados todos os recrutas (*cypris* e juvenis com  $RC < 1$  mm) em cada percebe adulto hospedeiro e foi medido posteriormente o RC dos hospedeiros com uma craveira (precisão de 0.1 mm).

### **3.2.3. Estrutura Dimensional**

Estudos e observações anteriores na zona intertidal média sugerem a existência de densidade, percentagem de cobertura e biomassa de *P. pollicipes* com valores mais elevados do que na zona intertidal inferior (Sousa *et al.*, 2013). No entanto, a proporção de percebes com maior valor comercial encontra-se na zona intertidal inferior, enquanto os juvenis e adultos de menores dimensões são mais abundantes na zona intertidal média (Sousa *et al.*, 2013). Tendo em conta estas observações, para o presente estudo foram definidos 2 níveis verticais de amostragem no Cabo de Sines: habitat de cima – correspondente à zona intertidal média/superior da distribuição de *P. pollicipes*, (1.5 m a 3 m acima da Baixa Mar de Águas Vivas (BMAV)); e habitat de baixo – que corresponde à zona intertidal inferior da distribuição de *P. pollicipes* (BMAV até 1.5 m).

Nos dias 7 e 8 de maio de 2012, 10 de junho de 2013 e 27 de maio de 2014, em cada habitat, foram raspados todos os organismos que se encontravam fixos às rochas, utilizando quadrados de 15x15 cm ( $n=3$ ). Estas raspagens não foram aleatórias na zona com percebes, mas sim em cima de pinhas de percebes, de forma a maximizar o número de indivíduos por réplica. Antes de fazer a raspagem, cada quadrado foi fotografado para mais tarde, por análise de imagem segundo Sousa *et al.*, (2013), se estimar a área ocupada por percebes em cada quadrado de 15x15 cm. Em cada habitat, foi também estimada a percentagem de cobertura de percebes através da análise de fotografias a quadrados de 50x50 cm, tendo sido realizadas 6 fotografias aleatórias em cada habitat.

Recorrendo a um *software* de análise de imagem digital (QGIS), a percentagem de cobertura de percebes foi estimada sobrepondo uma grelha de linhas equidistantes (2.5 cm) à área de interesse de cada fotografia obtida no campo e contando o número de intersecções da grelha com percebes na imagem. A variável resposta percentagem de cobertura é a razão entre o número de pontos com percebe e o número total de pontos da grelha (361 nos quadrados de 50x50 cm; 25 nos quadrados de 15x15 cm) (Sousa *et al.*, 2013).

As raspagens foram realizadas com o auxílio de um formão e cada réplica foi guardada em sacos devidamente identificados (habitat, réplica, local e data), levada para laboratório e congelada até ser processada.

No laboratório, os percebes de cada réplica foram todos separados ficando os percebes todos individualizados. Os mexilhões, as lapas e as algas foram guardados em sacos identificados. Foi medido o RC dos percebes com uma craveira (precisão de 0.1 mm) e separados em diferentes classes dimensionais de RC (mm): juvenis:  $\leq 5$ , ]5 – 7.5], ]7.5 - 10], ]10 – 12.5]; e adultos: ]12.5 - 15], ]15 – 17.5], ]17.5 - 20], ]20 – 22.5], ]22.5 - 25], ]25 – 27.5], ]27.5 - 30].

Depois de todos os percebes contados, medidos e separados nas diferentes classes dimensionais, cada réplica foi novamente congelada, para posterior quantificação de biomassa (segundo Sousa *et al.*, 2013) e que se descreve seguidamente. No dia seguinte, a amostra foi descongelada e cada classe dimensional foi mergulhada num *gobelé* com água durante 30 minutos. De seguida, os percebes foram todos dispostos num papel, para que fosse absorvido excesso de água, durante um período de 20 minutos. Durante este período, o papel foi substituído (2 vezes), quando estava completamente ensoado. Com o auxílio de uma balança (precisão 0.1 g), cada classe foi pesada, tendo sido registado o valor da biomassa que apresentava.

Para a determinação da biomassa e densidade por unidade de área ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}/\text{n}^{\circ}\text{m}^{-2}$ ), foi utilizada a biomassa/densidade estimada por réplica (quadrado de 15x15 cm) e a área coberta por percebes em cada réplica corrigidas pela média da percentagem de cobertura em cada habitat (calculada através da análise de fotos) da seguinte forma:

$$Y = (A / B * C) / 100,$$

em que **Y** é a biomassa (kg) ou densidade ( $\text{n}^{\circ}$  percebes) por unidade de área ( $\text{m}^2$ ), **A** representa biomassa (kg) ou o número de percebes ( $\text{n}/1000$ ) num quadrado de 15x15 ( $\text{cm}^2$ ), **B** representa a área de percebes no quadrado de 15x15 ( $\text{cm}^2$ ) e **C** representa a proporção de cobertura por habitat.

Foi calculada a média de biomassa ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) e a densidade expressa em indivíduos por  $\text{m}^2$  global e por classe dimensional nos dois habitats de estudo (cima e baixo).

### **3.2.4. Crescimento**

Recorreu-se à técnica de marcação química com calceína (Moran, 2000; Helms, 2004) para estimar o crescimento de percebes (de vários tamanhos) no Cabo de Sines e nos dois habitats previamente descritos (cima e baixo) segundo a metodologia descrita em Jacinto *et al.* (2015).

A calceína, é um marcador químico fluorescente que se incorpora nas estruturas calcárias de organismos em crescimento (Moran, 2000). Após o contacto com este químico, é possível observar sob epifluorescência, marcas de cor verde fluorescente que foram deixadas aquando da marcação química nas placas do capítulo e nas escamas que revestem o pedúnculo dos percebes. Com esta técnica é possível distinguir as zonas que cresceram posteriormente à marcação permitindo assim efetuar as medições necessárias para estimar o crescimento dos percebes.

A 16 de março de 2014, durante o período da manhã de maré baixa, foram removidos do substrato intertidal (nos 2 habitats), com o auxílio de um martelo e um escopro, pequenos blocos de rocha contendo pinhas de percebes (de diferentes tamanhos e número de indivíduos), e transportados para o laboratório em recipientes apropriados.

No laboratório, os blocos com as pinhas de percebe foram mantidos imersos numa solução de 10-15l de água do mar filtrada com uma concentração de 200 mg calceína l<sup>-1</sup> continuamente oxigenados com pedras difusoras durante um período de 20 a 22 horas. Os percebes não foram alimentados durante esse período. As soluções de calceína foram feitas a partir de uma solução *stock* de 6.25 mg calceína.l<sup>-1</sup> em água destilada (pH 6, tamponada com bicarbonato de sódio para aumentar a solubilidade da calceína) (Wilson, 1987; Helms, 2004).

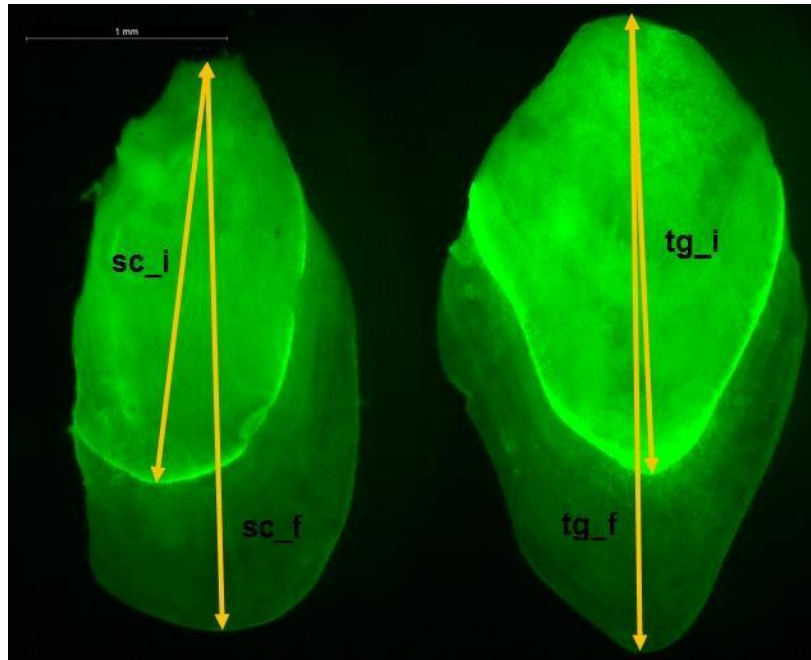
No dia seguinte, durante o período de maré baixa, os blocos foram transportados novamente para as mesmas áreas de onde foram removidos e foram colados à rocha com *Z-Spar Splash Zone Epoxy* (Kop-Coat Inc., Pittsburgh, PA).

Ao fim de 71 dias, a 27 de maio de 2014, os transplantes foram recolhidos do local do campo (n=4 no habitat de cima e n=3 no habitat de baixo), levados para o laboratório, onde foram congelados até análise.

Todos os percebes foram descongelados, contados e imersos uma primeira vez em lixívia cerca de 5 a 15 minutos, dependendo do tamanho dos percebes (os indivíduos de maiores dimensões requerem mais tempo imersos), para limpar os percebes de algas epífitas e outros organismos e expor as placas do *capitulum* de forma a identificar os indivíduos marcados com calceína. De seguida, foi registado o RC (precisão de 0.1 mm)

de todos os percebes da amostra, e uma segunda vez imersos em lixívia, cerca de 20 a 40 minutos, para dissolver os tecidos moles e separar as placas do *capitulum*, de maneira a facilitar a sua análise. Os adultos de maiores dimensões necessitaram de mais tempo na preparação das placas para observação, tendo sido necessário, em alguns casos, efetuar ligeiras raspagens com um bisturi, para remover algumas algas calcárias que não foram completamente dissolvidas e outros organismos que ficaram nas placas.

Ambos os pares das placas *scutum* e *tergum* (ver figura 6A), que compõem o *capitulum*, foram observados e fotografados com uma ampliação adequada (7-20x) sob epifluorescência de uma lupa binocular (Leica M165FC com uma fonte de luz UV e um filtro GFP3), equipada com uma câmara digital (Leica DF 295) conectada a um computador. Sempre que as marcas de calceína eram identificadas, foram medidas em cada placa as seguintes variáveis através de um programa de análise de imagens (Leica Application Suite v3.8): comprimento inicial (distância máxima até à marca de calceína detetada nas placas *scutum* (sc\_i) e *tergum* (tg\_i) (figura 7) e o comprimento máximo total de cada placa (*scutum*: sc\_f e *tergum*: tg\_f) (figura 7).



**Figura 7:** Placas *scutum* e *tergum* esquerdos de um juvenil marcado com calceína (indicação da marca de calceína nas placas iniciais do *capitulum*). As setas mostram as medidas efetuadas (sc\_i – tamanho inicial do *scutum*, sc\_f – tamanho final do *scutum*; tg\_i – tamanho inicial do *tergum*, tg\_f – tamanho final do *tergum*) para cada placa.

### **3.3. Análise estatística**

#### **3.3.1. Disponibilidade larvar no Cabo de Sines e na Marina do Porto de Sines**

O número de larvas *cypris* de percebe nas armadilhas colocadas no Cabo de Sines e na Marina do Porto de Sines foi correlacionado entre os dois locais e foi utilizado o teste de correlação de *Pearson* após transformação dos dados pela raiz quadrada (de modo a cumprir com o pressuposto da normalidade dos dados) (n=8 datas). Os valores médios do número de *cypris* obtidos em cada local foram comparados através de um teste t para amostras emparelhadas aos dados transformados (n=8 datas). Estas análises estatísticas foram realizadas no programa SPSS.

#### **3.3.2. Disponibilidade larvar na Marina do Porto de Sines e recrutamento de percebes no Cabo de Sines**

O número médio de larvas *cypris* contabilizado nos arrastos neustónicos realizados semanalmente na Marina do Porto de Sines foi relacionado com o recrutamento que foi medido no Cabo de Sines. Nesse sentido, foi feita a correlação de *Spearman* entre o índice de recrutamento no Cabo de Sines e a média do número de larvas *cypris* de percebe que foram colhidas semanalmente no mês anterior à data de recolha dos percebes adultos onde foi medido o recrutamento. Esta correlação foi estabelecida no período de recrutamento, nomeadamente entre agosto e dezembro de 2012, e entre julho e dezembro de 2013 (n=12). Esta análise estatística foi realizada no programa SPSS.

#### **3.3.3. Variação intra-anual do recrutamento e temperatura da água do mar**

Foi feita uma análise comparativa da temperatura média da superfície da água do mar da Marina do Porto de Sines em 2011, 2012 e 2013, entre os meses de junho a dezembro. A temperatura superficial da água do mar da Marina do Porto de Sines foi medida com recurso a um termómetro TidBit preso à plataforma flutuante de fornecimento de combustível da Marina e colocado a 3 m da superfície, e que registou a temperatura da água do mar de 10 em 10 minutos durante os períodos indicados atrás. Foi utilizado o teste de correlação de *Pearson* entre os valores do índice de recrutamento durante os meses de verão e outono (de julho a dezembro) de 2011, 2012 e 2013 e os valores médios de temperatura da água do mar calculados até um mês antes da data de recrutamento (n=29).



### **3.3.4. Variação inter-anual do recrutamento e temperatura da água do mar**

A variação inter-anual da intensidade do recrutamento foi feita através de análise de variância a um fator (ano, com três níveis, 2011, 2012, 2013). Em cada ano foram escolhidas 4 datas de amostragem entre agosto e outubro (período de maior recrutamento) que corresponderam a 4 réplicas em cada ano. O pressuposto da homogeneidade das variâncias foi testado pelo teste de *Levene* e utilizados os testes de comparação múltipla de médias de SNK. Estas análises estatísticas foram realizadas no programa SPSS.

Foi também calculado o valor médio da temperatura superficial da água do mar da Marina do Porto de Sines (ver atrás) entre agosto e outubro de cada ano. Os valores médios de recrutamento e de temperatura superficial de água do mar durante o período de maior recrutamento foram comparados graficamente.

### **3.3.5. Variação inter-anual da biomassa, densidade e estrutura dimensional**

No caso das variáveis biomassa e densidade totais foi feita uma análise de variância a dois fatores: ano com 3 níveis (2012, 2013 e 2014); e habitat (cima e baixo). O tamanho de amostragem foi três (as três raspagens efetuadas em cada habitat). Foi utilizado o programa GMAV5® (Institute of Marine Ecology, University of Sydney). O pressuposto da homogeneidade das variâncias foi verificado pelo teste de Cochran (Winer *et al.*, 1991 in Underwood, 1997), tendo os dados sido transformados de modo a garantir este pressuposto. Quando se verificaram diferenças ou interações significativas, realizaram-se testes de comparação múltipla de médias de Student-Newman-Keuls (SNK), segundo Underwood (1997), e utilizando o mesmo programa.

A variação inter-anual e entre habitats da biomassa ( $\text{kg/m}^2$ ) e do número de percebes ( $\text{n.}^\circ$  por  $\text{m}^2$ ) por classe dimensional foi analisada por técnicas de análise multivariada segundo Clarke & Warwick (2001) e Anderson *et al.* (2008), a partir do *software* Primer 6 + PERMANOVA (Clarke & Gorley, 2006). Em ambas análises (biomassa e densidade), os dados foram transformados com raiz quadrada e foi calculada a matriz de similaridade com base no coeficiente de Bray-Curtis. O fator ano tem três níveis (2012, 2013 e 2014), e o fator habitat tem dois (cima e baixo). Para verificar se existiam efeitos significativos dos fatores ano e habitat e se estes interagem entre si, foi realizada uma análise multivariada de variância com permutações – PERMANOVA (Anderson, 2001), seguida dos testes de Pair-Wise, caso fossem

encontradas diferenças significativas. Para complementar a informação obtida pela PERMANOVA, foram realizadas análises de similaridades – SIMPER em caso de diferenças significativas e de modo a identificar quais as classes dimensionais mais responsáveis pelas diferenças encontradas.

