

**CARACTERIZAÇÃO DO HABITAT
PREFERENCIAL DO OURIÇO-DO-MAR
(*Paracentrotus lividus*) NAS POÇAS DO
INTERTIDAL ROCHOSO DA COSTA NORTE
PORTUGUESA COM TÉCNICAS DE
ANÁLISE MULTIVARIADA**

*'To do science is to search for repeated patterns...
The best person to do this [in ecology] is the naturalist who loves
to note changes in bird life up a mountainside, or
changes in plant life from mainland to island, or
changes in butterflies from temperate to tropics.'*
Robert MacArthur, *Geographical Ecology*, 1972

*Hai nas ribeiras verdes, hai nas risoñas praias
e nos penedos ásperos do noso inmenso mar,
fadas de estraño nome, de encantos non sabidos
que só con nós comparten seu prácido folgar.*
Rosalía de Castro, *Follas Novas*, 1880

Agradecimentos:

Esta tese é precedida de um complexo trabalho realizado entre os anos 2010 e 2011 por vários membros do Laboratório de Biodiversidade Costeira do CIIMAR, o qual visava a caracterização das comunidades biológicas e das actividades de exploração de recursos da costa norte de Portugal, “*Estudo de caracterização da actividade pesqueira costeira e dos seus impactos nos recursos e nas comunidades marinhas do Litoral Norte*”. No meu caso, participei no projeto formando parte do grupo dedicado ao estudo do impacto da apanha do ouriço-do-mar (*Paracentrotus lividus*). Foi este projeto, assim como a colaboração com os colegas do Laboratório de Biodiversidade Costeira e do Laboratório de Ecologia Comunitária e Evolução o que me levou a iniciar e desenvolver este trabalho. Agradeço a todos eles (Paco, Raquel, Marina, Cristiano, Jorge, Sonia, Airam, Alba, Diogo, João, Fátima, Marcos, Puri, Eva, Bernardete... e ainda faltam muitos mais) pela ajuda com todos aqueles pormenores sem os quais teria ficado perdida e que sem dúvida enriqueceram este trabalho. Agradeço a todo o pessoal do CIIMAR, e em particular ao dos dois laboratórios mencionados, pela sua boa disposição em todo os momentos, criando assim um ambiente muito positivo no qual trabalhar.

À Inês Machado, por ser uma excelente guia das praias da zona e ter partilhado a sua experiência de trabalho com os ouriços.

Aos meus orientadores, Iacopo Bertocci e José Manuel Parada Encisa, por toda a ajuda e constante disponibilidade em todas as fases do trabalho, e por terem-me ensinado generosamente e aportado a sua visão a este trabalho.

A professora Isabel Sousa-Pinto pelo interesse na progressão do trabalho e as ajudas materiais para a sua realização.

E finalmente, à minha grande família, sobretudo aos meus pais, pelo apoio incondicional, por acreditarem sempre nas minhas capacidades, por vezes mais do que em mim própria, e por insistirem sempre naquele conselho muito conciso mas muito acertado: estuda. E ao Pedro, pela ajuda que me prestou em todas e cada uma das fases deste trabalho, aprendendo a ser biólogo no campo apesar da dureza das inclemências meteorológicas e interessando-se pelo que significa o nosso trabalho, e pela paciência que demonstrou, que sempre lhe agradecerei.

Resumo:

Estudou-se, por meio de duas metodologias, o padrão espacial de abundância e distribuição do ouriço-do-mar (*Paracentrotus lividus*) das poças do intertidal rochoso da costa norte portuguesa em relação a diversas variáveis físicas (área da superfície, altitude, volume, profundidade, índice de complexidade topográfica ou índice de hidrodinamismo) e biológicas (cobertura que caracteriza o substrato). A primeira metodologia foi baseada num desenho hierárquico que incluiu as poças como réplicas, amostradas ao longo de um conjunto de escalas espaciais, desde as dezenas de centímetros até vários quilómetros. A segunda foi baseada na classificação das poças de uma praia com base nos seus traços mais relevantes. Os resultados permitiram chegar, em termos gerais, a três conclusões sobre o sistema em estudo: (i) a maior proporção da variabilidade nos ouriços acontece nas escalas espaciais menores; (ii) os ouriços de diferentes classes de tamanho mostraram preferências diferentes quanto ao habitat; (iii) algumas das variáveis apresentadas como potencialmente responsáveis pelos padrões de distribuição dos ouriços pareceram não ser relevantes nas escalas estudadas (índice de hidrodinamismo, altitude absoluta, latitude ou profundidade máxima) em quanto que outras proporcionaram uma contribuição considerável para esta variabilidade observada (área, profundidade média, cobertura de sabelária, pedras, mexilhão e rocha nua)

Abstract:

Spatial patterns of abundance and distribution of sea urchins (*Paracentrotus lividus*) from intertidal rock pools of the North Portuguese coast were examined, by means of two methodologies, in relation to physical (surface, altitude, volume, depth, topographic complexity and hidrodinamics) and biological (cover by dominant organisms) variables. The first methodology was based on a hierarchical design including replicate pools sampled over a range of spatial scales, from 10s cm to kms. The second one was based on the classification of pools from a single beach according to relevant physical traits. The results highlighted three main features of the studied system: (i) the largest proportion of variability of sea urchins occurred at the smallest scale examined; (ii) urchins from different size classes showed different preferences in terms of habitat; (iii) variables normally invoked as potentially responsible for patterns of distribution of urchins at a range of scale (i.e. hidrodinamism index, absolute height, latitude or maximum depth) were likely not important, while others (i.e. surface, mean depth, *Sabellaria*, stones, mussels and bare rock cover) provided a considerable contribution to the documented variability of sea urchins.

Palavras-chave: *Paracentrotus lividus*, poças, intertidal, variáveis físicas, análise multivariada.

Key-words: *Paracentrotus lividus*, intertidal rock pools, physical variables, multivariate analysis.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS	13

PARTE I

3. DISTRIBUIÇÃO E ABUNDÂNCIA DO OURIÇO-DO-MAR	15
4. BIOLOGIA DA ESPÉCIE	19
5. O OURIÇO COMO RECURSO. APANHA EM PORTUGAL	22
6. ESTUDOS PRÉVIOS RELACIONADOS. ANTECEDENTES	24

PARTE II

7. CARACTERÍSTICAS DO PRESENTE ESTUDO:	
7.1. Introdução à metodologia	26
7.2. Variáveis de interesse	27
8. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	
8.1. Morfologia e localização e regime meteorológico das praias	33
8.2. Geologia	37
8.3. Comunidades bióticas na zona intertidal	37
9. MÉTODO 1	
9.1. Metodologia de amostragem	38
9.2. Análise estatística	46
9.3. Resultados	48
9.3.1. Resumo	48
9.3.2. Análise estatística	54
9.4. Discussão	59
10. MÉTODO 2	
10.1. Metodologia de amostragem	63
10.2. Análise estatística	67
10.3. Resultados	69
10.3.1. Resumo	69
10.3.2. Análise estatística	70
10.4. Discussão	75

PARTE III

11. CONCLUSÕES.....	78
12. SUGESTÕES PARA FUTURAS LINHAS DE INVESTIGAÇÃO E GESTÃO.....	81
13. BIBLIOGRAFIA.....	82

Lista de figuras:

Figura 1. Fotografia de cavidades escavadas pelos ouriços na praia de Carreço.....	22
Figura 2. Mapa com a localização geográfica das praias amostradas (Carreço, Praia Norte de Viana e Aguda).....	33
Figura 3. Fotografia da zona rochosa na praia de Carreço.....	34
Figura 4. Fotografia da zona rochosa na Praia Norte de Viana.....	35
Figura 5. Fotografia da zona rochosa na praia de Aguda.....	36
Figura 6. Fotografia da localização das poças e dos <i>sites</i> na praia de Carreço para o método 1.....	40
Figura 7. Fotografia da localização das poças e dos <i>sites</i> na Praia Norte de Viana para o método 1.....	40
Figura 8. Fotografia da localização das poças e dos <i>sites</i> na praia de Aguda para o método 1.....	40
Figuras 9 e 10. Fotografias do quadrado de amostragem utilizado no método 1.....	42
Figura 11. Fotografia do nível com laser incorporado utilizado no método 1.....	43
Figuras 12, 13 e 14. Fotografias da colocação dos cubos de gesso utilizados nos métodos 1 e 2.....	44
Figura 15. Fotografia comparativa dos cubos de gesso antes e depois de serem colocados nas poças.....	45
Figura 16. Fotografia do método de medida da complexidade topográfica do substrato utilizado nos métodos 1 e 2.....	45
Figura 17. Gráfico das abundâncias totais de ouriços por praias e <i>sites</i> no método 1.....	49
Figura 18. Gráfico das abundâncias de ouriços da classe de tamanho I por praias e <i>sites</i> no método 1.....	49
Figura 19. Gráfico das abundâncias de ouriços da classe de tamanho II por praias e <i>sites</i> no método 1.....	49
Figura 20. Gráfico das abundâncias de ouriços da classe de tamanho III por praias	

e <i>sites</i> no método 1.....	50
Figura 21. Gráfico das abundâncias de ouriços da classe de tamanho IV por praias e <i>sites</i> no método 1.....	50
Figura 22. Gráfico das abundâncias de ouriços da classe de tamanho V por praias e <i>sites</i> no método 1.....	50
Figura 23. Gráfico das abundâncias de ouriços da classe de tamanho VI por praias e <i>sites</i> no método 1.....	51
Figura 24. Gráfico dos valores médios das coberturas para cada um dos 6 <i>sites</i> amostrados em cada praia no método 1.....	51
Figura 25. Gráfico dos valores médios do índice de complexidade do substrato das poças para cada <i>site</i> no método 1.....	52
Figura 26. Gráfico dos valores médios do índice de complexidade do substrato para os <i>sites</i> no método 1.....	52
Figura 27. Gráfico dos valores médios do índice de complexidade do substrato para cada praia no método 1	52
Figura 28. Gráfico dos valores médios da área das poças para cada <i>site</i> no método 1.....	53
Figura 29. Gráfico dos valores médios de profundidade média das poças para cada <i>site</i> no método 1.....	53
Figura 30. Gráfico dos valores médios de altitude absoluta das poças para cada <i>site</i> no método 1.....	53
Figura 31. Gráfico dos valores médios do Índice da distância das poças até a água para cada <i>site</i> no método 1.....	54
Figura 32. Gráfico dos valores médios do Índice de hidrodinamismo das poças para cada <i>site</i> no método 1.....	54
Figura 33. Gráfico dos resultados da análise de componentes da variância no método 1.....	58
Figura 34. Fotografia da localização das 45 poças amostradas na Praia Norte de Viana do Castelo para o método 2.....	63
Figura 35. Fotografia do método de contagem dos ouriços dentro do quadrado de amostragem e medida do diâmetro dos mesmos no método 2.....	64
Figuras 36 e 37. Fotografias do método de medição da salinidade para calcular o volume da poça utilizada no método 2.....	65
Figura 38. Fotografia do método de medida das dimensões da área da poça, utilizado nos métodos 1 e 2.....	66

Figura 39. Fotografia do método da cadeia para medir a heterogeneidade topográfica do substrato, utilizado nos métodos 1 e 2.....66

Figura 40. Dendrograma da classificação *cluster* das poças em função do algoritmo de Ward e distância Euclidiana no método 2.....71

Lista de tabelas:

Tabela 1. Resultados da análise DISTLM no método 1.....55

Tabela 2. Resultados da análise PERMANOVA no método 1.....56

Tabela 3. Resultados da análise DISTLM no método 1.....57

Tabela 4. Resultados da análise de correlação de *Pearson* no método 1.....57

Tabela 5. Resultados da análise de correlação de *Pearson* no método 2.....70

Tabela 6. Apresentação dos valores médios e dos valores dos limites superior e inferior das variáveis dos *clusters* formados no método 2.....72

Tabela 7. Resultados do teste de comparações de *Tukey* no método 2.....75

Lista de abreviaturas:

AIC (Akaike Information Criterion)

ANOVA (Analysis of Variance)

COV (Covariáveis)

DISTLM (Distance-based multivariate analysis for a linear model)

DGRN (Direção Geral dos Recursos Naturais)

PAST (Paleontological Statistics software)

PCA (Principal Components Analysis)

PERMANOVA (Permutational Multivariate Analysis of Variance)

1. INTRODUÇÃO

Existe um número considerável de trabalhos e publicações baseados em estudos sobre as comunidades litorais na área da ecologia marinha, tanto de carácter descritivo como manipulativo. No entanto, vários autores coincidem em confirmar a escassa quantidade de estudos sobre as comunidades bióticas de um habitat peculiar como são as poças da zona intertidal, em comparação com estudos nas comunidades do substrato emergente, bem seja da zona intertidal ou da subtidal (Metaxas, 1994; Thompson et al., 2002). Isto é em parte devido à dificuldade em conseguir encontrar poças que possam funcionar como réplicas comparáveis em termos das variáveis físicas e assim poder nelas realizar estudos experimentais (Underwood & Skilleter, 1996; Martins et al., 2007). Também é devido a que, tanto no caso das poças como do substrato emergente do subtidal, o tempo de trabalho é limitado e variável, pois depende da amplitude da maré e das condições meteorológicas variáveis ao longo do ano (Murray et al., 2001; Parada et al., *in press.*) o que dificulta a planificação e a execução do trabalho.

O ouriço-do-mar é uma espécie chave nos ecossistemas litorais de fundo rochoso por ser um dos principais consumidores de macroalgas e, portanto, regulador da estrutura destas comunidades. Além da sua relevância ecológica, diversas espécies de ouriço são um valioso recurso explorado em todos os mares do mundo. Em Portugal não existe ainda uma apanha intensiva generalizada, e ainda que regulamentada, é pouco controlada e não existem estatísticas disponíveis sobre quantidades apanhadas nem sobre as zonas efetivas de apanha. Esta falta de interesse no recurso que representa o ouriço pode provavelmente em parte ser devida à falta de procura deste produto no mercado, mas também ao desconhecimento do estado, tamanho e estrutura das populações.

Existem já alguns estudos, todos muito recentes, sobre várias populações da espécie *Paracentrotus lividus* em Portugal, seja sob o ponto de vista do ouriço como recurso (Bertocci et al., 2012-b), seja sobre o seu ciclo reprodutivo e distribuição geral (Gago et al., 2003), ou ainda sobre a sua distribuição populacional no intertidal (Jacinto & Cruz, 2012; Jacinto et al., 2013).

Não foram encontrados, no entanto, e após pesquisas intensivas prévias ao início do trabalho, estudos relativos ao tema que trata este trabalho, nem sobre a costa portuguesa nem sobre nenhuma outra localização. Um trabalho que tenta relacionar

um amplo conjunto de características do meio físico e biológico como a abundância e distribuição de tamanhos dos ouriços nas poças do intertidal. Foi escolhido trabalhar neste meio, nas poças do intertidal, por ter sido este habitat objeto de um estudo prévio do nosso grupo de trabalho sobre a abundância e distribuição em distintos locais e porque as poças, dada a sua localização e as características do seu habitat, são um ambiente ideal para estudar as interações entre os factores abióticos e biológicos, de grande variabilidade, que no subtidal perdem relevância, por se tratar de um meio contínuo constantemente submerso.