### **3.3.6. Crescimento**

Todas as estimativas de crescimento usadas no presente estudo foram baseadas nas medições efetuadas no *scutum* direito (sd) de cada percebe marcado.

Com base em Jacinto *et al.*, (2015), foi usado o modelo linear que descreve a relação entre RC e o comprimento máximo do *scutum* ( $RC = 1.66 * sd$ ), tendo esta relação sido usada para converter as medições feitas no *scutum* (comprimento final do *scutum* (sd\_f) e comprimento inicial do *scutum* (sd\_i)) em unidades de RC (medida final de RC (RC\_f) e medida inicial de RC (RC\_i), respetivamente). A taxa de crescimento (dRC) correspondeu à diferença entre as estimativas dos valores de RC ( $dRC = RC_f - RC_i$ ). A variável de estudo do crescimento foi o crescimento mensal (dRC30), que foi calculado dividindo a taxa de crescimento (dRC) pelo período de crescimento no campo (2.4 meses (71 dias)) e multiplicando por 30 dias, assumindo um crescimento linear durante esse tempo, representando assim o incremento mensal (mm) para cada indivíduo estudado.

Foi feita uma análise univariada com permutações (PERMANOVA segundo Anderson, 2011) ao crescimento mensal dos percebes (dRC30) com dois fatores: habitat com dois níveis (cima e baixo); e classe dimensional com 6 níveis (seis classes dimensionais (em milímetros), <5, ]5 - 7.5], ]7.5 - 10], ]10 - 12.5], ]12.5 - 15] e >15) . Os dados não foram transformados (perm. disp. sempre significativo quando transformado com raiz<sup>2</sup>, raiz<sup>4</sup> e logaritmo). A matriz de similaridade foi feita a partir da distância Euclidiana e utilizados os testes de Pair Wise em caso de diferenças significativas. Esta análise foi feita no programa Primer 6 + PERMANOVA (Clarke & Gorley, 2006).

### **3.3.7. Variação inter-anual da biomassa e densidade de juvenis (RC<10 mm) em Maio/Junho**

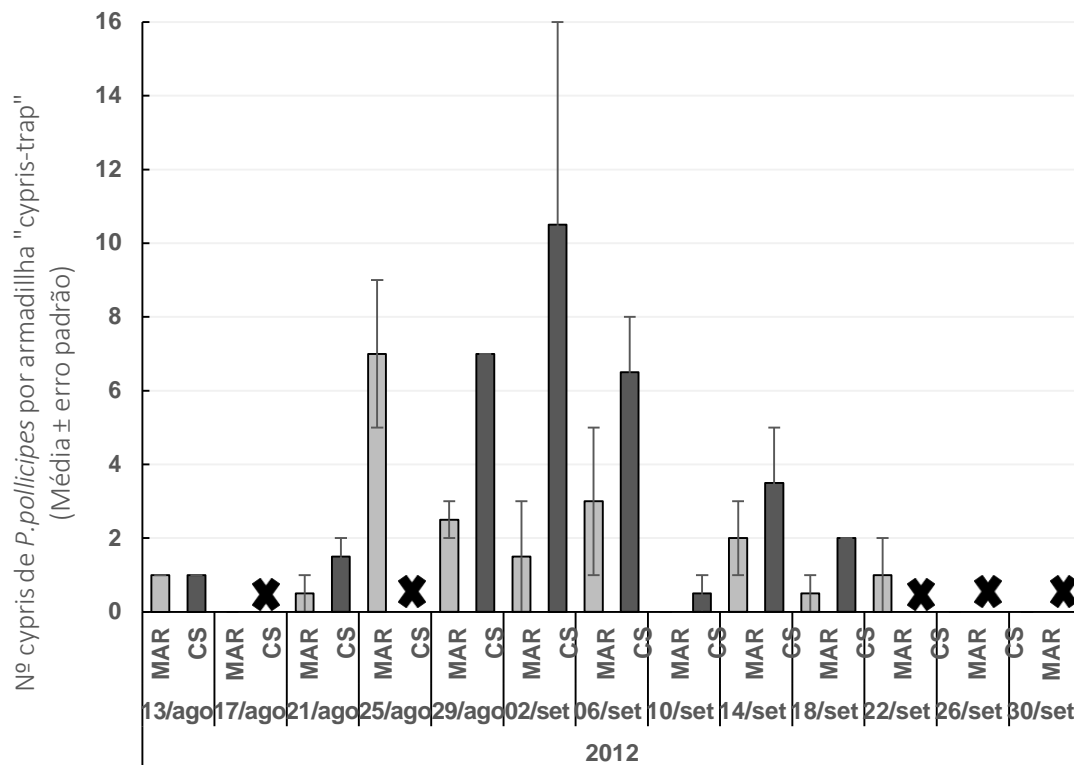
Com base nas estimativas obtidas de crescimento médio mensal (média de 0.7 mm RC por mês em percebes juvenis, ver resultados da secção Crescimento), considerou-se que em Maio e Junho (período em que foram realizadas as amostragens para estudo da biomassa e densidade totais e estrutura dimensional), os percebes que teriam recrutado no verão e outono anterior a essas amostragens teriam no máximo 10 mm (RC). Assim, foi estudada a variação inter-anual e entre habitats da biomassa (kg por m<sup>2</sup>) e da densidade (n.º por m<sup>2</sup>) da classe de juvenis com RC<10 mm.

Para ambas variáveis (biomassa e densidade de juvenis) foi feita uma análise de variância a dois fatores: ano com 3 níveis (2012, 2013 e 2014); e habitat (cima e baixo). O tamanho de amostragem foi três (as três raspagens efetuadas em cada habitat). Foi utilizado o programa GMAV5® (Institute of Marine Ecology, University of Sydney). O pressuposto da homogeneidade das variâncias foi verificado pelo teste de Cochran (Winer *et al.*, 1991 in Underwood, 1997), tendo os dados sido transformados de modo a garantir este pressuposto. Quando se verificaram diferenças ou interações significativas, realizaram-se testes de comparação múltipla de médias de Student-Newman-Keuls (SNK), segundo Underwood (1997), e utilizando o mesmo programa.

## 4. Resultados

### 4.1. Disponibilidade larvar no Cabo de Sines e na Marina do Porto de Sines

A realização da amostragem com as armadilhas “*cypris-trap*” na Marina do Porto de Sines e no Cabo de Sines mostrou resultados positivos, uma vez que foram sempre detetadas *cypris* de *P. pollicipes* nas amostras (figura 8), apesar de se terem perdido cinco armadilhas no Cabo de Sines. A ocorrência de maior número de *cypris* na Marina do Porto de Sines foi observada a 25 de agosto de 2012 com um total de 7 *cypris*, já no Cabo de Sines foi observada a 2 de setembro de 2012 correspondendo ao número médio de 10.5 *cypris*. Na Marina do Porto de Sines, não foram detetadas *cypris* em quatro das treze datas amostradas (17 de agosto, 10, 26 e 30 de setembro), enquanto no Cabo de Sines, em todas as datas amostradas foram observadas larvas *cypris* de percebe.

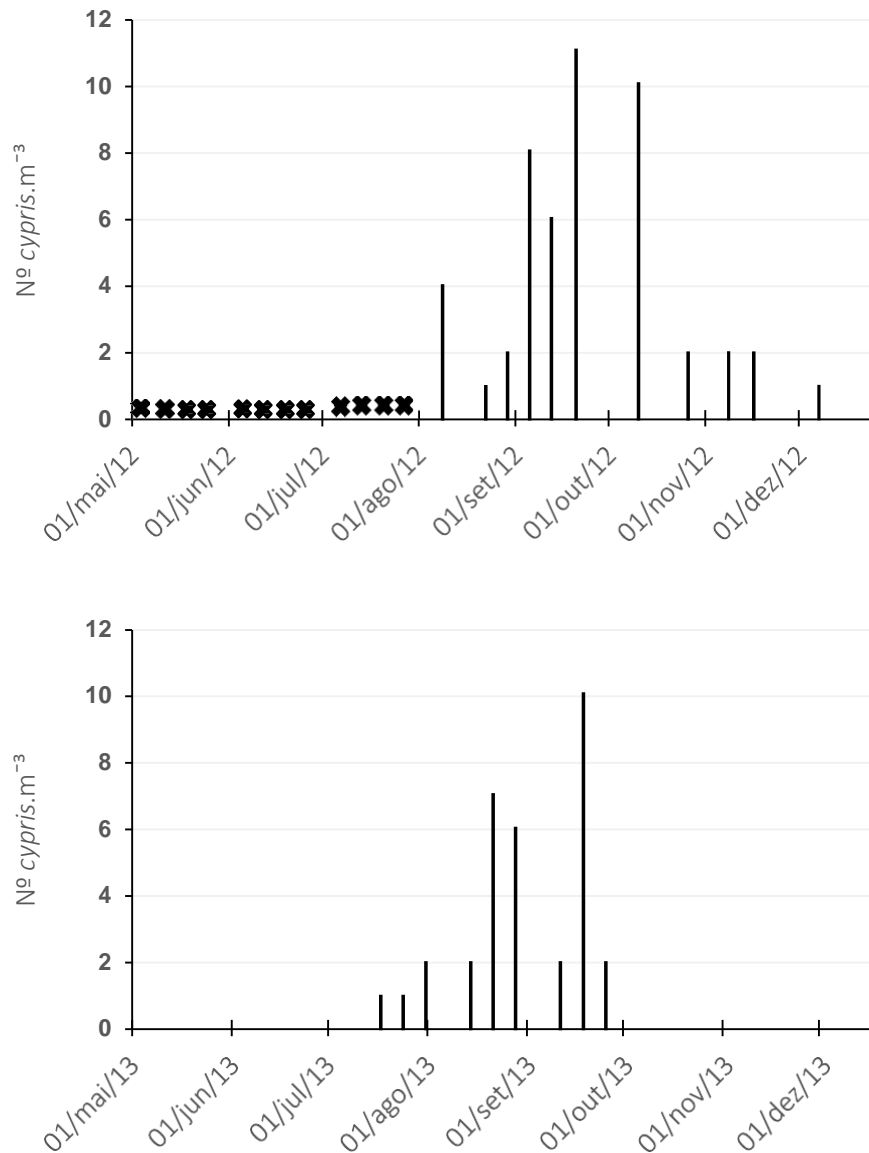


**Figura 8:** Amostragem de *cypris* de percebe com recurso a armadilhas “*cypris-trap*” colocadas na Marina do Porto de Sines (MAR) e no Cabo de Sines (CS) entre 13 de agosto e 30 de setembro de 2012. Número médio de *cypris* de *P. pollicipes* por armadilha “*cypris-trap*” ( $\pm$  erro padrão; N=2). A periodicidade da amostragem foi de 4 dias. X- representa as datas em que foram perdidas as armadilhas durante o período de amostragem.

A análise estatística revelou que o número de larvas *cypris* recolhidas nas armadilhas colocadas na Marina do Porto de Sines e no Cabo de Sines estava correlacionado de forma positiva ( $r=0.772$ ;  $P=0.025$ ;  $n=8$ , dados transformados com raiz quadrada), e o número de larvas *cypris* no Cabo de Sines foi significativamente superior ao registado na Marina do Porto de Sines ( $t=-3.795$ ;  $n=8$ ;  $P=0.007$ ; dados transformados com raiz quadrada), tendo sido observado entre três a quatro vezes mais *cypris* no Cabo de Sines (valor médio de 4.1 *cypris*) do que na Marina (valor médio de 1.4 *cypris*).

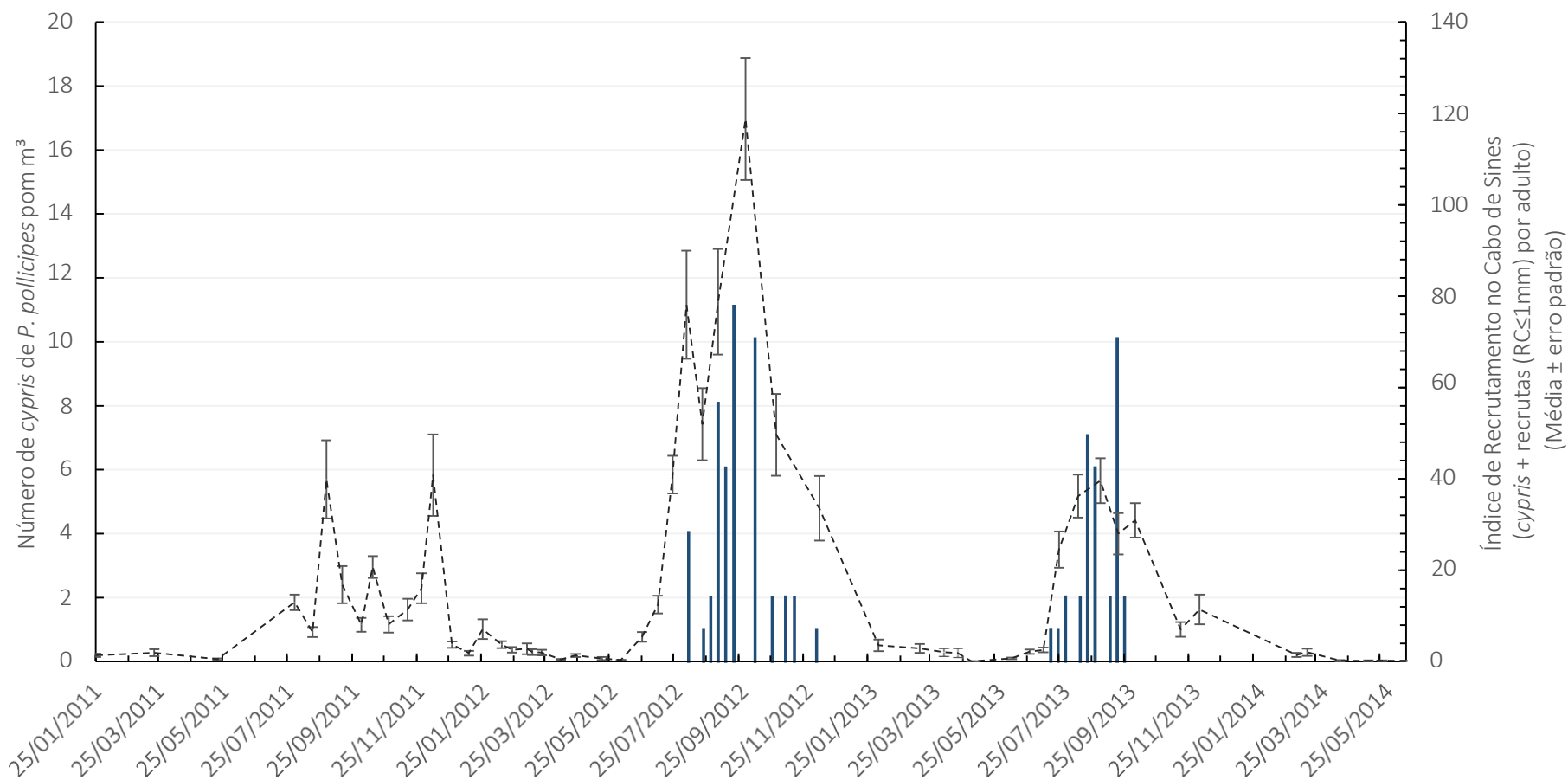
#### **4.2. Disponibilidade larvar na Marina do Porto de Sines e recrutamento de percebes no Cabo de Sines**

A variabilidade temporal da densidade de larvas *cypris* de *P. pollicipes* nos arrastos neustónicos realizados está representada na figura 9 e indica a presença de *cypris* de *P. pollicipes* na Marina do Porto de Sines em várias semanas amostradas em 2012 e 2013, nomeadamente nos meses de setembro desses anos. As datas de 20 de setembro de 2012 (média de 11.11 *cypris.m<sup>-3</sup>*) e 18 de setembro de 2013 (média de 10.10 *cypris.m<sup>-3</sup>*) correspondem às observações pontuais semanais com o maior número de *cypris* por  $m^3$ . O ano de 2012 apresentou um período de aparecimento de *cypris* disponíveis na coluna de água mais extenso (8 de agosto a 7 de dezembro) que o ano de 2013 (17 de julho a 25 de setembro).