Benedetti-Cecchi & Cinelli (1997) assinalam a relevância de uma ampla escala de estudo quando se trata de definir padrões de distribuição em ecologia, e para mais num meio que pode apresentar tanta variabilidade como o intertidal rochoso, nomeadamente em termos de gradientes de estresse físico que suportam os organismos que nele habitam. Andrew & Mapstone (1987) ressaltam a necessidade duma diferente aproximação quando se quer determinar a abundância de organismos numa determinada área ou quando se quer comparar abundâncias entre áreas. No primeiro caso é requerida uma amostragem estratificada na qual as amostras sejam o mais representativas possíveis do meio, enquanto que no segundo caso as amostras devem ser replicadas para cada nível de estudo, de forma a garantir uma comparação adequada e não enviesada.

A ideia inicial deste trabalho foi utilizar duas abordagens diferentes, devido à disponibilidade de meios e tempo para a sua realização, bem como ao interesse por utilizar diferentes metodologias analíticas e diferentes escalas espaciais. Desta maneira, o trabalho fica mais completo e aumentam as possibilidades de consecução do objetivo principal, que é caracterizar o meio no qual os ouriços do intertidal se encontram em maiores densidades.

A primeira abordagem inclui um desenho experimental multifatorial, visando comparar várias escalas espaciais e temporais consideradas como fontes de variabilidade aleatórias, pois não existe nenhuma hipótese *a priori* de que existam diferenças específicas entre os níveis dos fatores escolhidos. Permite-nos assim compreender quais as escalas de estudo em que aparecem determinadas variações nas abundâncias e distribuições de tamanho dos ouriços. Uma das propriedades aceites dos sistemas complexos é a sua estrutura hierárquica, sendo que cada sistema está composto de subsistemas interrelacionados em escalas aninhadas. Devido a este facto, de que os diferentes processos podem gerar variabilidade no meio em diferentes escalas, a explicação dos mesmos será facilitada pelo

conhecimento das escalas temporais e espaciais em que a variação acontece (Underwood & Chapman 1996). Este tipo de estudos que procuram identificar padrões ao longo de gradientes ambientais são comuns em ecologia, mas não tantos analisam se esses padrões são consistentes numa hierarquia de escalas espaciais (Benedetti-Cecchi, 2001). Clemente & Hernández (2008) enumeram diversos estudos confirmando que é nas escalas espaciais menores (dentro dos habitats) que os fatores físicos ganham maior relevância na regulação das interações biológicas, que são as que finalmente determinam a distribuição e a abundância dos invertebrados, ao passo que em escalas maiores os gradientes no ambiente físico determinam a presença ou abundância por causa das tolerâncias fisiológicas ou da disponibilidade de espaço. Portanto em diferentes escalas espaciais existem mecanismos de regulação diferentes. No nosso caso, trata-se de uma análise de tipo confirmatório onde se utilizam contrastes de hipóteses para examinar se existem diferenças significativas nas abundâncias nas distintas escalas em que foram categorizadas as amostras, tendo em conta, além do mais, determinadas variáveis ambientais que caracterizam o meio. Para isso, o principal método estatístico utilizado foi a análise PERMANOVA (Análise multivariada de variância baseada em permutações, Anderson, 2001, 2005).

A segunda abordagem foi de carácter exploratório e consistiu numa amostragem intensiva e representativa do maior número possível de poças num espaço e momento determinados, para posteriormente realizar uma análise de classificação e ordenação em que se tentam encontrar grupos definidos com base nas diferentes variáveis medidas. Esta análise é de tipo descritivo. O principal método utilizado nesta segunda abordagem foi uma análise CLUSTER de classificação, complementado com uma análise de ordenação PCA (Análise de componentes principais) e um teste ANOVA comprando abundâncias. Estes métodos foram escolhidos baseando-se em estudos similares de Ruitton et al. (2000) e Singh et al. (2011).

Desta maneira, o objetivo das duas análises foi tentar estabelecer se nas poças da zona intertidal rochosa é possível identificar algum tipo de padrão que inclua as variáveis que foram tomadas em consideração e sirva de base para desenhar posteriores amostragens estratificadas ou experiências manipulativas, planificar a apanha ou repovoamentos de ouriço, ou desenhar áreas marinhas protegidas, entre outros.

O trabalho está dividido em três blocos principais. A Parte I está dedicada a introduzir a informação relevante sobre a espécie alvo do estudo, assim como do meio em que foi realizado o trabalho. A Parte II descreve em detalhe o desenho experimental, a análise dos dados e apresenta os resultados e uma discussão, por separado para cada um dos métodos. A Parte III é dedicada à discussão geral dos resultados e das possíveis vias para futuras investigações e a apresentar o sumário da bibliografia utilizada.

2. OBJETIVOS

Existem dois estudos publicados anteriormente a este trabalho sobre as comunidades de ouriços da costa norte portuguesa. O primeiro diz respeito às comunidades de ouriços do intertidal inferior (Bertocci et al., 2012-b), e conclui que não foram encontradas diferenças significativas entre praias com apanha e uma praia localizada no interior de uma zona protegida, tanto nas classes de tamanho como na densidade total. O segundo, posterior (Bertocci et al., 2014), mostra diferenças significativas na densidade das classes de tamanhos maiores, no intertidal inferior, entre praias com apanha e praias de referência. Pretende-se agora testar se algumas das variáveis que caracterizam as poças poderão assinalar diferenças significativas na abundância dos ouriços em várias escalas de estudo, com a intenção de ajudar a caracterizar o meio. De resultar possível, estas metodologias poderiam representar uma nova abordagem na gestão do recurso e no conhecimento mais profundo destes habitats do litoral norte da costa portuguesa. As variáveis examinadas por este trabalho são normalmente nomeadas como possíveis fatores responsáveis por padrões documentados de variabilidade dos ouriços numa variedade de escalas, mas raramente foram examinados e incluídos nos modelos de análise.

Um maior conhecimento das dinâmicas do intertidal rochoso é necessário para desenhar estratégias de proteção e gestão destes habitats muito frequentados pelas comunidades humanas e que são suscetíveis de serem afetados por perturbações tanto de origem terrestre como marinha. É possível que o meio intertidal rochoso seja um dos habitats mais sensíveis aos efeitos das mudanças climáticas (incremento da frequência e intensidade de tempestades, aumento da radiação solar, elevação do nível do mar, aumento da sedimentação por erosão costeira...) ou à introdução de espécies invasoras, entre outras perturbações, pelo que é imprescindível conhecer exaustivamente as dinâmicas que nele existem (Thompson et al., 2002).

O objetivo geral é contribuir para melhorar o conhecimento da biologia e da ecologia do ouriço-do-mar, *Paracentrotus lividus*, como espécie chave na dinâmica dos fundos rochosos onde habita, desde duas perspetivas:

- Melhorar a compreensão dos ecossistemas litorais de fundo rochoso, nomeadamente das poças do intertidal, através de um melhor conhecimento de uma das espécies chave no seu funcionamento e do seu habitat na costa norte portuguesa.
- Aportar conhecimento científico que possa favorecer o desenvolvimento de uma exploração racional e sustentável do ouriço-do-mar, *Paracentrotus lividus*, na costa norte de Portugal.

Os objetivos específicos são:

- Utilizar duas abordagens metodológicas e analíticas diferentes para tentar reduzir a complexidade da informação de maneira a explicar a relação da espécie com o seu habitat e os seus padrões de abundância nas poças do intertidal,
- Testar a validade de cada uma das variáveis medidas como fatores que determinam os padrões de abundância dos ouriços nas poças, comparando entre os padrões de abundância total e de classes de tamanho.

PARTE I

3. DISTRIBUIÇÃO E ABUNDÂNCIA DO OURIÇO-DO-MAR.

A investigação sobre os padrões de **distribuição espacial** dos organismos é um tema amplamente estudado e de grande relevância na área da ecologia, mas também noutras áreas, de modo a poder compreender a organização das espécies (Andrew & Mapstone, 1987; Chapman, 2000). A ecologia marinha, em particular, é um área em que a complexidade dos habitats é mais difícil de definir do que na ecologia terrestre, onde os biótopos se definem em primeiro lugar por características climáticas ou barreiras físicas facilmente observáveis. No meio marinho, a compartimentação dos habitats é menos evidente, devido a ser um meio fluido e portanto muito mais dinâmico (Hardman-Mountford et al., 2008). Existem numerosos trabalhos relativos ao estudo da distribuição espacial dos organismos, mas escassa informação pode ser encontrada relativa às espécies de invertebrados que se refugiam nas poças do intertidal rochoso, das quais, uma das mais relevantes tanto em termos ecológicos como socioeconómicos é o ouriço-do-mar, como mais adiante comentaremos.

O ouriço-do-mar, *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) é um invertebrado marinho pertencente ao *Phylum* Echinodermata, dentro do qual se encontram os lírios-do-mar (*Classe* CRINOIDEA), as estrelas-do-mar (*Classe* ASTEROIDEA), as ofiúras (*Classe* OPHIUROIDEA), as holotúrias ou pepinos-do-mar (*Classe* HOLUTHOROIDEA) e por último os ouriços-do-mar (*Classe* ECHINOIDEA). *Paracentrotus lividus* é uma das numerosas espécies da classe, e a que aparece maioritariamente ao longo de todo o intertidal rochoso da costa portuguesa. Esta espécie distribui-se pelas costas do NE Atlântico desde a Irlanda (Byrne, 1990) até ao sul de Marrocos (Bayed et al., 2005), passando pela Bretanha (Allain, 1975), pelas Astúrias e Galiza (Haya de la Sierra, 1990; Catoira, 1995; Ouréns et al. 2013), e ao longo de toda a costa portuguesa (Gago et al., 2003; Bertocci et al., 2012-b; Jacinto et al., 2013) incluindo as ilhas da Macaronésia, até à costa atlântica da Andaluzia (Sánchez- España, 2004), e ainda por todo o Mediterrâneo, sendo mais abundante no Mediterrâneo ocidental comparado com o oriental, e no Adriático (Sala & Zabala, 1996; Guettaf et al., 2000; Hereu et al., 2004; Fernández et al., 2006; Boudouresque & Verlaque, 2007; Pais et al., 2007; Gianguzza et al., 2010; Tomšić et al., 2010).

Trata-se de uma espécie capaz de viver numa grande diversidade de habitats, desde pedras e pedregulhos até pradarias de fanerógamas ou fundos de maërl, em profundidades que normalmente alcançam os 20 metros, embora sendo mais abundante nos primeiros metros, onde se agrega formando grupos de maior densidade, devido à maior disponibilidade de alimento (Bayed et al., 2005; Sánchez-España et al., 2004; Abraham, 2007). Estes grupos podem resultar em agregações características conhecidas como *feeding fronts*, que em muitos casos aparecem associados a comunidades formadas por algas incrustantes, por estes terem consumido as algas eretas existentes. Estes habitats denominam-se *sea urchin barrens*.

Segundo estudos comparativos entre as populações do Atlântico e do Mediterrâneo, que diferem amplamente em hábitos, no Atlântico aparecem indivíduos em maiores densidades a menores profundidades a respeito do Mediterrâneo (Pais et al., 2007). A sua característica tolerância a uma ampla variabilidade nas condições do habitat é possível porque o ouriço-do-mar é um animal com elevada resistência e adaptação à variação dos diversos fatores que caracterizam o meio costeiro, tais como temperatura, ação das ondas, variações na disponibilidade de alimento, depredação, etc. (Lozano et al., 1995).

Os limites geográficos da sua **distribuição** coincidem com os de outra espécie, *Arbacia lixula*, L., 1758 (Benedetti-Cechi & Cinell, 1995; Privitera et al., 2008; Tuya et al., 2007; Bulleri, 2013), embora as duas apareçam em diferentes micro-habitats devido à sua diferente especialização no tipo de alimento e aos diferentes limites de tolerância às variáveis do meio, como o hidrodinamismo (Chelazzi et al., 1997; Agnetta et al., 2012). *P. lividus* é muito mais abundante no habitat rochoso do intertidal e subtidal pouco fundo, concretamente nas zonas com pendentes pouco pronunciadas, e alimenta-se predominantemente de algas eretas, ao passo que *A. lixula* é mais abundante nas superfícies verticais do subtidal e é considerado um dos principais consumidores de algas incrustantes (Bulleri et al., 1999). No que respeita à presença de *A. lixula* não podemos confirmar a sua presença na zona de estudo, pois não está descrita e não é fácil diferenciar as duas espécies a olho nu, embora suspeitamos que possa ter sido amostrado esporadicamente algum indivíduo.

É habitual encontrar *P. lividus* formando densos agregados em poças de maré, onde os tamanhos são em promédio menores que as encontradas nas populações do subtidal, sendo pouco comuns os ouriços de tamanhos superiores a 50 mm de diâmetro (González-Irusta et al., 2010). Segundo Haya de la Sierra (1990) a ausência

de tamanhos maiores pode ser devida às condições adversas que estas populações têm de suportar, em termos de elevado hidrodinamismo e intermitente disponibilidade de alimento. No entanto, este padrão também poderia ser explicado por uma migração para zonas mais profundas dos exemplares maiores ou por uma depredação seletiva (González-Irusta et al., 2010).

O objeto de estudo do presente trabalho são as populações de ouriço das **poças do intertidal rochoso** da costa norte de Portugal, onde este aparece em elevada abundância. A zona intertidal rochosa é caracterizada por ser um dos habitats conhecidos com uma maior variabilidade nas suas **condições físico-químicas**, que afetam os organismos que nela habitam. Os fortes gradientes horizontais e verticais dos fatores ambientais afetam a distribuição e abundância dos organismos e contribuem para a formação das comunidades que variam dependendo de fatores como a altitude, exposição a gradientes ou tipo de substrato e configuração (Murray et al., 2001). Por outro lado, as poças de maré formadas frequentemente no intertidal, bem seja pelo efeito da erosão da rocha nas zonas mais elevadas ou pela configuração dos grupos de rochas nas zonas mais baixas, sofrem em menor medida de fatores como a dessecação, pois estão cobertas com água permanentemente. É por isso que atuam como um refúgio para muitos organismos e espécies intolerantes à falta de água ou à insolação. Para muitos organismos proporcionam também um refúgio frente aos depredadores, o que representa um fator determinante na sobrevivência de juvenis para muitas espécies, incluindo os ouriços. No entanto, a maior parte dos fatores físico-químicos como oxigénio dissoluto, salinidade ou temperatura, podem variar enormemente dependendo das dimensões das poças, altitude, ou grau de exposição às ondas, e da mesma maneira os fatores biológicos como a tipologia e topografia do substrato ou comunidades bióticas que albergam são também altamente variáveis (Araújo et al., 2006). A salinidade, temperatura ou pH variam em função do tempo de emersão e do volume da poça (Metaxas & Scheibling, 1993), e a profundidade máxima também é uma variável influente pois, por exemplo, em poças muito profundas podem verificar-se estratos de diferentes densidades que suportam diferentes comunidades (Martins et al., 2007).