**Figura 9:** Amostragem da disponibilidade larvar de *cypris* de percebe realizada na Marina do Porto de Sines com recurso a arrastos neustónicos realizados semanalmente entre 1 de agosto de 2012 a 26 de dezembro de 2012 e entre 2 de maio de 2013 a 19 de dezembro de 2013 (número de *cypris*.m<sup>-3</sup>). X- representa as datas não amostradas.

Todas as *cypris* encontradas fixas aos adultos hospedeiros foram identificadas como *P. pollicipes* e a sua abundância foi reduzida em comparação com o número de juvenis (RC<1 mm). A variação temporal do recrutamento (*cypris* e percebes juvenis) em percebes hospedeiros adultos nos diferentes anos está representada na figura 10.



**Figura 10:** Índice de recrutamento (*cypris* e juvenis-RC<1 mm por percebe hospedeiro (média ± erro padrão)) no Cabo de Sines entre 25 de janeiro de 2011 a 18 de junho de 2014 (linha tracejada a preto). O número de percebes hospedeiros amostrados por data foi de 50. Disponibilidade larvar de *cypris* realizada na Marina do Porto de Sines com recurso a arrastos neustónicos feitos semanalmente entre 1 de agosto de 2012 a 26 de dezembro de 2012 e entre 2 de maio de 2013 a 19 de dezembro de 2013 (barras a azul).

Considerando o período de maior recrutamento como aquele em que apresenta valores do índice de recrutamento superior a 5, verifica-se que em 2011, o recrutamento teve início em agosto (mas os meses de julho e junho não foram amostrados) e estendeu-se até dezembro, em 2012, o recrutamento teve início em junho e manteve-se também até dezembro, e em 2013, o início do recrutamento foi no final do mês de julho e estendeu-se novamente até dezembro. Em 2011, o recrutamento foi mais intenso em agosto e dezembro (39.9 e 40.8, respetivamente). No ano seguinte, foi nos meses de agosto e outubro que se registaram valores mais elevados de recrutamento (78.1 e 118.8, respetivamente). Em 2013, o pico máximo de recrutamento foi registado em agosto (39.6). Durante os meses de inverno e primavera de 2011, 2012 e 2013, o índice de recrutamento foi baixo (<5), com exceção do final do mês de janeiro de 2012, onde se registou um índice de recrutamento de 7.

No sentido de perceber se existiria uma relação entre a densidade de *cypris* presentes na Marina do Porto de Sines e o recrutamento que ocorre no cabo de Sines correlacionou-se estas duas variáveis (Tabela I).

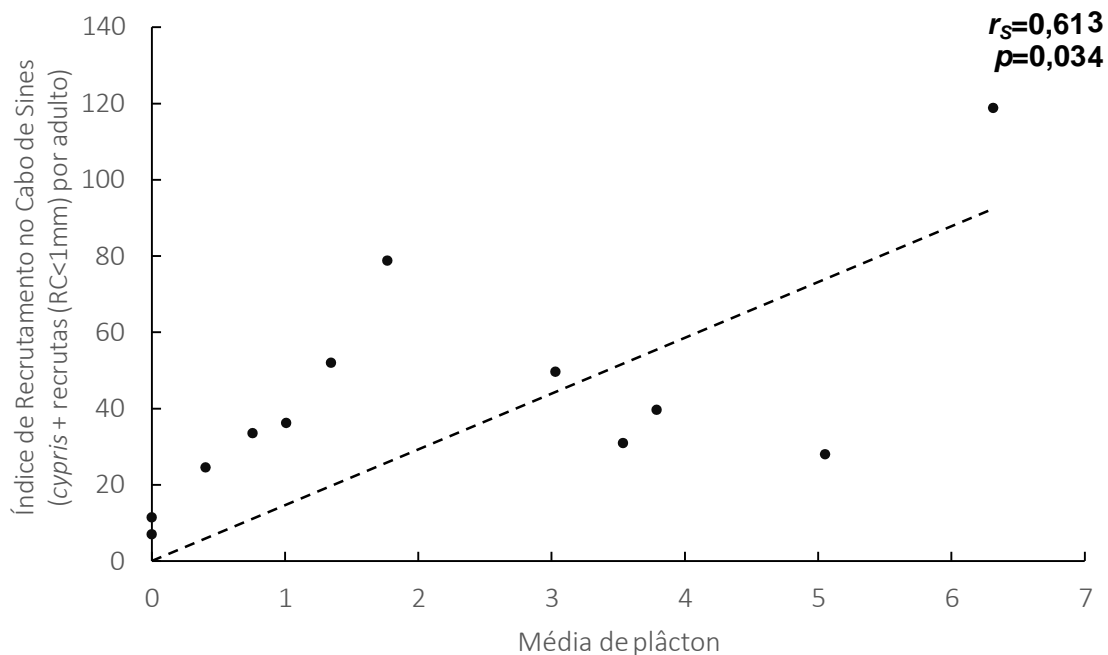
**Tabela I:** Densidade média de *cypris* de percebe com base nos arrastos semanais realizados na Marina do Porto de Sines e efetuados até um mês anterior à data de medição do recrutamento, data de amostragem do índice de recrutamento no Cabo de Sines e respetiva medição (datas consideradas no período de maior recrutamento, índice >5).

Data de amostragem de recrutamento	Média de <i>cypris</i> (até 1 mês da data de recrutamento)	Índice de recrutamento
21/08/201	1.3	52
05/09/201	1.8	78.8
01/10/201	6.3	118.8
30/10/201	3	49.6
10/12/201	0.8	33.5
25/07/201	0.4	24.5
12/08/201	1	36.2
02/09/201	3.8	39.6
19/09/201	5.1	28
05/10/201	3.5	30.9
17/11/201	0	7
05/12/201	0	11.4



O índice de recrutamento mais elevado foi em outubro de 2012 com o valor de 118.8 que coincidiu com a maior média de larvas *cypris* disponíveis na coluna de água (6.3) até um mês antes da data de amostragem de recrutamento. Por outro lado, quando o recrutamento foi mais baixo (índice inferior a 12, como ocorreu nas duas últimas datas de amostragem de 2013), não foram amostradas *cypris* de percebe na Marina.

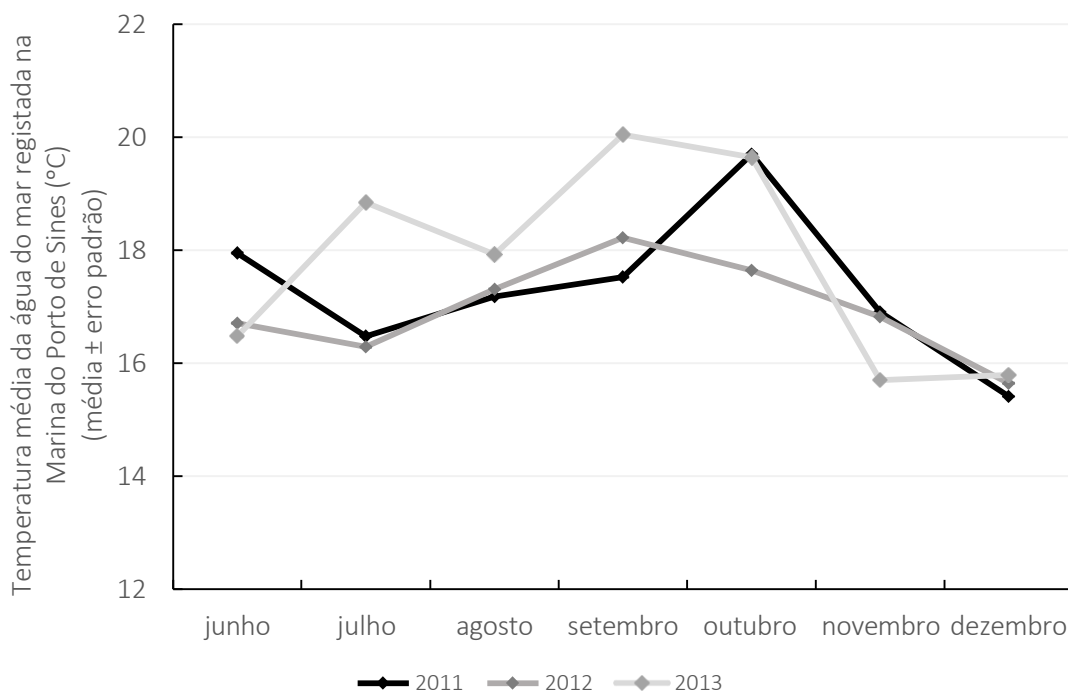
O número médio de larvas *cypris* amostrado semanalmente com arrastos neustónicos na Marina do Porto de Sines (até um mês antes da data de recrutamento) está correlacionado de forma positiva com o recrutamento observado no Cabo de Sines, e encontra-se representado na figura 11 ( $r_s=0.613$ ;  $n=12$ ;  $P=0.034$ ).



**Figura 11:** Relação entre a densidade de *cypris* amostradas nos arrastos neustónicos realizados na Marina do Porto de Sines até um mês antes data de amostragem do índice de recrutamento e o índice de recrutamento de percebe no Cabo de Sines (Correlação de Spearman  $r_s=0.613$ ;  $P=0.034$ ). Período de amostragem foi o mesmo que está representado na Tabela I.

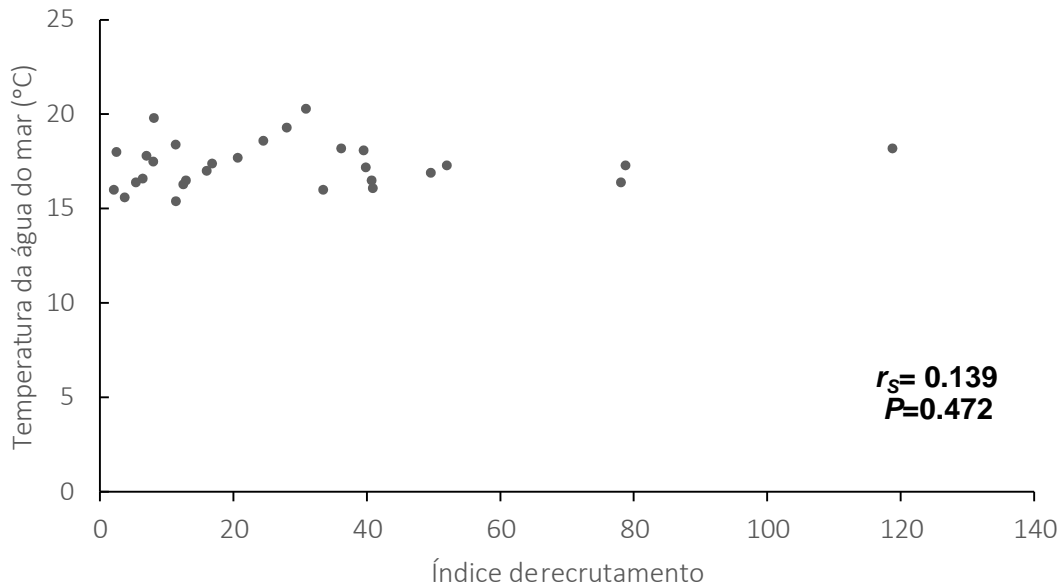
### **4.3. Variação intra-anual do recrutamento e temperatura da água do mar**

A variação da temperatura média mensal da água do mar na Marina do Porto de Sines nos meses de verão e outono de 2011, 2012 e 2013 está representada na figura 12. Os valores médios mensais de temperatura oscilaram entre 15.4 e 20°C. As temperaturas médias mais altas foram registadas em setembro e outubro de 2013 (20 e 19.6°C, respetivamente) e outubro de 2011 (19.7°C). As temperaturas médias mais baixas foram registadas em dezembro de 2011 e 2012 (15.4 e 15.6°C). Os padrões de temperatura média mostram que o ano mais quente foi o de 2013, nomeadamente no verão.



**Figura 12:** Temperatura média mensal da água do mar na Marina do Porto de Sines registada pelo termómetro colocado a 3m da superfície da água durante os meses de junho a dezembro de 2011, 2012 e 2013.

A correlação entre os valores do índice de recrutamento durante os meses de verão e outono de 2011, 2012 e 2013 e os valores médios de temperatura da água do mar calculados até um mês antes da data de recrutamento (figura 13) não foi significativa ( $r_s=0.139$ ;  $P=0.472$ ;  $n=29$ ).



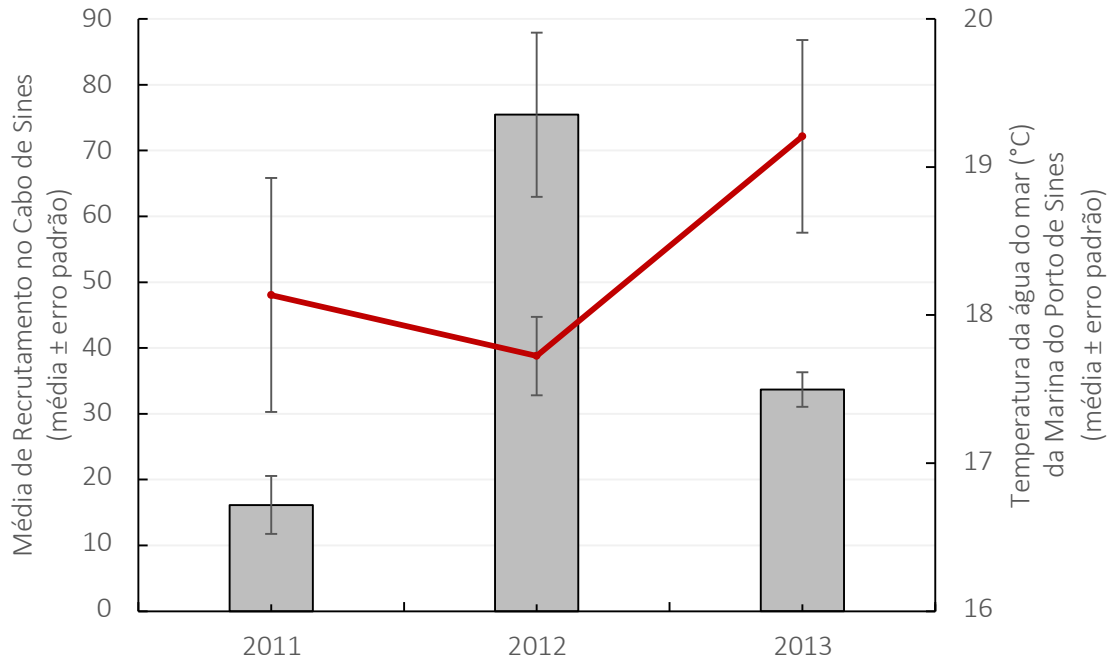
**Figura 13:** Relação entre a temperatura da água do mar até um mês antes da data de recrutamento e o recrutamento no Cabo de Sines (Correlação de Spearman;  $r_s = 0.139$ ;  $P = 0.472$ )

#### **4.4. Variação inter-anual do recrutamento e temperatura da água do mar**

A variação inter-anual do recrutamento compreendido entre agosto e outubro (período considerado de maior recrutamento) em 2011, 2012 e 2013 bem como a variação média da temperatura da água que ocorreu no mesmo período acima referido, encontram-se representadas na figura 14.