Também é preciso ter em conta que as populações do subtidal e intertidal estão separadas por poucos metros de distância, pelo que não se consideram geograficamente isoladas (Chapman, 2000). As meta-populações de ouriço estão formadas por populações conectadas entre si por dispersão das larvas, e que cada

população cobre uma área da ordem de vários km² onde os ouriços são abundantes (Ouréns et al., 2013). De fato, estudos genéticos confirmam que a espécie apresenta apenas três populações diferentes, a do Atlântico, a do Mediterrâneo e a do Adriático (Maltagliati et al., 2010). Mas por outro lado, a escala em que se observam e analisam estas populações deve ser a apropriada e ajustada ao meio de estudo, por apresentar padrões de abundância e distribuição diferentes nas distintas escalas espaciais. (Orensanz et al., 2006).

Convém ressaltar que para este trabalho foram consideradas como **habitat de estudo** as poças do intertidal, pois existe outro habitat muito similar em que os ouriços se refugiam, que são as gretas ou fendas, muito provavelmente para se protegerem dos depredadores, mas também da força do mar (Benedetti-Cecchi & Cinelli, 1995; Barnes & Crook, 2001-a). Ambos os meios fornecem a referida proteção ante a força das ondas e das correntes, por isso são um bom substrato para as larvas se afixarem e os juvenis se protegerem destes fatores que induzem a sua mortalidade. Mas são as poças, depressões de contorno e profundidade variável que se mantêm cobertas de água durante as marés baixas, o nosso habitat de estudo, por serem unidades discretas mais fáceis de isolar e medir do que as gretas. No caso das poças do intertidal inferior pode acontecer que não fiquem totalmente cobertas de água por serem no geral de contornos algo mais irregulares comparadas com as poças de níveis superiores.

As variações em **abundância** nas diferentes populações parecem devidas a diversos processos de escala local, ou à interação destes processos com outros atuando a escalas maiores. Existem estudos focados em tentar detetar ou explicar a variabilidade por um só fator, tal como a depredação (Andrew & Choat, 1985), a atividade extrativa (Bertocci et al., 2012-b), o hidrodinamismo (Jacinto & Cruz, 2012; Jacinto et al., 2013), mas é preciso pôr toda esta informação em conjunto, pois é a enorme quantidade e complexidade das interações dos processos abióticos e biológicos o que modela a estrutura das populações, e isto requer uma multiplicidade de aproximações (Prado et al., 2012).

Em particular, os eventos que acontecem durante o assentamento dos juvenis parecem determinar em grande medida os padrões de distribuição dos adultos (Andrew & Choat, 1985; Tomas et al., 2004). As larvas podem percorrer dezenas de quilómetros antes de assentarem, viajam à deriva das correntes por longos períodos de tempo, que podem chegar a várias semanas, e finalmente assentam e realizam a metamorfose. Parece que a sobrevivência das larvas depende do êxito na hora de escolher o lugar de assentamento. Andrew & Choat (1985) observaram para a espécie

Evechinus chloroticus (Valenciennes, 1846), que a sobrevivência era maior em habitats dominados por algas coralinas articuladas em profundidades não muito elevadas, e Cameron *et al* (1980) que os juvenis do intertidal parecem estabelecer-se melhor em áreas perto dos adultos, dominadas por algas coralinas incrustantes. Tomas *et al.* (2004) observaram que tanto o assentamento como o recrutamento têm mais sucesso em substratos rochosos do que em pradarias de ervas marinhas. No caso do ouriço, da mesma maneira que para muitos outros invertebrados marinhos com fases larvais de elevado potencial de dispersão, podemos dizer que ao estudar uma região que abrange várias dezenas de quilómetros estamos a estudar uma metapopulação (Ebert *et al.*, 1994).

4. BIOLOGIA DA ESPÉCIE

Paracentrotus lividus é um consumidor primário na cadeia trófica da zona litoral. Tem uma dieta **herbívora** (Fernández *et al.*, 2000; Cacabelos *et al.*, 2010; Agnetta *et al.*, 2012), e ainda que possam aparecer no seu aparato digestivo restos animais, considera-se que esta ingestão acontece de maneira acidental ou esporádica (Niell & Pastor, 1973; Murillo-Navarro & Jiménez-Guirado, 2012). Alimenta-se predominantemente das algas macrofitas fixas ao substrato que encontra disponíveis no seu habitat, sendo um dos principais consumidores e modificando a estrutura do habitat onde se encontra (Ruitton *et al.*, 2000), mas também se alimenta de fragmentos à deriva, sobretudo no caso de ouriços que vivem dentro de cavidades ou fendas (Niell & Pastor, 1973; Bulleri, 2013). A sua capacidade modificadora chega até ao ponto de formar habitats específicos, conhecidos como *sea urchin barrens*, caracterizados por uma grande abundância de ouriços que consomem as algas eretas e deixam, por sua vez, apenas as algas incrustantes (Abraham, 2007; Benedetti-Cecchi *et al.*, 1998). Por isto são considerados entre os invertebrados com um papel predominante na estruturação e controlo das comunidades de algas macrófitas bentônicas. Mudanças na sua abundância relativa podem mudar drasticamente a composição e estruturas destas comunidades (Paine, 1992; Tomas *et al.*, 2004).

Tal como os outros equinodermos, é uma espécie dioica que não apresenta dimorfismo sexual aparente. A variedade de cores que pode apresentar (lilás, branco, verde, castanho...) não está relacionada nem com o sexo, nem com a alimentação predominante, nem com a profundidade (Boudouresque & Verlaque, 2007; Veja-Suárez & Romero-Kutzner, 2011). Por ter simetria penta radial, apresenta cinco

gónadas, sendo possível diferenciar os machos das fêmeas simplesmente pela cor destas (as fêmeas tem uma cor mais vermelha e os machos mais amarela), embora quando estão imaturos seja muito difícil distinguir os sexos, pois as gónadas ficam muito menos desenvolvidas e mais escuras. A fecundação é externa, libertando os gametas na água. As larvas que se formam são planctónicas, se denominam *equinopluteus*, nadam e se alimentam na coluna de água durante aproximadamente um mês, sendo este período bastante variável entre as distintas regiões e anos sucessivos. Após um período de transformações, a larva fixa-se a um substrato, onde sofre uma rápida metamorfose que dá lugar a um pequeno ouriço juvenil de até 1 milímetro de diâmetro. Estes pequenos ouriços sofrem elevadas taxas de mortalidade. As taxas de sobrevivência são maiores em micro-habitats protegidos, tais como debaixo das pedras, rizoides de algas, conchas, em poças, cavidades das rochas ou entre os espinhos dos ouriços adultos (Benedetti-Cecchi & Cinelli, 1995; Tomas et al., 2004). O recrutamento de juvenis costuma apresentar grandes variações interanuais (Hereu et al., 2004).

O **tamanho** máximo que podem chegar a apresentar foi descrito nas populações Atlânticas, superando os 75 mm de diâmetro na Irlanda ou na Galiza (Byrne, 1990; Catoira, 1995). O tamanho de maturidade sexual é considerado geralmente a partir dos 30 mm (Ouréns et al., 2011). A relação entre o **tamanho** e a **idade** dos ouriços é difícil de estabelecer devido aos efeitos da variabilidade ambiental e da competência interespecífica. (Grosjean et al., 1996). Devido em parte às duras e muito variáveis condições que os ouriços suportam na zona intertidal por causa das mudanças continuas no nível e na força do mar, estes apresentam tamanhos menores comparados com os do subtidal (Byrne, 1990).