Ocorreu variação inter-anual significativa do recrutamento ( $F_{2,9} = 12.45$ ;  $n = 4$ ;  $P = 0.003$ ; dados não transformados pois o teste de Levene foi não significativo,  $P = 0.263$ ). Os testes de SNK ao fator ano revelaram que o recrutamento foi considerado igual em 2011 e 2013 e significativamente inferior ao registado em 2012 ( $P < 0.05$ ). O valor médio do recrutamento em 2012 foi cerca de três vezes mais do que o registado em 2011 e 2013.

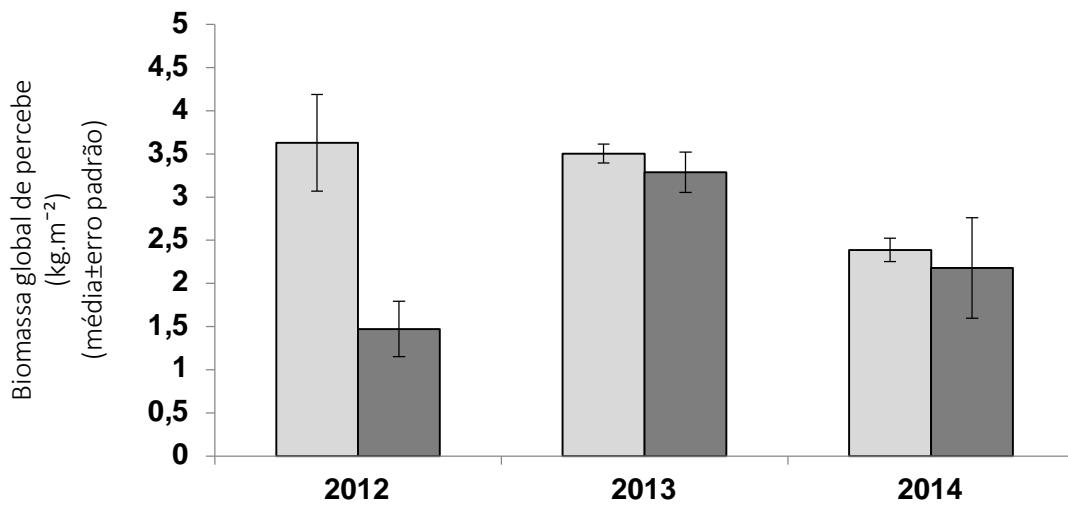
A temperatura média registada entre agosto e outubro de 2011, 2012 e 2013 oscilou entre os 18.1 e os 19.2°C (figura 14). O valor médio mais elevado de recrutamento (75.5) foi registado entre agosto e outubro de 2012 e coincidiu com o valor médio da temperatura mais baixo (17.7°C). A temperatura média mais elevada (19.2°C), correspondeu a um índice de recrutamento intermédio (33.7), e desta forma não parece existir uma relação muito clara entre a temperatura e o recrutamento.



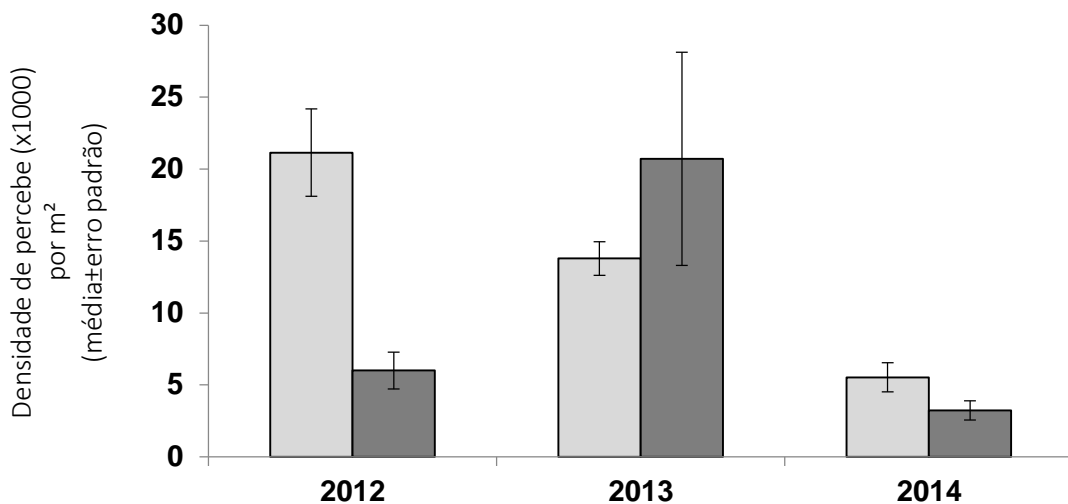
**Figura 14:** Média de recrutamento no Cabo de Sines (barras a cinzento) (média ± erro padrão) entre agosto e outubro de 2011, 2012 e 2013 e a temperatura da água do mar (linha a vermelho) (°C) da Marina do Porto de Sines, registada pelo termómetro a 3m da superfície.

#### **4.5. Variação inter-anual da biomassa, densidade e estrutura dimensional**

A variação inter-anual e entre habitats da biomassa está representada na figura 15. No habitat de baixo, a biomassa variou entre 1.47 kg.m<sup>2</sup> (em 2012) e 3.29 kg.m<sup>2</sup> (em 2013). No habitat de cima a biomassa variou entre 2.38 kg.m<sup>2</sup> (em 2014) e 3.63 kg.m<sup>2</sup> (em 2012). Relativamente à densidade (ver figura 16), no habitat de baixo, o valor médio mais baixo foi observado em 2014 (3232 indivíduos por m<sup>2</sup>) o mais alto em 2013 (20717 indivíduos por m<sup>2</sup>). No habitat de cima, a densidade média variou entre 5530 indivíduos por m<sup>2</sup> (em 2014) e 21145 indivíduos por m<sup>2</sup> (em 2012).



**Figura 15:** Variação inter-anual da biomassa global por m<sup>2</sup> em dois níveis verticais (habitat de baixo: barras escuras; habitat de cima: barras claras).



**Figura 16:** Variação inter-anual da densidade global por m<sup>2</sup> em dois níveis verticais (habitat de baixo: barras escuras; habitat de cima: barras claras).

A análise de variância à biomassa total de percebes mostrou que a interação entre os fatores ano e habitat foi significativa. Os testes SNK a esta interação revelaram que existem diferenças entre os dois habitats (maior biomassa no habitat de cima) em 2012, mas não foram encontradas diferenças significativas em 2013 e 2014. Em relação à variação inter-anual, verificou-se que no habitat de baixo não foi possível encontrar um padrão definido, sendo que a maior biomassa foi observada em 2013 e a menor em 2012. Porém, no habitat de cima a variação inter-anual não mostrou diferenças significativas (Tabela II).

**Tabela II:** Análise de variância da biomassa de percebes (N=3), em relação aos fatores em estudo: habitat (ha) – fixo, ortogonal com 2 níveis (cima e baixo); ano (an) – fixo, ortogonal com 3 níveis (2012, 2013, 2014). Legenda: SQ – soma dos quadrados; MQ – média dos quadrados. Dados não transformados. Teste de Cochran foi não significativo (C=0.4044).

Origem da Variação	g.l.	SQ	MQ	F	P
an	2	4.0588	2.0294	4.83	0.0289
ha	1	3.3196	3.3196	7.90	0.0157
an x ha	2	3.7895	1.8948	4.51	0.0346
Res	12	5.0402	0.4200		
Total	17	16.2082			

A análise de variância à densidade total de percebes mostrou que a interação entre os fatores ano e habitat foi significativa. Os testes de SNK a esta interação revelaram que existiram diferenças entre os dois habitats (maior densidade no habitat de cima) em 2012, mas não foram encontradas diferenças significativas em 2013 e 2014. Em relação à variação inter-anual foram encontrados padrões diferentes entre os habitats. No habitat de baixo a maior densidade foi encontrada em 2013 e foi considerada significativamente superior à densidade de 2012 e 2014 que foi considerada igual. Porém, no habitat de cima, a densidade foi considerada igual em 2012 e 2013, e em ambos os anos a densidade foi mais elevada que 2014 (Tabela III).

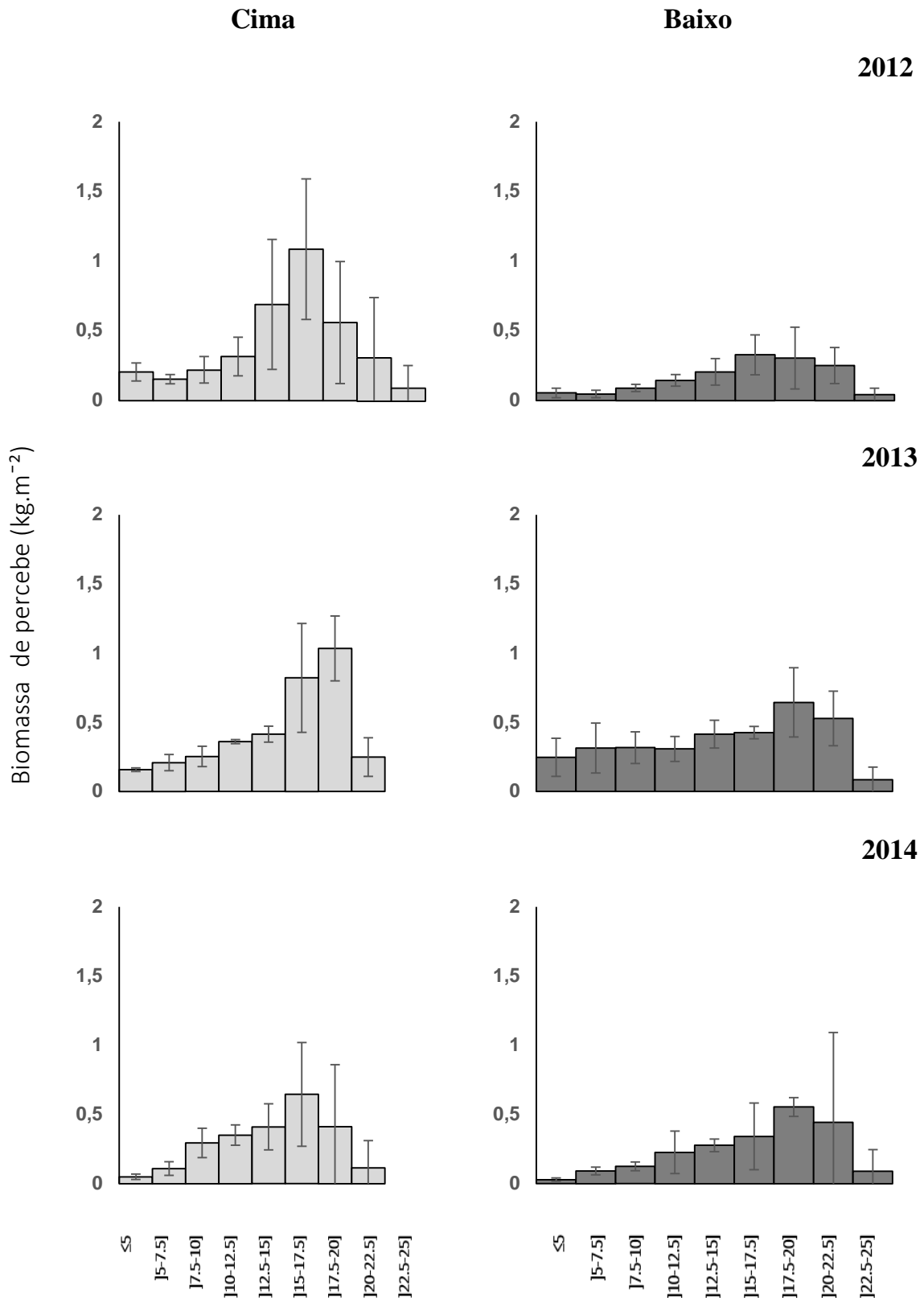
**Tabela III:** Análise de variância da densidade de percebes (N=3), em relação aos fatores em estudo: habitat (ha) – fixo, ortogonal com 2 níveis (cima e baixo); ano (an) – fixo, ortogonal com 3 níveis (2012, 2013, 2014). Legenda: SQ – soma dos quadrados; MQ – média dos quadrados. Dados transformados com logaritmo de base 10. Teste de Cochran foi não significativo (C=0.3682).

Origem da Variação	g.l.	SQ	MQ	F	P
an	2	5.9788	2.9894	20.52	0.0001
ha	1	1.1919	1.1919	8.18	0.0143
an x ha	2	1.9078	0.9539	6.55	0.0119
Res	12	1.7480	0.1457		
Total	17	10.8265			

A variação inter-anual e entre habitats da biomassa (kg por m<sup>2</sup>) e do número de indivíduos (por m<sup>2</sup>) por classe dimensional (RC) está descrita respetivamente nos gráficos das figuras 17 e 18.