Os **predadores** mais comuns dos ouriços são crustáceos decápodes ou estrelas-do-mar (Barnes & Crook, 2001-b), e varias espécies de peixes (Clemente et al., 2013; Sala & Zabala, 1996). A sobrevivência dos juvenis aos predadores aumenta significativamente com a disponibilidade de refúgio, relativa em grande medida à complexidade do substrato (Clemente et al., 2013; Sala & Zabala, 1996; Tomas et al., 2004). Diversos episódios de doença e mortalidade maciça têm sido registados em diferentes localidades, como a costa de Nova Escócia (Scheibling et al., 1999), e são estes processos, junto com o nível de predação, migração, recrutamento ou assentamento os que têm um papel fundamental nas dinâmicas populacionais, sendo

que estes dois últimos possam ser os de maior relevância, tal como acontece no caso de outras espécies com larvas planctónicas (Tomas et al., 2004).

O **deslocamento** dos ouriços adultos parece motivado pela escassez de alimento. Observa-se, por exemplo, aos ouriços saindo pelas proximidades mais imediatas das gretas ou cavidades onde se refugiam (Benedetti-Cecchi & Cinelli, 1995) ou subindo desde a base até ao topo das rochas (Barnes & Crook, 2001-a, b) em padrões de **atividade circadianos**, mas que curiosamente são padrões de deslocamento opostos entre as populações mediterrâneas e as atlânticas (Sala & Zabala, 1996; Crook et al., 2000). Em bastantes ocasiões chegam a formar frentes muito densas que se movimentam rumo a zonas de maior densidade de algas (Abraham, 2007), são os já comentados *sea urchin feeding fronts*. O deslocamento de *P. lividus* parece ser aproximadamente de 1 metro por dia em zonas superficiais no Mediterrâneo (Shepherd & Boudouresque, 1979), embora no intertidal possa apresentar um comportamento mais territorial onde praticamente os indivíduos não se movimentam e ficam dentro das cavidades, que eles próprios escavam na rocha com o seu aparelho mastigador e ajuda das espinhas, durante longos períodos de tempo (Haya de la Sierra, 1990), alimentando-se de fragmentos à deriva. Parece que estes comportamentos tão diferentes podem ser uma adaptação dos indivíduos e populações ao meio em resposta a fatores como a densidade populacional, disponibilidade de alimento, presença de depredadores ou às forças hidrodinâmicas (Benedetti-Cecchi et al, 1998; Sala & Zabala, 1996).

O **hábito escavador** parece sobretudo relacionado com a exposição às ondas, pois é mais intenso nas profundidades menores, entre 0 e 2 metros (Martinell, 1981; Jacinto & Cruz, 2012). O ouriço utiliza o seu aparelho mastigador, a lanterna de Aristóteles, para escavar a rocha e assim proteger-se não só da força da água mas também de possíveis depredadores. Estas covas têm profundidades e tamanhos diversos, dependendo do tamanho do próprio ouriço e da área em que vive, dando a impressão de que aumenta proporcionalmente com a exposição (observação pessoal). Este comportamento, junto com a enorme capacidade adesiva dos seus pés ambulacrários, superior à de outras espécies de ouriços de características similares permite-lhe colonizar as zonas mais batidas do infralitoral superior deslocando outras espécies de ouriços menos resistentes à força das ondas (Tuya et al., 2007; González-Irusta et al., 2010).



Figura 1. A presença de cavidades escavadas pelos ouriços é muito comum em toda a zona de estudo, como nesta poça da praia de Carreço.

Paracentrotus lividus, em particular, apresenta uma elevada tolerância ao estresse fisiológico, resistindo a níveis de dessecação, salinidade, temperatura ou falta de alimento elevados comparando com outros organismos litorais (Allain, 1975). Alguns organismos do intertidal vivem no limite das suas tolerâncias fisiológicas, e é por isso que a aparição de qualquer estresse de origem antropogénica ou natural pode levar a elevadas e repentinas taxas de mortalidade (Thompson et al., 2002).

5. O OURIÇO COMO RECURSO. APANHAS EM PORTUGAL.

Antigamente, as pesqueiras do ouriço de mar eram pesqueiras artesanais e o produto era vendido localmente. Na atualidade, a existência de mercados de importação de elevada procura como o Japão, o maior consumidor mundial, ou a França, no caso da Europa, tem levado a um aumento continuado da pressão sobre o recurso em muitos países. O Japão, que por volta dos anos 80 era o principal produtor e consumidor mundial de diversas espécies de ouriço, diminuiu as suas capturas e começou a importar maioritariamente desde os Estados Unidos e do Chile. No caso da Europa, a França é o principal consumidor, e a espécie *Paracentrotus lividus* é a mais apreciada, nomeadamente as populações Atlânticas, pelas qualidades organolépticas das suas gónadas (González-Irusta et al., 2010; Sánchez- España et al., 2004). Com ainda maior acentuação do que no caso do Japão, a França viu progressiva e drasticamente diminuídas as suas capturas desde início dos anos 80 (Boudouresque et al. 1980), pelo que começou a importar sobretudo da Irlanda, onde mais tarde

também viria a verificar-se uma sobre-exploração dos *stocks* ao longo de toda a sua costa. (Byrne, 1990; Barnes & Crook, 2001-b; Andrew et al., 2002).

No caso da aquacultura, diversos estudos são levados a cabo com a tentativa de aumentar e generalizar a produção, mas atualmente ainda está longe de conseguir cobrir a elevada procura mundial (González-Irusta et al., 2010). E além da procura, existe o direito e a possibilidade para as populações locais de incluir a apanha do ouriço nas suas atividades económicas. Como consequência, os *stocks* de ouriço-do-mar devem ser estrita e cuidadosamente geridos para proteger e manter as populações (Tomšić et al., 2010). A sobre-exploração dos invertebrados marinhos tem aumentado sobretudo para aquelas espécies cujo valor de mercado é elevado, caso do ouriço, o que propicia a apanha ilegal, ou em áreas onde o esforço de apanha não é apropriadamente gerido e monitorizado (Pais et al., 2012). Devido a esta problemática, o estudo da variabilidade no seu comportamento, nos padrões de emigração ou no tamanho das populações poderão ser de grande ajuda na elaboração de planos para a sua exploração sustentável (Barnes & Crook, 2001-b). Da mesma maneira, o conhecimento das dinâmicas no habitat da espécie é um pré-requisito fundamental para a gestão do recurso (Turon et al., 1995).

Além da França e da Irlanda, *P. lividus* é apanhado na Itália (Pais et al., 2012), na Grécia, em Portugal e em Espanha, onde a região da Galiza, vizinha da região Norte de Portugal, se destaca como sendo atualmente o maior produtor da União Europeia, com níveis capturas estáveis desde os anos 90 (González-Irusta et al., 2010). Mas devido à intensidade de apanha, apesar da legislação e controlo existentes, corre o risco de esgotar as suas populações da mesma maneira que aconteceu nas populações da França e da Irlanda.

A apanha do ouriço em Portugal é realizada ao longo de toda a costa rochosa, de norte a sul, sendo de uma especial intensidade na costa alentejana, onde o ouriço é uma das principais espécies apanhadas, embora com uma componente fundamentalmente lúdica e sazonal (Castro, 2004). Também no norte é onde existe a única atividade comercial em grande escala, pois uma empresa compra as capturas para posterior processamento, exportação e venda. Esta apanha é realizada entre os meses de final do inverno e início da primavera, por ser quando as gónadas atingem o seu maior desenvolvimento, e portanto um maior tamanho e melhor consistência, e nos períodos de baixa-mar mais amplos, como nas marés equinociais de primavera, por ser quando se pode aceder com maior facilidade aos ouriços de grandes tamanhos e em maiores quantidades. O tamanho mínimo de apanha em Portugal,

para os portadores de licenças oficiais está estabelecido em 50 mm desde o ano 2011, e também existe um limite de apanha de 50 kg por pessoa e por dia (Bertocci et al., 2012-b). De acordo com a Portaria nº 1228/2010 entende-se por apanha qualquer método de pesca que se caracterize por ser uma atividade individual em que, de um modo geral, não são utilizados utensílios especialmente fabricados para esse fim, mas apenas as mãos ou os pés, ou eventualmente um animal, sem provocar ferimentos graves nas capturas. Entende-se assim que a apanha do ouriço em Portugal só pode ser realizada no intertidal, sem recurso a utensílios como factos de mergulho e facas, como é realizado, por exemplo, na vizinha região da Galiza. A apanha pode ser realizada para fins científicos, lúdicos ou comerciais, sendo que neste último caso é exercida por pessoas singulares mediante licença de apanhador de espécies animais, só podendo efetivar-se em zonas públicas não licenciadas para outros fins nem interditas a esta atividade.