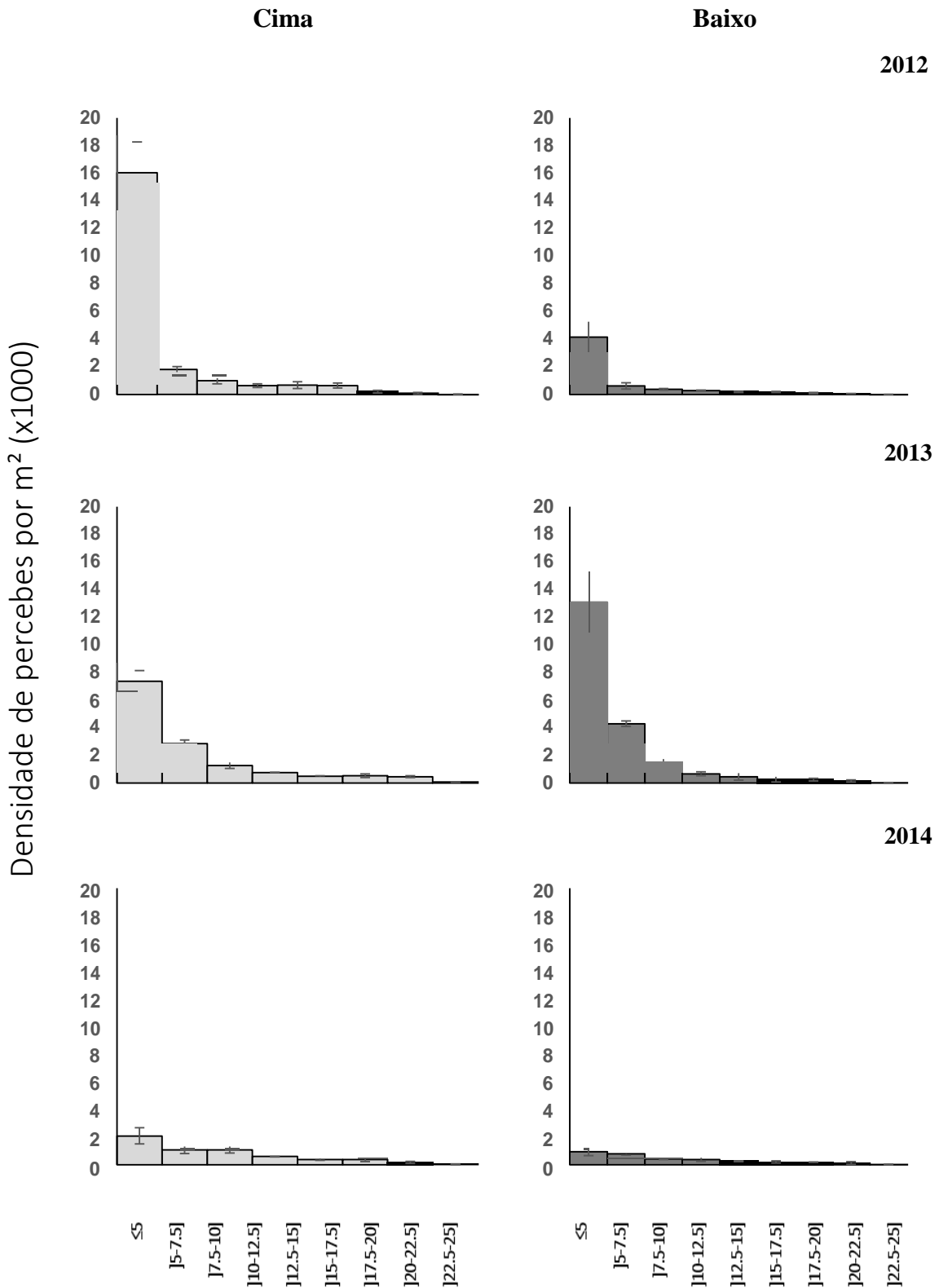
No habitat de cima, não foram encontrados indivíduos com RC >22.5 mm, enquanto no habitat de baixo foram encontrados percebes com estas dimensões em todos os anos. No habitat de cima, a classe que apresentou maior biomassa foi a classe 17.5-20 mm (RC) em 2013, enquanto em 2012 e 2014 foi a de 15-17.5 mm (RC). No habitat de baixo, em 2013 e 2014, as classes que apresentaram mais biomassa foram as dos percebes com RC entre 17.5 mm e 22.5 mm, em 2012 a biomassa foi superior nas classes com percebes com RC entre 15 a 20 mm. De uma forma geral, e nos dois habitats, a classe que apresentou menor biomassa foi a dos percebes mais pequenos (<5 mm), nomeadamente nos anos de 2012 e 2014.

Quanto à variação do número de indivíduos (figura 18), tanto no habitat de cima como no habitat de baixo, a classe melhor representada é a classe com percebes com RC<5 mm, sobretudo em 2012 e 2013. Também é possível observar que a classe seguinte (5-7.5 mm, RC) apresentou uma maior densidade em ambos habitats no ano de 2013. O ano de 2014, foi o ano em que as amostras continham um menor número de percebes, sendo desta forma o ano em que a densidade foi genericamente menor.



**Figura 17:** Frequência absoluta da biomassa ( $\text{kg por m}^2$ ) de *P. pollicipes* (média  $\pm$  erro padrão;  $n=3$ ) em dois níveis verticais estudados (habitat de cima: barras mais claras; habitat de baixo: barras mais escuras) no Cabo de Sines em 2012, 2013 e 2014 (final da Primavera), nas diferentes classes dimensionais (RC) consideradas.





**Figura 18:** Densidade expressa pela frequência absoluta do número ( $\times 10^3$ ) de *P. pollicipes* por m<sup>2</sup> (média  $\pm$  erro padrão; n=3) nos dois níveis em dois níveis verticais estudados (habitat de cima: barras mais claras; habitat de baixo: barras mais escuras) no Cabo de Sines em 2012, 2013 e 2014 (final da primavera), nas diferentes classes dimensionais (RC) consideradas.

A análise multivariada de variância (PERMANOVA) à biomassa das várias classes dimensionais mostrou que apenas o fator habitat foi significativo (Tabela IV). Com base nos testes SIMPER, verificou-se que estas diferenças entre habitat são devidas a valores de biomassa genericamente mais elevados em todas as classes dimensionais em cima, com exceção das classes de maiores dimensões ([20-22.5] e [22.5-25]) (figura 17).

**Tabela IV:** Análise multivariada com permutações (PERMANOVA) da biomassa (kg por m<sup>2</sup>) das várias classes dimensionais de percebes (N=3), em relação aos fatores: ano (an); habitat (ha). Legenda: g.l – graus de liberdade; SQ – soma dos quadrados; MQ – média dos quadrados.

Origem da Variação	g.l.	SQ	MQ	Pseudo-F	P(perm)	Permutações
<b>an</b>	2	764	382	1.7566	0.09	996
<b>ha</b>	1	1009.9	1009.9	4.6437	0.013	999
<b>an x ha</b>	2	560.47	280.24	1.2886	0.247	999
<b>Res</b>	12	2609.7	217.47			
<b>Total</b>	17	4944				

A análise multivariada de variância (PERMANOVA) da densidade das várias classes dimensionais de percebes por m<sup>2</sup> mostrou que a interação entre os fatores habitat e ano foi significativa (Tabela V). Através dos testes de Pair-Wise a esta interação, verificou-se que quanto ao fator habitat, os padrões encontrados foram semelhantes aos da biomassa (diferenças significativas entre habitats em 2012, e habitats considerados semelhantes em 2013 e 2014). Com base nos testes SIMPER, verificou-se que estas diferenças entre habitats detetadas em 2012 são devidas genericamente a um maior número de percebes em cima do que em baixo em todas as classes dimensionais, com exceção da classe entre 20 e 22.5 mm (RC) que apresenta mais percebes em baixo (figura 18).

Quanto ao fator ano, os testes mostram que no habitat de cima a densidade de percebe foi considerada diferente nos 3 anos. Com base nos testes SIMPER, foi possível verificar que 2014 foi o ano em que a densidade de percebes foi menor em todas as classes dimensionais neste habitat. Relativamente a 2012 e 2013, em 2012 houve maior densidade de percebes nas classes <5, [12.5 - 15] e [15 - 17.5] e em 2013 a densidade foi superior nas classes [5 - 7.5], [7.5 - 10], [10-12.5], [17.5 - 20] e [20 - 22.5] no habitat de cima. No habitat de baixo, o padrão encontrado foi diferente, tendo o ano de 2013 sido considerado diferente dos anos de 2012 e 2014 que foram considerados

iguais. Com base nos testes SIMPER, as diferenças entre 2013 e os restantes anos neste habitat explicam-se devido à maior densidade de percebes em todas as classes dimensionais relativamente aos outros anos (ver figura 18).

**Tabela V:** Análise multivariada com permutações (PERMANOVA) da densidade das várias classes dimensionais de percebes (N=3), em relação aos fatores: ano (an); habitat (ha). Legenda: g.l – graus de liberdade; SQ – soma dos quadrados; MQ – média dos quadrados.

Origem da Variação	g.l.	SQ	MQ	Pseudo-F	P(perm)	Permutações
<b>an</b>	2	2416.8	1208.4	9.8256	0.001	999
<b>ha</b>	1	833.29	833.29	6.7756	0.004	999
<b>an x ha</b>	2	838.6	419.28	3.4092	0.01	998
<b>Res</b>	12	1475.8	122.98			
<b>Total</b>	17	5564.5				

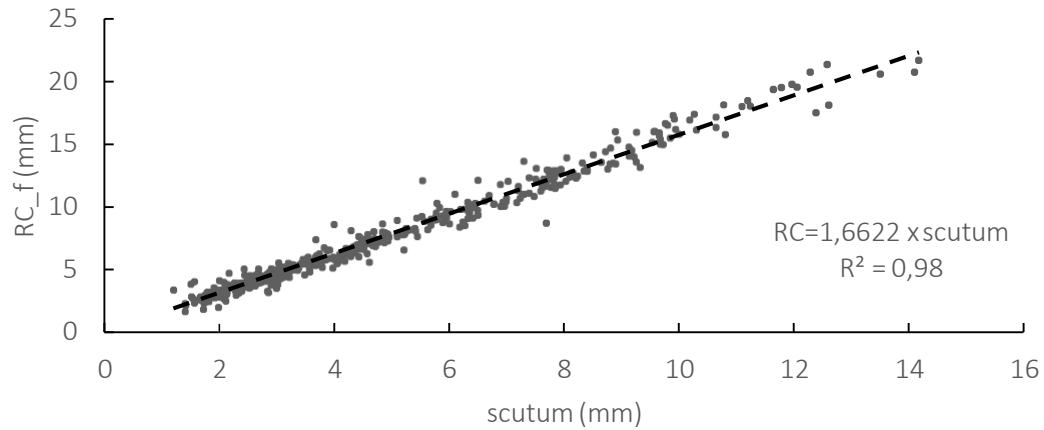
#### **4.6. Crescimento**

Foram observadas marcas de epifluorescência em 568 percebes (tamanho variou entre 1.7 mm e 21.8 mm de RC) num total de 582 percebes que foram recolhidos.

A maioria dos percebes não marcados eram juvenis (n=8; RC<10) que provavelmente se fixaram após a marcação com a calceína, e alguns percebes adultos não marcados (n=6, RC>16).. As observações sugerem uma taxa de sucesso de 97% do método da calceína tanto em juvenis como em percebes adultos num período aproximadamente de 2.4 meses (71 dias), apesar de as marcas de calceína terem sido mais fáceis de detetar sob epifluorescência nos indivíduos juvenis.

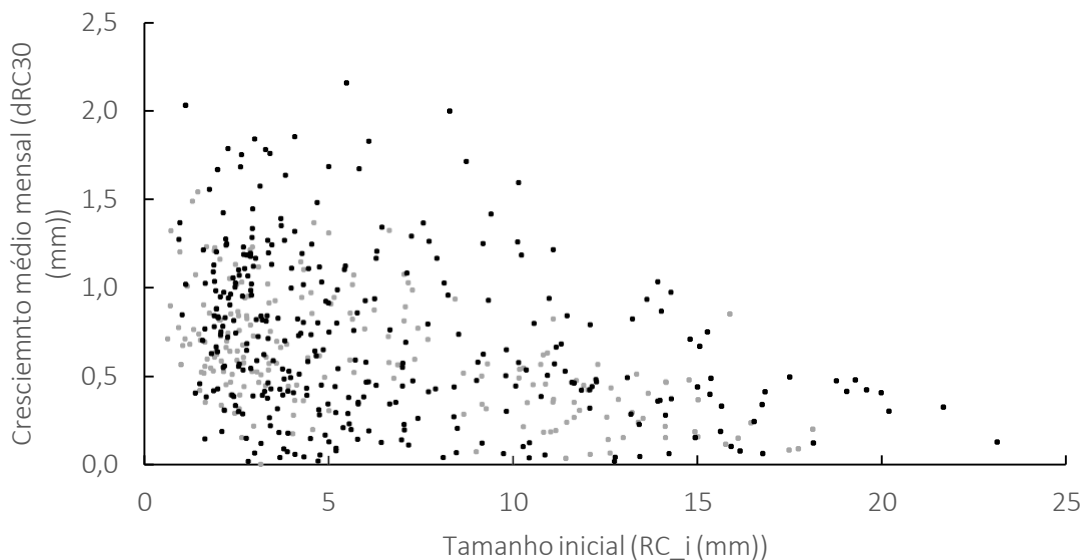
Como foi descrito por Jacinto *et al.*, (2015), foi encontrada uma relação positiva entre as medições feitas nas placas principais que compõem o *capitulum* (*scutum* e *tergum*) e RC, bem como entre as próprias placas, e deste modo, em todas as medições e relações feitas entre as variáveis, foram apenas utilizadas as medições feitas na placa *scutum* direito (sd).

A figura 19 representa a regressão linear que define a relação entre o RC final (RC\_f) e o comprimento máximo das placas *scutum* direito (sd\_f). A partir da análise do gráfico pode observar-se que existe uma relação positiva, em que 98% do RC se encontra diretamente relacionado com o comprimento máximo do *scutum*.



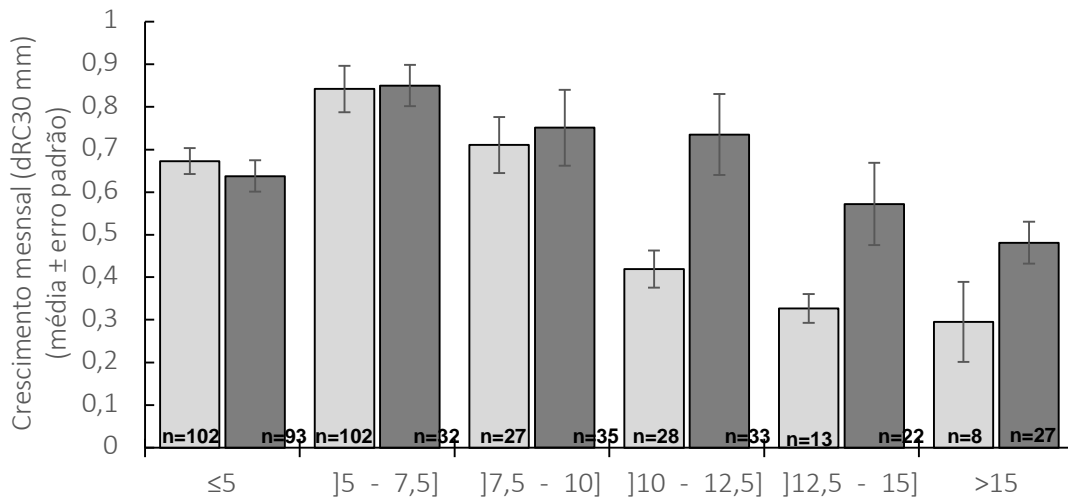
**Figura 19:** Relação entre o RC final (RC\_f) com o comprimento máximo (sd\_f) das placas *scutum* direito.

A taxa de crescimento individual mensal (dRC30) dos percebes no Cabo de Sines em relação ao RC inicial (figura 19) variou entre 0 (indivíduos em que não foi detetado crescimento) e 2.2 mm. A observação desta figura mostra também uma elevada variação do crescimento individual, sobretudo dos percebes mais pequenos (<10 mm, RC). A taxa de crescimento mensal dos percebes diminuiu à medida que o RC aumenta, nomeadamente no habitat de cima (figuras 20 e 21).



**Figura 20:** Variação entre o crescimento individual mensal (dRC30) e o tamanho inicial (RC\_i) de *P. pollicipes* na primavera (17 de março a 27 de maio) nos dois habitats (cima: pontos mais claros; baixo: pontos mais escuros).

A taxa mensal de crescimento de percebes durante a primavera foi diferente para diferentes classes dimensionais (figura 20) no Cabo de Sines. As médias de crescimento mensal mais altas variaram de 0.8 a 0.9 mm (RC) e foram registadas na classe ]5 – 7.5] respetivamente nos habitats de cima e de baixo, e as médias de crescimento mensal mais baixas variaram de 0.3 a 0.5 para os percebes com RC >15 mm, respetivamente para o habitat de cima e de baixo.



**Figura 21:** Crescimento médio mensal (dRC30 mm) (média ± erro padrão) em diferentes classes dimensionais de RC (habitat de cima: barras mais claras; habitat de baixo: barras mais escuras) no Cabo de Sines. O número de percebes amostrado em cada classe e habitat está referido em cima de cada barra.