As licenças emitidas pela DGRN (Direção Geral dos Recursos Naturais) não referem a área de operação, sendo que os únicos condicionalismos à atividade são o tamanho mínimo e as quantidades máximas de captura permitidas; e a apanha ser exercida nas zonas da capitania da área de residência do titular, nas capitánias limítrofes e zonas públicas não licenciadas para outros fins nem interditas a esta atividade do nascer ao pôr-do-sol (Portaria n.º 1228/2010 e Portaria nº 82/2011).

6. ESTUDOS PRÉVIOS RELACIONADOS. ANTECEDENTES.

Os diversos estudos sobre esta espécie, *Paracentrotus lividus*, têm sido realizados mais comumente no subtidal, mas também no intertidal, como são exemplo estudos sobre as suas relações e características tróficas (Niell & Pastor, 1976; Sala & Zabala, 1996; Palacín et al., 1998; Bulleri et al., 1999; Fernandez & Boudouresque, 2000; Ruitton et al., 2000; Guidetti et al., 2005; Hereu et al., 2005; Snellen et al., 2007; Privitera et al., 2008; Cacabelos et al., 2010; Gianguzza et al., 2010; Agneta, 2012; Murillo-Navarro & Jiménez-Guirado, 2012; Bulleri, 2013), padrões de abundância e distribuição, tanto no Atlântico como no Mediterrâneo (Allain, 1975; Sala & Zabala, 1996; Chelazzi et al., 1997; Guidetti et al., 2004; Hereu et al., 2004; Gianguzza et al., 2006; Pinna et al., 2006; Tuya et al., 2007; Pais et al., 2007; Ceccherelli et al., 2009, 2011; Ouréns et al., 2011; Vega-Suárez & Romero-Kutzner, 2011; Addis et al., 2012; Bertocci et al., 2012-b; Hereu et al., 2012; Prado et al., 2012; Jacinto et al., 2013), assentamento e recrutamento (Lozano et al., 1995; Tomas et al. 2004), movimento ou padrões de migração (Shepherd & Boudouresque, 1979; Crook

et al., 2000; Barnes & Crook, 2001- a,b; Domenici et al., 2003; Hereu, 2005), **genética** (Maltagliati et al., 2010), **reprodução** (Byrne, 1990; Lozano et al., 1995; Guettaf et al., 2000; Sánchez- España et al., 2004; Bayed et al., 2005; Sellem & Guillou, 2007; Garmendia et al., 2010; González-Irusta et al., 2010; Tomšić et al., 2010; Ouréns et al., 2011), **crescimento** (Turon et al., 1995; Grosjean et al., 1996; Bayed et al., 2005; Tomšić et al., 2010; Ouréns et al., 2013) ou **aspectos comportamentais** como a **reação de cobrimento com diversos itens** (Crook et al., 1999; Barnes & Crook, 2001-a; Verling et al., 2002). Outros estudos relacionados foram feitos sobre outras espécies de ouriços (Tegner & Dayton, 1977; Cameron, 1980; Andrew & Mapstone, 1987; Freeman, 2003; Abraham, 2007; Dumont et al., 2007-a,b; Tuya et al., 2007; Martín-García & Luque-Escalona, 2008; Clemente et al., 2008, 2013).

Também existem estudos, embora mais infrequentes, de outros habitats, como sistemas de lagoas (Fernandez et al., 2006), mas poucos estudos têm sido feitos sobre as populações de *P. lividus* nas poças do intertidal (Byrne, 1990; Benedetti-Cecchi & Cinelli, 1995; Miguez- Rodríguez, 2001; González-Irusta et al., 2010; Ouréns et al., 2011; Bertocci et al., 2012-b; Jacinto & Cruz, 2012).

Alguns estudos incluem análise de variáveis físicas que afetam os ouriços e outros invertebrados (Schoch & Dethier, 1996; Menconi et al., 1999; Tuya et al., 2007; Clemente & Hernández, 2008; Jacinto & Cruz, 2012; Jacinto et al., 2013), e variáveis biológicas como o tipo de substrato (Gianguzza et al., 2010; Miguez- Rodríguez, 2001), e sobre variáveis físicas das poças que afetam outros organismos diferentes dos ouriços (Huggett & Griffiths, 1986; Methratta, 2004; Araújo et al., 2006; Hayes, 2007; Martins et al., 2007; Bertocci et al., 2012-a), ou não sendo estes o objetivo principal do estudo (Jordaan et al., 2011; Metaxas, 1993, 1994).

A relevância da espécie como recurso revela-se na abundância de estudos relacionados com o impacto da sua apanha (Allain, 1975; Andrew et al., 2002; Barnes & Crook, 2001-b; Bertocci et al., 2012-b; Castro 2004; Ceccherelli et al., 2009, 2011; Freire et al., 2002; Gianguzza et al., 2006; Guidetti et al., 2004; Orensanz et al., 2006; Pais et al., 2007; Pinna et al., 2006; Pais et al., 2012).

PARTE II

7. CARACTERÍSTICAS DO PRESENTE ESTUDO.

7.1- Introdução à metodologia

Duas aproximações diferentes foram empregues para verificar a possibilidade de caracterizar o habitat preferencial destas comunidades. As técnicas de amostragem e de análise estatística foram selecionadas com base nos meios e tempo disponíveis para as amostragens e a experiência prévia no trabalho neste habitat em particular, pretendendo assim otimizar o esforço e os resultados. As variáveis medidas foram as mesmas para os dois métodos, variando por vezes a técnica e a escala utilizada para algumas delas devido à disponibilidade de meios e tempo e a melhor adequação aos objetivos a conseguir e ao método estatístico a utilizar para a análise posterior.

A amostragem foi, portanto, dividida em duas metodologias diferenciadas em tempo e em espaço:

A primeira amostragem incluiu três escalas espaciais hierárquicas: quadrados, *sítes* e praias, selecionados aleatoriamente de entre um amplo grupo de unidades disponíveis e, em princípio, igualmente equivalentes para testar a hipótese proposta. Estas pretendem funcionar como representação da variabilidade dos ouriços sobre distâncias de metros, dezenas de metros e dezenas de quilómetros. Estas escalas foram amostradas em cada uma das três datas selecionadas aleatoriamente, com a intenção de representar a variabilidade temporal das comunidades de ouriço nas poças durante um período de 6 meses. Os níveis espaciais selecionados foram praia (extensões de costa rochosa de comprimento da ordem de centenas de metros, separadas entre si por vários quilómetros), *site* (locais de poucos metros de comprimento, separados por dezenas de metros em cada praia) e quadrado (quadrado de amostragem de dimensões 0.5x0.5 m, separados entre si por poucos metros em cada *site*). Portanto, as datas, praias e locais serão os fatores aleatórios em que os padrões de abundância total e as classes de tamanho dos ouriços nas poças virão a ser testados. Assim sendo, cada uma das praias foi amostrada em três datas, em cada uma das quais foram escolhidos dois *sítes*, e em cada um deles amostrados 5 quadrados, os quais foram considerados as réplicas do estudo.