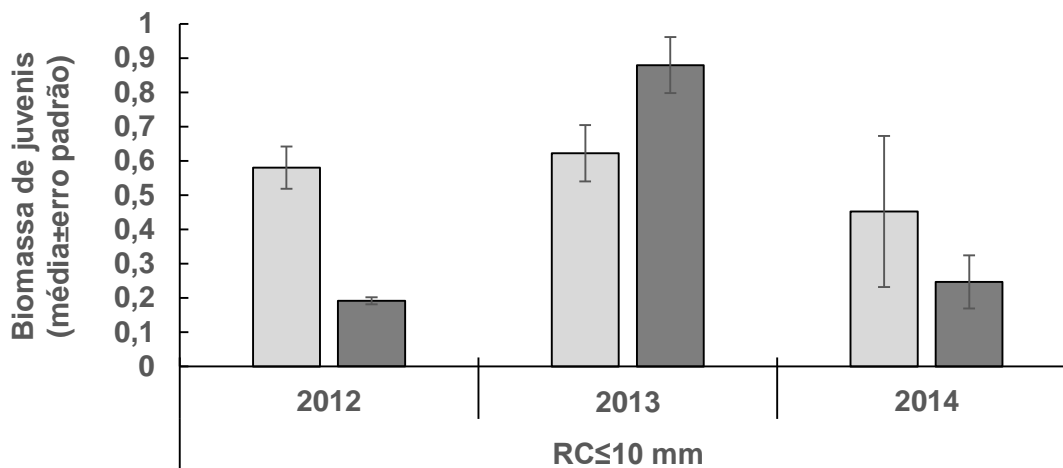
A análise multivariada (PERMANOVA) ao crescimento dos percebes mostrou resultados significativos à interação dos fatores classe e habitat (tabela VI). Os testes de Pair-Wise, mostraram que no habitat de cima existe um padrão em que as classes com percebes de RC de menores dimensões (≤5; ]5 – 7.5] e ]7.5 - 10]) crescem mais que os percebes das classes (RC) de maiores dimensões (]10 – 12.5]; ]12.5 - 15] e >15) (figura 21). Neste habitat, estes testes também permitem verificar que o crescimento dos percebes da classe ≤5 é igual ao da classe ]7.5 - 10] e diferente do da classe ]5 – 7.5]. No habitat de baixo não se conseguiu definir um padrão como no habitat de cima, tendo sido observado um maior crescimento na classe ]5 – 7.5] e um menor na classe >15 mm (RC). Quanto ao fator habitat, os testes de Pair Wise mostram que a única classe em que houve diferenças significativas da taxa de crescimento entre habitats foi a classe ]10 – 12.5], sendo o crescimento no habitat de baixo superior ao do habitat de cima (figura 21).

**Tabela VI:** Análise univariada com permutações (PERMANOVA) da taxa de crescimento mensal de percebes (dR30), em relação aos fatores classe (cl) e habitat (ha). Legenda: g.l – graus de liberdade; SQ – soma dos quadrados; MQ – média dos quadrados.

Origem da Variação	g.l.	SQ	MQ	Pseudo-F	P(perm)	Permutações
cl	5	7.2794	1.4559	9.3159	0.001	998
ha	1	1.2832	1.2832	8.2112	0.005	998
cl x ha	5	1.8762	0.37525	2.4011	0.036	999
Res	511	79.858	0.15628			
Total	522	90.175				

#### **4.7 Variação inter-anual de biomassa e densidade de juvenis (RC<10 mm) em Maio/Junho**

A figura 22 ilustra a variação da biomassa (kg por m<sup>2</sup>) da classe dos juvenis (RC≤10 mm) presentes em maio/junho em 2012, 2013 e 2014, e nos dois habitats. Na respetiva análise de variância (tabela VII) verificou-se que a interação entre os fatores ano e habitat foi significativa.



**Figura 22:** Biomassa de *P. pollicipes* por m<sup>2</sup> da classe de juvenis (RC≤10 mm) em maio/junho, nos 2 habitats estudados em 2012, 2013, 2014 (média ± erro padrão; n=3); (habitat de cima: barras mais claras; habitat de baixo: barras mais escuras) no Cabo de Sines.

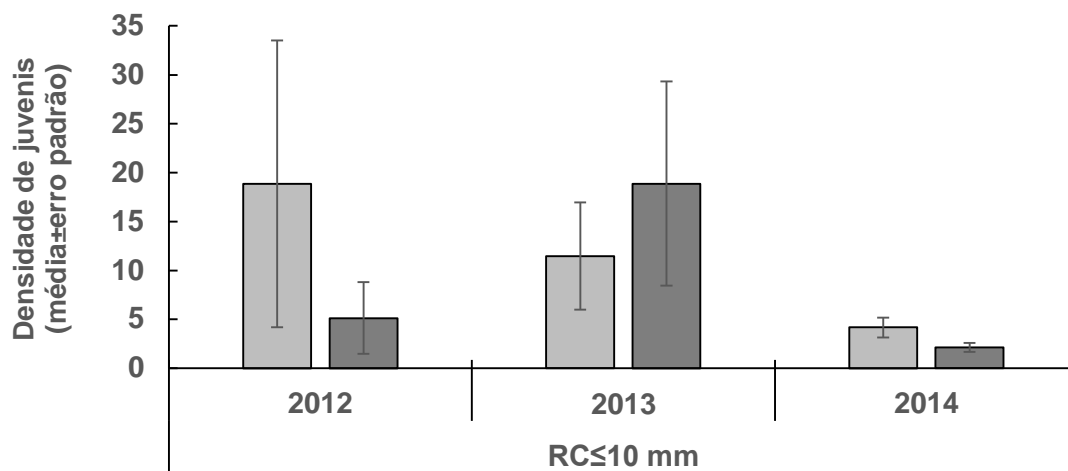
Os testes SNK realizados a essa interação revelaram que em 2012 a biomassa dos juvenis no habitat de cima foi superior à obtida no habitat de baixo (esse padrão pode ser observada na figura 22). Em 2013 e 2014 não foram observadas diferenças significativas entre habitats. Quanto ao fator ano, os testes SNK mostraram que a

biomassa dos juvenis no habitat de cima foi igual nos 3 anos. Já no habitat de baixo, a biomassa de juvenis em 2013 foi superior à biomassa encontrada em 2012 e 2014, sendo 2012 e 2014 considerados anos com biomassa igual de juvenis.

**Tabela VII:** Análise de variância da biomassa de percebes (N=3) juvenis ( $RC \leq 10\text{mm}$ ), em relação aos fatores em estudo: habitat (ha) – fixo, ortogonal com 2 níveis (cima e baixo); ano (an) – fixo, ortogonal com 3 níveis (2012, 2013, 2014). Legenda: SQ – soma dos quadrados; MQ – média dos quadrados. Dados transformados com raiz quadrada. Teste de Cochran foi não significativo ( $C=0.5644$ ).

Origem da Variação	g.l.	SQ	MQ	F	P
<b>an</b>	2	0.0940	0.0470	7.76	0.069
<b>ha</b>	1	0.0126	0.0126	2.08	0.1747
<b>an x ha</b>	2	0.0523	0.0262	4.32	0.0385
<b>Res</b>	12	0.0726	0.0061		
<b>Total</b>	17	0.2316			

A figura 23 mostra a variação da densidade por  $\text{m}^2$  da classe dos juvenis ( $RC \leq 10$  mm) presentes em maio/junho de 2012, 2013 e 2014, e nos dois habitats. Na respetiva análise de variância (tabela VIII) verifica-se que a interação aos fatores ano e habitat foi significativa.



**Figura 23:** Densidade de *P. pollicipes* por  $\text{m}^2$  da classe de juvenis ( $RC \leq 10$  mm) em maio/junho, nos 2 habitats estudados em 2012, 2013, 2014 (média  $\pm$  erro padrão;  $n=3$ ); (barras claras – habitat de cima; barras escuras – habitat de baixo).

Os testes SNK realizados à interação mostram que em 2012 a densidade de percebes juvenis no habitat de cima foi superior à densidade no habitat de baixo (esse padrão pode ser observado na figura 23), e que em 2013 e 2014 a densidade de percebes foi considerada semelhante nos 2 habitats. Quanto ao fator ano, no habitat de cima, os valores mostram um padrão de densidade em 2012 e 2013 considerados iguais e ambos maiores que 2014. Já no habitat de baixo, os teste mostram um padrão em que 2013 foi o ano com maior densidade de percebes juvenis, seguido de 2012 e por fim, o ano com densidade menor de juvenis foi 2014.

**Tabela VIII:** Análise de variância da densidade de percebes (N=3) juvenis ( $RC \leq 10\text{mm}$ ), em relação aos fatores em estudo: habitat (ha) – fixo, ortogonal com 2 níveis (cima e baixo); ano (an) – fixo, ortogonal com 3 níveis (2012, 2013, 2014). Legenda: SQ – soma dos quadrados; MQ – média dos quadrados. Dados transformados por  $\log_{10}$ . Teste de Cochran foi não significativo ( $C=0.3205$ ).

Origem da Variação	g.l.	SQ	MQ	F	P
<b>an</b>	2	8.2088	4.1044	19.95	0.0002
<b>ha</b>	1	1.3433	1.3433	6.53	0.0252
<b>an x ha</b>	2	2.2877	1.1438	5.56	0.0195
<b>Res</b>	12	2.4683	0.2057		
<b>Total</b>	17	14.3081			



## **5. Discussão**

O percebe (*Pollicipes pollicipes*) é um recurso vivo da zona intertidal rochosa que apresenta uma elevada importância económica. Pelo facto de ser bastante explorado, os estudos relacionados com a biologia e a ecologia desta espécie tornam-se importantes, para que seja possível fazer a sua gestão de uma forma mais adequada. Os temas abordados neste estudo estão relacionados com a disponibilidade larvar, o recrutamento, a estrutura dimensional da população e o crescimento de *P. pollicipes*. O padrão de disponibilidade das larvas *cypris* foi estudado em 2 locais com condições oceanográficas distintas, a Marina do Porto de Sines, local abrigado e onde o percebe é raro, e o Cabo de Sines, local com elevado hidrodinamismo e onde o percebe é abundante. Os restantes temas foram estudados apenas no Cabo de Sines.

Neste trabalho foi encontrada uma correlação positiva significativa entre o Cabo de Sines e a Marina do Porto de Sines relativamente à abundância de larvas *cypris* de *P. pollicipes* junto ao substrato. Apesar de na Marina do Porto de Sines os percebes adultos serem muito raros, foi possível observar a existência de larvas neste local, mesmo que em quantidades menores (3 a 4 vezes menos) comparando com o Cabo de Sines. Este padrão de menor abundância de larvas numa zona abrigada por um cabo (Marina) é contrário ao observado em outros estudos (ex.: Mace e Morgan, 2006, Morgan e Fisher, 2010, Morgan *et al.*, 2011). Num estudo realizado por Mace e Morgan (2006) na Califórnia com larvas de invertebrados marinhos, observou-se uma acumulação e maior abundância de larvas numa zona resguardada comparativamente à zona mais exposta à ondulação.

No entanto, essa retenção larvar de *P. pollicipes* não ocorre na zona de estudo. Morgan e Fisher (2010) observaram que para algumas espécies de crustáceos a retenção das larvas ocorre em zonas abrigadas e para outras espécies essa retenção pode ocorrer nas zonas mais expostas.

Foi também encontrada uma correlação positiva entre a abundância de *cypris* da Marina e o recrutamento de percebe no Cabo de Sines. Estabelecer esta relação entre a disponibilidade larvar (*cypris*) e o recrutamento é importante pois sugere que a variação do recrutamento poderá ser explicada por variação da disponibilidade larvar. Além do mais, o facto de o Cabo de Sines ser um local de elevado hidrodinamismo, dificulta a amostragem da disponibilidade larvar. Posto isto, encontradas estas relações positivas entre a abundância de *cypris* de ambos os locais e o recrutamento que ocorre no Cabo de Sines, a Marina poderá vir a funcionar como um indicador da disponibilidade larvar de

*cypris* de *P. pollicipes* no Cabo de Sines, e, conseqüentemente, do recrutamento desta espécie.

Existe pouca bibliografia publicada sobre a abundância larvar de *P. pollicipes*. Macho *et al.*, (2005) estudou os momentos de libertação das larvas e os fatores que desencadeiam esses mesmos ritmos, na costa rochosa do Cabo Couso, na Galiza. Os resultados do estudo, demonstram que todos os cirrípedes estudados (*Chthamalus spp.*, *Ballanus spp.*, e *P. pollicipes*) apresentam ritmos de libertação das larvas diferentes entre si, sendo que a libertação das *nauplius* de *P. pollicipes* ocorre durante a maré cheia diurna em lua minguante e em menor abundância durante a lua cheia. Macho (2006) estudou a disponibilidade de *cypris* de *P. pollicipes*, mas os resultados encontrados foram pouco robustos, uma vez que o número de *cypris* amostrado foi bastante reduzido (máximo de 5 *cypris*.m<sup>-3</sup>).

No presente estudo, foi possível observar uma variação inter-anual do recrutamento de *P. pollicipes* no Cabo de Sines. Em relação à intensidade do recrutamento, ocorreram diferenças significativas entre os anos estudados, sendo o ano de 2012 o que demonstrou uma intensidade maior, comparativamente aos anos 2011 e 2013. Quanto à extensão desse período, não parecem ocorrer diferenças acentuadas, pois nos três anos o período de recrutamento prolongou-se até ao mês de dezembro. Apenas se notou uma ligeira variação no início do período de recrutamento. Tal como em Cruz (2000), os períodos de maior intensidade de recrutamento ocorreram durante o verão e o outono, com a exceção de 2011 onde também foi encontrado um pico de recrutamento no mês de dezembro. O período de recrutamento teve uma duração de 5 a 7 meses, período semelhante ao encontrado por Cruz (2000) no Cabo de Sines e por Macho (2006) na Galiza.

No presente trabalho, a variação intra-anual do recrutamento que ocorreu no Cabo de Sines, durante os meses de verão e outono, não se encontra associada à variação da temperatura da água do mar.

Não foi encontrada nenhuma relação entre os índices de recrutamento com os valores de temperatura médios da água do mar (até um mês da data que foi feito o recrutamento). Apesar de ter ocorrido uma variação inter-anual do recrutamento (2011 e 2013 com índices iguais e inferiores a 2012), a temperatura média mais elevada correspondeu a um índice de recrutamento intermédio, não indicando uma relação muito clara entre estas duas variáveis. Cruz (2000) e Macho (2006) em trabalhos realizados com o recrutamento de *P. pollicipes*, também não encontraram nenhuma relação entre o recrutamento e a temperatura. Tal como foi sugerido por Cruz *et al.*, (2010), a variação

inter-anual do recrutamento em relação à intensidade e extensão desse período precisa de ser melhor estudada, no sentido de identificar os fatores que explicam essa mesma variabilidade.

O estudo do crescimento percebes mostrou uma taxa máxima de crescimento individual durante a primavera de 2.2 mm de RC (distância máxima entre as placas *rostrum* e *carina*, que compõem o *capitulum*) por mês, sendo que houve indivíduos com uma taxa de crescimento nula. A taxa de crescimento diminui com o tamanho (RC) e foi ainda encontrada uma variação de crescimento individual mais elevada nos percebes de menores dimensões em comparação com os percebes de maiores dimensões. A taxa de crescimento mensal durante a primavera foi diferente para as diferentes classes dimensionais que neste trabalho foram estudadas. Desta forma, as médias de crescimento mais elevadas variaram entre os 0.8 e os 0.9 mm (RC) para a classe ]5 – 7.5] mm, respetivamente nos habitats de cima e baixo. Enquanto as médias de crescimento mais baixas foram de 0.3 a 0.5 mm (RC) para os percebes com RC > 15 mm, respetivamente para o habitat de cima e baixo.

Foram encontradas diferenças espaciais do crescimento dos percebes apenas numa classe dimensional (]10 – 12.5] mm), em que o crescimento dos indivíduos no habitat de baixo (0.73 mm) foi significativamente superior ao crescimento no habitat de cima (0.42 mm). Para as restantes classes dimensionais de RC, essas diferenças entre habitats não se verificaram. No habitat de cima foi observado um padrão de crescimento em que os percebes com RC inferior a 10 mm apresentam um crescimento superior comparativamente aos indivíduos de RC superior a 10 mm. Para o habitat de baixo não se encontrou um padrão tão definido como no habitat de cima, no entanto, foi observado o crescimento mais elevado na classe ]5 – 7.5] mm e mais baixo nos percebes com RC > 15 mm.

No estudo realizado por Jacinto *et al.*, (2015) estudou-se o crescimento desta espécie no Cabo Sardão (local situado a sul do Cabo de Sines) recorrendo ao mesmo método da marcação com calceína. Tal como no Cabo de Sines, Jacinto *et al.*, (2015), observou um crescimento acentuado nos indivíduos de menores dimensões, sendo que a taxa de crescimento diminuiu com o aumento do RC dos indivíduos (Cruz, 1993, 2000; Cruz *et al.*, 2010). Os valores de crescimento encontrados no Cabo de Sines foram ligeiramente diferentes aos que Jacinto *et al.*, (2015) encontrou no Cabo Sardão. O modelo utilizado por estes autores (GAM – Generalized Additive Model), mostrou taxas de crescimento mensal médio de 1.1 mm para RC≈5 mm, 0.5 mm para RC≈12.5 mm e 0.25 mm para RC>18 mm. Neste trabalho, não se aplicou o mesmo modelo pois

foi pouco explicativo ( $p < 0.05$ ,  $DE = 15.6\%$ ) e desta forma, os valores médios de crescimento dos percebes foram estimados de acordo com as classes dimensionais de RC. Nos percebes de menores dimensões ( $RC \approx 7.5$  mm) as taxas médias de crescimento foram superiores em Jacinto *et al.*, (2015), comparativamente ao presente estudo.

No entanto, quando comparados os percebes de maiores dimensões, as taxas médias de crescimento foram superiores neste trabalho (0.7 mm  $RC \approx 12.5$  mm e 0.5 mm  $RC \geq 15$  mm). A taxa de crescimento dos juvenis diferiu também de Cruz *et al.*, (2010) onde, num trabalho de monitorização de 11 indivíduos que recrutaram numa superfície limpa, estimou-se uma taxa de crescimento média de 1.3 mm (RC) por mês durante o primeiro ano de vida. Foi ainda descrito uma taxa de crescimento de 0.47 mm durante a primavera e o inverno de indivíduos com  $RC \geq 10$  mm (Cruz, 2000 numa revisão de Cruz, 1993).

Os valores médios globais de biomassa de percebe no Cabo de Sines variaram no habitat de cima entre  $2.38 \text{ kg.m}^{-2}$  (em 2014) e  $3.63 \text{ kg.m}^{-2}$  (em 2012). Para o habitat de baixo, a biomassa variou entre  $1.47 \text{ kg.m}^{-2}$  (em 2012) e  $3.29 \text{ kg.m}^{-2}$  (em 2013). Sousa *et al.*, (2013) num estudo de padrões de distribuição e abundância de percebe em áreas onde a apanha é permitida, ao longo da costa portuguesa (como é o caso do Cabo de Sines) apresentou valores médios de biomassa para o habitat de cima de  $4.1 \text{ kg.m}^{-2}$  e para o habitat de baixo valores médios de biomassa de  $0.8 \text{ kg.m}^{-2}$ .

Os dados de biomassa obtidos neste estudo encontram-se dentro da mesma ordem de grandeza que os valores em Sousa *et al.*, (2013), embora a biomassa de percebe por  $\text{m}^2$  tenha sido ligeiramente superior no habitat de baixo.

Quanto à densidade de percebe por  $\text{m}^2$ , o número de indivíduos no habitat de cima variou entre 5530 indivíduos por  $\text{m}^2$  (em 2014) e 21145 indivíduos por  $\text{m}^2$  (em 2012). No habitat de baixo, essa variação ocorreu entre 3232 indivíduos por  $\text{m}^2$  (em 2014) e 20717 indivíduos por  $\text{m}^2$  (em 2013). Sousa *et al.*, (2013) observou no habitat de cima um valor médio de 7370 indivíduos por  $\text{m}^2$  no habitat de cima e 1076 indivíduos por  $\text{m}^2$  no habitat de baixo.

Mais uma vez, estes valores estão em conformidade com Sousa *et al.*, (2013), que apesar da densidade de percebe ser relativamente maior, no presente estudo, observou-se uma abundância de percebe maior no habitat de cima em relação ao habitat de baixo. Estes autores encontraram assim diferenças significativas de biomassa e densidade entre os 2 níveis intertidais estudados. No entanto neste trabalho, essas diferenças foram apenas encontradas em 2012, que de forma geral, em 2012 a biomassa

e densidade de percebes foi superior no habitat de cima em comparação com o habitat de baixo.

Para ambos os habitats e anos estudados, a classe dimensional de RC que se destacou em relação à densidade foi a classe dos percebes mais pequenos ( $RC \leq 5$  mm). Foi possível observar uma variação da biomassa entre os habitats estudados. Desta forma, no habitat de cima foram encontrados com maior frequência percebes com RC entre 15 a 20 mm, enquanto no habitat de baixo a classe dimensional com maior biomassa corresponde aos percebes com RC entre 17.5 a 22.5 mm.

Sousa *et al.*, (2013) observou que no habitat de cima ocorre uma maior proporção de percebes juvenis ( $5 > RC < 12.5$  mm), enquanto no habitat de baixo os percebes apresentam uma maior abundância de adultos com elevado interesse comercial ( $RC > 20$  mm).

Os resultados mostram que no habitat de baixo os percebes atingiram maiores dimensões e são relativamente mais pesados, tal como Sousa *et al.*, (2013). A variação da estrutura da população no estudo de Sousa *et al.*, (2013) mostrou diferenças significativas em relação à densidade de percebes entre habitats. No entanto, neste trabalho, essas diferenças só foram observadas em 2012.

A explicação proposta por Sousa *et al.*, (2013) para esta variação de densidade entre habitats está relacionada com a possibilidade de no habitat de cima haver um maior índice de recrutamento e uma maior sobrevivência dos juvenis, e que no habitat de baixo os percebes apresentam um crescimento mais elevado.

Cruz *et al.*, (2010) sugere que a elevada sobrevivência dos indivíduos com  $RC \leq 5$  mm no habitat de cima pode estar associada a uma menor pressão da predação, devido a um menor tempo de imersão. A hipótese do recrutamento ocorrer em maiores quantidades no habitat de cima não é a mais provável, pois Cruz *et al.*, (2010) observou que o recrutamento de *P. pollicipes* no SW de Portugal é maior no habitat de baixo.

Para as diferenças de biomassa entre habitats, os padrões encontrados por Sousa *et al.*, (2013) não foram tão claros como os padrões de densidade. Estes autores referem que no habitat de cima, a biomassa é mais elevada nos juvenis e pequenos adultos ( $12.5 > RC < 17.5$  mm), e no habitat de baixo encontram-se os percebes com interesse comercial.

De uma forma geral, o padrão observado neste estudo mostrou uma maior densidade das classes dimensionais de RC de maiores e menores dimensões no habitat de baixo, uma vez que se verificou um maior número de percebes com RC entre 5 a 10 mm e com RC maior que 20 mm. Em contra partida, no habitat de cima prevalecem

as classe dimensionais de RC intermédias (RC entre 12.5 e 17.5 mm) à exceção da classe mais baixa (RC < 5 mm). O padrão de biomassa já foi diferente, pois não se observaram diferenças inter-anuais, tendo sido apenas observadas diferenças em 2012, com as classes dimensionais de RC no habitat de cima terem apresentado mais biomassa que no habitat de baixo. No entanto, não se observou uma variação inter-anual da estrutura da população no que diz respeito à biomassa. A elevada proporção de indivíduos de maiores dimensões no habitat de baixo já foi observada também noutros estudos (Barnes, 1996; Borja *et al.*, 2006b, Cruz *et al.*, 2010).

A variação da estrutura da população que se observou pode estar associada ao crescimento dos percebes, visto que quando foram observadas diferenças no crescimento entre habitats, estas foram de maior crescimento no habitat de baixo do que no de cima. Contudo, é importante referir que o estudo do crescimento apresenta algumas limitações. O número de indivíduos com RC superior a 15 mm é bastante reduzido ( $\approx$  60 indivíduos), o que limita compreender se existiria ou não diferenças entre habitats nesta classe dimensional.

O facto de no habitat de baixo se encontrarem os percebes com maiores dimensões e que apresentam uma biomassa mais elevada, faz com que este deva ser o principal motivo pelo qual a exploração deste recurso ocorre com mais intensidade neste local.

A variação inter-anual da densidade total foi mais acentuada do que a variação inter-anual da biomassa total, tendo sido obtido em ambos os habitats um padrão definido de variação de densidade, enquanto no caso da biomassa, tal não foi encontrado. No entanto, em ambos os habitats, o ano em que houve maior densidade total (2012 e 2013 no habitat de cima, 2013 no habitat de baixo) foram também os anos que apresentaram maior biomassa total.

A maior biomassa total registada no habitat de baixo em 2013 poderá ter sido consequência do maior recrutamento que ocorreu no verão e outono de 2012. Na verdade, quando se consideraram apenas os juvenis (percebes com RC < 10 mm considerados como tendo na sua maioria menos do que um ano de idade), no habitat de baixo também foi observada maior densidade e maior biomassa em 2013. A influência da variação do recrutamento no verão e outono dum ano na densidade e biomassa do ano seguinte já não parece ocorrer no habitat de cima, pois não foram encontradas diferenças entre anos na biomassa de juvenis, e o padrão de variação de densidade de

juvenis neste habitat não foi claro, tendo sido 2012 e 2013 anos considerados com densidade iguais e superiores a 2014, e não o ano de 2013 como era esperado.

No entanto, tendo em consideração que o habitat de baixo é o mais explorado, pode-se considerar que a variação do recrutamento dum ano afeta a biomassa de juvenis no ano seguinte, mas esta influência não parece subsistir no tempo, pois 2014 não parece ter mais percebes maiores (resultantes do recrutamento de 2012) do que os outros anos. Aliás, 2014 foi um ano em que de forma genérica a densidade foi mais reduzida, o que indica que outros fatores possam também interferir nestas relações (ex.: perturbações físicas durante o inverno marítimo). Assim, serão necessários mais anos de observações e de estudo da relação entre o recrutamento e a população de juvenis e de maiores dimensões em anos seguintes para compreender melhor estas relações entre o recrutamento e a população com interesse comercial.

Com base nos resultados deste estudo, sugere-se que no futuro se desenvolvam mais trabalhos relacionados com o crescimento, uma vez que, este parece estar no desencadeamento dos restantes processos. É importante conhecer o crescimento dos indivíduos de maiores dimensões em relação aos habitats, uma vez que se encontram indivíduos maiores e mais pesados no habitat de baixo, quando comparados com o habitat de cima. Também seria importante estudar o efeito do crescimento em relação à densidade, uma vez que foram detetadas diferenças significativas inter-anuais de densidade e é necessário compreender a variação do crescimento. Por último, também se devia estudar a variabilidade intra-anual do crescimento dos percebes, e se existir, compreender quais os fatores que influenciam esse crescimento.

## **6. Conclusões**

Através da amostragem larvar de *P. pollicipes*, com recurso a armadilhas de plâncton (*cypris-trap*) foi possível demonstrar que as *cypris* de *P. pollicipes* que se encontram na Marina do Porto de Sines estão relacionadas de forma positiva com as *cypris* do Cabo de Sines. Para além desta relação positiva entre a abundância de *cypris*, foi possível também mostrar através de arrastos neustónicos, que a abundância de *cypris* que se encontram na Marina do Porto de Sines está também relacionada de forma positiva com o recrutamento de *P. pollicipes* que ocorre no Cabo de Sines.

Relativamente ao recrutamento, verificou-se uma variação inter-anual, em que 2012 foi o ano onde se observou um maior índice de recrutamento.

O estudo de crescimento mostrou uma maior variação do crescimento individual dos percebes de menores dimensões em relação aos de maiores dimensões. Observou-se também que no habitat de baixo os percebes crescem relativamente mais que no habitat de cima, mas apenas se encontraram diferenças significativas entre habitats numa classe dimensional de RC (]10-12.5]).

A biomassa total e a densidade total de percebe foram significativamente maiores no habitat de cima em 2012 do que no habitat de baixo, não tendo sido encontradas diferenças em 2013 e 2014. Os padrões de variação interanual da biomassa total não foram tão claros com os da densidade total, sendo 2013 o ano com maior biomassa e 2012 o ano com menor biomassa no habitat de baixo. Quanto à densidade total, esta foi considerada igual no habitat de cima em 2012 e 2013, e ambos superiores a 2014. No habitat de baixo, a densidade de 2012 foi igual a 2014, e ambos inferiores a 2013. A elevada densidade de percebe em 2013 no habitat de baixo é provavelmente resultado do elevado índice de recrutamento que ocorreu em 2012. Verificou-se uma influência da variação do recrutamento no verão e outono dum ano na densidade e biomassa dos juvenis no ano seguinte (primavera) apenas no habitat de baixo.

Na estrutura dimensional da população também se verificou um padrão diferente para a biomassa e densidade. A classe que teve maior densidade de indivíduos nos dois habitats, foi a classe com percebes de menores dimensões ( $RC \leq 5$  mm). No habitat de baixo, em 2013 verificou-se uma densidade de percebes mais elevada na generalidade das classes dimensionais em relação aos outros anos. No habitat de cima, em relação à biomassa destacou-se a classe ]15-20] mm e no habitat de baixo a classe ]17.5-22.5]. No habitat de baixo, os percebes têm dimensões maiores e são mais pesados, e corresponde ao local onde a exploração ocorre com mais intensidade. Em termos gerais, o ano de 2014 apresentou densidade e biomassa de percebe mais baixas.



## **7. Referências bibliográficas**

- Anderson D.T., 1994. *Barnacles: structure, function, development and evolution*. London, UK. Cahpman e Hall, 352pp.
- Barnes, M., 1996. Pedunculate cirripedes of the genus *Pollicipes*. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*, 34, 303 – 394.
- Bernard, F.R., 1988. Potential fishery for the gooseneck barnacle *Pollicipes polymerus* (Sowerby, 1833) in Brithish Columbia. *Fisheries Research*, 6, 287-298.
- Borja, A., Liria, P., Muxika, I., Bald, J., 2006a. Relationships between wave exposure and biomass of the goose barnacle (*Pollicipes pillicipes*, Gmelin, 1970) in the Gaztelugatxe Marine Reserve (Basque Country, northen Spain). *ICES Journal of Marine Science* 63, 629-636.
- Borja, A., Muxika, I., Bald, J., 2006b. Protection of the goose barnacle *Pollicipes pollicipe*, Gmelin 1790population: the Gaztelugatxe Marine Reserve (Basques Country, northern Spain). *Scientia Marina*, 70, 235-242.
- Cardoso, A.C., Yule, A.B., 1995. Aspects of the reproductive biology of *Pollicipes pollicipes* (Cirripedia; Lepadomorpha) from the southwest coast of Portugal. *Netherlans Journal of Aquatic Ecology*, 29, 391-396.
- Chaffee, J., Lewis, C.A., 1988. Pedunculate barnacle stalk growth. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 124, 145-162.
- Costa, M., Silva, R., Vitorino, J., 2001. Contribuição para o estudo do clima de agitação marítima na costa portuguesa. *Proceedings of*. Vol. 2.
- Cruz, T., 1993. Growth of *Pollicipes pollicipes* (Gmelin, 1790) (Cirripedia, Lepadomorpha) on the SW coast of Portugal. *Crustaceana*, 65, 151-158.
- Cruz, T., 2000. Biologia e ecologia do percebe *Pollicipes pollicipes* (Gmelin, 1790), no litoral sudoeste Português. Dissertação de doutoramento apresentada à Universidade de Évora.
- Cruz, T., Castro, J.J., Hawkins, S.J., 2010. Recruitment, growth and population size structure of *Pollicipes pollicipes* in SW Portugal. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 392, 200 – 209.
- Cruz, T., Jacinto, D., Sousa, A., Penteado, N., Pereira, D., Fernandes, J.N., Silva, T., Castro. The state of the fishery, conservation and management of the stalked barnacle *Pollicipes pollicipes* in Portugal. Submetido à Marine Environmental Research.
- De la Hoz, J.J., Garcia, L., 1993. Datos para el estudio de la distribución y reproducción del percebe, *Pollicipes cornucópia* (Leach), en Asturias. *Publicaciones Especiales Instituto Español de Oceanografía*, 11, 65-71.
- Dudas, S.E., Rilov, G., Tyburczy, J., Menge, B.A., 2009. Linking larval abundance, onshore supply andsettlement using instantaneous versus integrated methods. *Marine Ecology Progress Series*, 387, 81-95.
- Ebert, T.A., Russell, M.P., Gamba, G., Bodnar, A., 2008. Growth, survival, and longevity estimates for the rock-boring sea urchin *Echinometra lucunter lucunter* (Echinodermata, Echinoidea) nin Bermuda. *Bull Mar Sci*, 82, 381-403.

- Farrel, T.M., Bracher, D., Roughgarden, J., 1991. Cross-shelf transport causes recruitment to intertidal populations in central California. *Limnology and Oceanography*, 36, 279-288.
- Fiúza, A.F.G., Macedo, M.E., Guerreiro, M.R., 1982. Climatological space and time variation of the Portuguese coastal upwelling. *Oceanologica Acta*, 5, 31-40.
- Fiúza, A.F.G., 1984. Hidrologia e dinâmica das águas costeiras de Portugal. Tese de Doutoramento Universidade de Lisboa. 294pp.
- Frenkel, V., Kidndshi, G., Zohar, Y., 2002. Noninvasive, mass marking of fish by immersion in calcein: evaluation of fish size and ultrasound exposure on mark endurance. *Aquaculture*, 214, 169-183.
- Gaines, S.D., Brown, S., Roughgarden, J., 1985. Spatial variation in larval concentration as a cause of spatial variation in settlement for the barnacle, *Balanus glandula*. *Oecologia*, 67, 267-272.
- Gaines, S.D., Bertness, M.D., 1992. Dispersal of juveniles and variable recruitment in sessile marine species. *Nature*, 360, 579-580
- Graham, W.M., Field, J.G., Potts, D.C., 1992. Persistent upwelling shadows and their influence on zooplankton distributions. *Marine Biology*, 114, 561-570.
- Helms, A., 2004. Living on the edge: Juvenile recruitment and growth of the gooseneck barnacle *Pollicipes polymerus*. Universidade de Oregon, Dissertação de Doutoramento.
- Hermann, M., Lepore, M.L., Laudien, J., Arntz, W.E., Penchaszadeh, P.E., 2009. Growth estimations of the Argentinean wedge clam *Donax hanleyanus*: A comparison between length-frequency distribution and size-increment analysis. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 379, 8-15.
- Hoffman, D.L., 1984. Size-frequency distribution patterns of the juvenile stages of the pedunculated barnacle, *Pollicipes polymerus* Sowerby, 1833 (Cirripedia, Lepadomorpha). *Crustaceana*, 46, 295-299.
- Hoffman, D.L., 1989. Settlement and recruitment patterns of a pedunculated barnacle *Pollicipes polymerus* Sowerby, off La Jolla, California. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 125, 98.
- Jacinto, D., Penteadó, N., Pereira, D., Sousa, A., Cruz, T., 2015. Growth rate variation of the stalked barnacle *Pollicipes pollicipes* (Crustacea: Cirripedia) using calcein as a chemical marker. *Scientia Marina* 79.1, 117-123.
- Kaehler, S., Mcquaid, C., 1999. Use of the fluorochrome calcein as na in situ growth marker in the Brown mussel *Perna perna*. *Marine Biology*, 133, 455-460.
- Kilada, R., Saint-Marie, B., Rochette, R., Davis, N., Vanier, C., Campana, S., 2012. Direct determination of age in shrimps, crabs and lobsters. *Can J Fish Aquat Sci*, 69, 1728-1733.
- Kugele, M., Yule, A.B., 1993. Mobility in lepadomorph barnacles. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 73, 719-722.
- Kugele, M., Yule, A.B., 2000. Active relocation lepadomorph barnacles. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 80, 103-111.

- Leips, J., Baril, C., Rodd, F., Reznick, D., Bashey, F., Visser, G., Travis, J., 2001. The suitability of calcein to mark Poeciliid fish and a new method of detection. *Transactions of the American Fisheries Society*, 130, 501-507.
- Lewis, C.A., Chia, F.S., 1981. Growth, fecundity, and reproductive biology in the pedunculated cirripede *Pollicipes polymerus* at San Juan Island, Washington. *Canadian Journal of Zoology*, 59, 893-901.
- Lundquist, C.J., Botsford, L.W., Diehl, J.M., Lee, T., Lockwood, D.R., Morgan, L.E., Pearson, E.L., 2000. Effects of El Niño and La Niña on local invertebrate settlement in northern California. *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Rep*, 41, 1-10.
- Macho, G., Molares, J., Vázquez, E., 2005. Timing of larval release by three barnacles from the NW Iberian Peninsula. *Marine Ecology Progress Series*, 251, 251-260.
- Macho, G., 2006. Ecología reproductiva y larvaria del percebe y otros cirrípedos en Galicia. Universidade de Vigo, Espanha, Tese de Doutoramento.
- Mahé, K., Bellamy, E., Lartaud, F., Rafélis, M., 2010. Calcein and manganese experiments for marking the shell of common cockle (*Cerastoderma edule*): tidal rhythm validation of increments formation. *Aquat Living Resour*, 23, 239-245.
- Mann, K.H., Lazier, J.R.N., 1996. Dynamics of marine ecosystems. Biological-physical interactions in the oceans. (2nd.ed.). *Blackwell Science Inc.*, 394pp.
- Menge, B.A., Farrell, T.M., 1989. Community structure and interaction webs in shallow marine hard-bottom communities. *Adv. Ecol. Res*, 19, 1-189.
- Menge, B.A., Sutherland, J.P., 1987. Community regulation: variation in disturbance, competition, and predation in relation to environmental stress and recruitment. *American Naturalist*, 130, 730-757.
- Sanford, E., Menge, B.A., 2001. Spatial and temporal variation in barnacle growth in a coastal upwelling system. *Mar.Eco.Prog.Ser*, 209, 143-157.
- Menge, B.A., 1991. Relative importance of recruitment and other causes of variation in rocky intertidal community structure. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 146, 69-100.
- Miron, G., Boudreau, B., Bourget, E., 1995. Use of larval in benthic ecology: testing correlations between larval supply and larval settlement. *Marine Ecology Progress Series*, 124, 301-305.
- Miron, G., Boudreau, B., Bourget, E., 1999. Intertidal barnacle distribution: a case study using multiple working hypotheses. *Marine Ecology Progress Series*, 189, 205-219.
- Molares J., Tilves F., Pascual C., 1994a. Larval development of the pedunculate barnacle *Pollicipes cornucopia* (Cirripedia: Scalpellomorpha) reared in the laboratory. *Marine Biology*, 120, 261-4.
- Molares, J., Freire, J., 2003. Development and perspectives for community-based management of the goose barnacle (*Pollicipes pollicipes*) fisheries in Galicia (NW Spain). *Fisheries Research*, 65, 485-492.

- Moran, A., 2000. Calcein as a marker in experimental studies newly-hatched gastropods. *Marine Biology*, 137, 893-898.
- Mace, A.J., Morgan, S.G., 2006. Larval accumulation in the lee of a small headland: implications for the design of marine reserves. *Marine Ecology Progress Series*, 318, 19-29.
- Morgan, S.G., Fisher, J.L., 2010. Larval behavior regulates nearshore retention and offshore migration in an upwelling shadow and along the open coast. *Marine Ecology Progress Series*, 404, 109-126.
- Morgan, S.D., Fisher, J.L., Largier, J.L., 2011. Larval retention, entrainment, and accumulation in the lee of a small headland: Recruitment hot spot along windy coasts. *American Society of Limnology and Oceanography, Inc.*, 56(1), 161-178.
- Murdoch, R.C., 1989. The effects of a headland eddy on surface macro-zooplankton assemblages north of Otago Peninsula, New Zealand. *Estuar Coast Shelf Sci*, 29, 361-384.
- Page, H.M., 1986. Differences in population structure and growth rate of the stalked barnacle *Pollicipes polymerus* between a rocky headland and an offshore oil platform. *Marine Ecology Progress Series*, 29, 164.
- Parada, J.M., Outerial, R., Iglesias, E., Molaes, J., 2012. Assessment of goose barnacle (*Pollicipes pollicipes* Gmelin, 1789) stocks in management plans: design of a sampling program based on the harvester's experience. *ICES Journal of Marine Science* 69, 1840 – 1849.
- Parrish, R.H., Nelson, C.S., Bakun, A., 1981. Transport mechanisms and reproductive success of fishes in the California Current. *Biol Oceanogr*, 1, 175-203.
- Pavón C., 2003. Biología y variables poblacionales del percebe, *Pollicipes pollicipes* (Gmelin, 1790) en Asturias. Universidade de Oviedo, 159 pp.
- Philips, N., 2005. Growth of filter-feeding benthic invertebrates from a region with variable upwelling intensity. *Marine Ecology Progress Series*, 295, 79-89.
- Pineda, J., 1994. Spatial and temporal patterns in barnacle settlement are along a southern California rocky shore. *Marine Ecology Progress Series*, 107, 125-138.
- Pineda, J., 1999. Circulation and larval distribution in intertidal tidal bore warm fronts. *Limnol Oceanogr*, 44, 1400-1414.
- Pineda, J., 2000. Linking larval settlement to larval transport: Assumptions, potentials, and pitfalls. *Oceanography of the Eastern Pacific*, 84-105.
- Pineda, J., Porri, F., Starczak, V., Blythe, J., 2010. Causes of decoupling between larval supply and settlement and consequences for understanding recruitment and population connectivity. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 392, 9-21.
- Roughgarden, J., Pennington, J.T., Stoner, D., Alexander, S., Miller, K., 1991. Collisions of upwelling fronts with the intertidal zone: the cause of recruitment pulses in barnacle populations of central California. *Acta Oecologia*, 12, 35-51
- Russel, M.P., Urbaniak, L.M., 2004. Does calcein affect estimates of growth rates in sea urchins? In: Heinzeller, T., Nebelsick, J.H., (eds) Echinoderms: Munchen Proceeding of

the 11<sup>th</sup> International Echinoderm Conference, 6-10 October 2003, Munich, Germany. Taylor and Francis, Rotterdam, 53-57.

Santos, A.M., Borges, M.F., Groom, S., 1997. Sardine and horse mackerel recruitment and upwelling off Portugal. In *ICES International Simposium on "Recruitment dynamics of exploited marine populations: physical-biological interactions"*. Baltimore.

Satchell, E.R., Farrel, T.M., 1993. Effects of settle,emt density on spatial arrangement in four intertidal barnacles. *Marine Biology*, 116, 241-245.

Sestelo, M., Roca-Pardiñas, L., 2011. A new approach to estimation of the length- weight relationship of *Pollicipes pollicipes* (Gmelin, 1789) on the Atlantic Coast of Galicia (Northwest Spain): Some aspects of its biology and management. *J. Shellfish Res*, 30, 939-948.

Shkedy, Y., Roughgarden, J., 1997. Barnacle recruitment and population dynamics predicted from coastal upwelling. *Oikos*, 80, 487-498.

Sousa, F., Bricaud, A., 1992. Satellite-derived phytoplankton pigment structures in the Portuguese upwelling área. *Journal of Geophysical Research*, 97, 11343-11356.

Sousa, A., Jacinto, D., Penteado, N., Martins, P., Fernandes, J., Silva, T., Castro, J.J., Cruz, T., 2013. Patterns of distribution and abundace of the stalked barnacle (*Pollicipes pollicipes*) in the central and southwest coast of continental Portugal. *Journal of Sea Research*, 83, 187-194.

Sutherland, J.P., 1990. Recruitment regulates demographic variation in a tropical intertidal barnacle. *Ecology*, 71, 955-972.

Thorson, G., 1950. Reproductive and larval ecology of marine bottom invertebrates. *Biological Review*, 25, 1-45.

Van der Geest, M., Van Gils, J.A., Van der Meer, J., Olf, H., Piersma, T., 2011. Suitability of calcein as an in situ growth marker in burrowing bivalves. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 399, 1-7.

Wanamaker, A.D., Kreutz, K.J., Borns, H.W., Introne, D.S., Feindel, S., Funder, S., Rawson, P.D., Barber, B.J., 2007. Experimental determination of salinity, temperature, growth, and metabolic effects on shell isotope chemistry of *Mytilus edulis* collected from Maine and Greenland. *Paleoceanography*, 22, Pa2217.

Wilson, C.A., Backman, D.W., Dean J.M., 1987. Calcein as a Fluorescent marker of otoliths of larval and juvenile fish. *Trans. Arm. Fish Soc*, 116, 668-670.

Wing, S.R., Botsford, L.W., Ralston, S.V., Largier, J.L., 1995a. Spatial structure of relaxation events and crab settlement in the northern California upwelling system. *Mar.Ecol.Prog.Ser*, 128, 199-211.

Wing, S.R., Largier, J.L., Botsford, L.W., Quinn, J.F., 1995b. Settlement and transport of benthic invertebrates in an intermittent upwelling region. *Limnol Oceanogr*, 40, 316- 329.

Wing, S.R., Botsford, L.W., Morgan, L.E., Diehl, J.M., Lundquist, C.J., 2003. Inter-annual variability in larval supply to populations of three invertebrate taxa in the northern California Current. *Estuar Coast Shelf Sci*, 57, 859-872.

Wooster, W.A., Bakun, A., McLain, D.R., 1976. The seasonal upwelling cycle along the eastern boundary of the North Atlantic. *Journal of Marine Research*, 34, 131-141.

Yoklavich, M.M., Loeb, V.J., Nishimoto, M., Daly, B., 1996. Nearshore assemblages of larval rockfishes and their physical environment off central California during an extended El Niño event, 1991-1993. *Fish Bull*, 94, 766-782.

Yan, Y., Benny, K., Chan, K., Williams, G. A., 2004. An improved and simplified trap for quantifying the distribution and supply of planktonic larvae to rocky shores. *Journal of Plankton Research*, 26 (2), 247-253.

Young, C.M., 1987. Novelty of "Supply Side Ecology". *Science*, 235, 415-416.