A segunda amostragem foi de tipo intensivo, escolhendo uma praia onde se tentou amostrar, durante cinco dias consecutivos da mesma maré, a maior diversidade de poças com ouriços no que diz respeito às variáveis físicas e biológicas escolhidas. A intenção deste tipo de amostragem foi realizar uma análise de classificação para tentar obter grupos diferenciados pelas variáveis que caracterizem a distribuição dos ouriços nas poças. Submetendo os dados a uma análise de classificação *cluster*, tratou-se de avaliar não só quais são as características das poças que as fazem mais apropriadas para os ouriços, senão as interações entre as variáveis que afetam a distribuição e abundância. Posteriormente realizou-se uma análise de ordenação PCA, para tentar reduzir o número de variáveis que efetivamente exerceram uma maior influência nas poças amostradas. Finalmente uma ANOVA foi realizada para comprovar a hipótese de que as médias das abundâncias para os *clusters* definidos fossem diferentes.

7.2 - Variáveis selecionadas e descartadas

Cada uma das variáveis foi medida para cada uma das poças, que são as unidades de amostragem.

É muito frequente em trabalhos que tiveram em conta variáveis físicas como a altitude ou exposição às ondas utilizar medidas de classificação categóricas, mas estas parecem demasiado subjetivas e carecem de suficiente exatidão se o que se pretende é descrever exaustivamente o habitat (Clemente & Hernández, 2008; Gianguzza, 2013). Neste estudo todas as variáveis foram medidas por meio de métodos que tomam medições contínuas.

A escolha das diferentes variáveis que puderem afetar a distribuição dos ouriços assim como dos métodos utilizados para a sua medição foi realizada baseando-se sobretudo na bibliografia disponível e no conhecimento da zona e tema de estudo. O tempo e meios materiais disponíveis para as amostragens também foram fatores a serem considerados. A continuação se oferece uma explicação dos critérios utilizados para a escolha ou rejeição das variáveis a medir.

Variáveis incluídas no estudo:

Densidade total e por classes de tamanho dos ouriços.

Diversos estudos têm utilizado frequentemente as classes de tamanho dos ouriços para estimar a estrutura populacional (Benedetti-Cecchi et al, 1998; Barnes & Crook, 2001- a,b; Tomas et al., 2004; Bayed et al., 2005; Fernandez et al., 2006;

Tomšić et al, 2010; Ouréns et al., 2013). Isto pode ser realizado com o objetivo de descrever ou modelizar uma população, como é o caso do presente trabalho (Turon et al., 1995; Domenici et al., 2003; Hereu et al., 2012; Jacinto et al., 2013), ou bem para realizar planos de exploração ou tentar estimar o impacto de algum acontecimento, como fenómenos de mortalidade maciça ou efeitos da apanha comercial (Tegner & Dayton, 1977; Bertocci et al., 2012-b).

Latitude e longitude

O registo da localização geográfica de cada uma das poças é relevante para retornar ao local de amostragem com facilidade para medir as diversas variáveis, por não ser possível tomar todas as medidas para cada poça num mesmo dia. Mas revelou-se além do mais interessante incluir a latitude como variável no método 1, de escalas espaciais, por incluir numerosas poças em localidades separadas por uma distância apreciável ao longo da costa, o que poderia mostrar diferenças interessantes em termos de localização (Bertocci et al., 2012-b). O tramo de costa examinado neste estudo tem uma configuração praticamente linear, com orientação norte-sul, e é por isso que é razoável a suposição de que as diferentes poças localizadas ao longo da costa poderão estar expostas a diferentes intensidades nos gradientes ambientais devidos a fontes locais, como desembocaduras de rios ou cidades próximas.

Área da superfície

Diversos autores consideram esta variável um fator determinante na conformação das comunidades nas poças. Metaxas et al. (1994) utilizam esta medida para caracterizar as poças do intertidal. Segundo Martins et al. (2007) a área das poças pode vir a ser determinante na intensidade com que podem suavizar os efeitos das variações físico-químicas, mas também pode aumentar a probabilidade de recrutamento de larvas planctónicas.

Methratta (2004), Araújo et al. (2006), Jordaan et al. (2011), Underwood & Skilleter (1996) estudam o efeito da área das poças nas comunidades que albergam. Não se encontrou referência alguma da influência desta variável nas populações de ouriços e por isso pareceu muito pertinente inclui-la no nosso estudo.

Profundidade média e profundidade máxima

A profundidade da poça influencia por si própria a variabilidade na temperatura da água, possibilitando a estratificação e a presença de diferentes comunidades no caso das poças mais fundas, independentemente do seu volume, mas também pode

ser um fator relevante, junto com a área da superfície, dada a possibilidade de evaporação da água durante os períodos de maré baixa, podendo ficar temporariamente exposta ao ar (Martins et al., 2007). No presente trabalho foram amostradas poças de diferentes profundidades até o limite em que foi possível trabalhar e amostrar os ouriços sem a necessidade de mergulhar, sendo que as poças mais fundas não foram amostradas. Além da inacessibilidade, para os objetivos do estudo consideramos as poças de grandes dimensões com as mesmas características morfodinâmicas e físico-químicas que a zona subtidal, que está já fora do interesse deste trabalho. Numa parte do trabalho considerou-se a profundidade média (Metaxas et al., 1994; Methratta, 2004; Jordaan et al., 2011) e na outra a profundidade máxima (Araújo et al., 2006; Bertocci et al., 2012-a).

Volume

Considerou-se que poderia ser uma variável interessante, entre outros motivos porque juntamente com a profundidade e a área, define a capacidade da poça para amortecer os efeitos das variações na temperatura ou salinidade durante os períodos de emersão (Metaxas & Scheibling, 1993). O volume das poças é considerado em diversos trabalhos sobre comunidades intertidais como os de Metaxas et al. (1994), Methratta (2004), Jordaan et al. (2011), Araújo et al. (2006), Martins et al. (2007), não tendo sido possível, no entanto, encontrar trabalhos relacionando o volume das poças com as populações de ouriços.

Altitude absoluta e altitude de maré

A altitude é reconhecida como um fator de elevada relevância na composição das comunidades nas poças (Bertocci et al., 2012-a; Underwood & Skilleter, 1996; Hayes, 2007), por influenciar diretamente outras variáveis como a temperatura, salinidade e concentração de oxigénio, embora esta última depende em maior medida da abundância de biota que o consome e produz (Huggett & Griffiths, 1986). Segundo Martins et al. (2007) a altitude das poças determina também outras condições tais como a disponibilidade de alimento ou de recrutas, ou o nível de predação.

Jordaan et al. (2011) diferencia entre altitude de maré e altitude vertical. Para o nosso estudo pareceu oportuno diferenciar e tomar as duas medidas, considerando a altitude de maré em relação ao tempo que as poças ficam descobertas durante o período de baixa-mar, e a altitude absoluta como a altitude vertical medida em centímetros. A diferença entre as duas é que a altitude de maré é uma altitude relativa que depende não só da altitude absoluta senão também da fisionomia da área em que se encontra a

poça, isto é, da orientação da poça e da possível existência de barreiras físicas que possam fazer com que a maré se retarde relativamente a outras poças da mesma elevação ou altitude absoluta.

Distância até o nível da água

Considerou-se útil e interessante tomar esta medida da distância da plataforma rochosa em que se encontra a poça até ao nível onde se encontra a massa de água mais próxima num determinado momento da maré baixa. Esta medida funciona como complemento da altitude absoluta para obter assim uma ideia geral do grau de conectividade entre o nível subtidal e a poça. Isto é relevante, por exemplo, em termos do tempo que uma poça determinada poderá ficar emergida e, portanto, sujeita às condições físico-químicas provocadas pela exposição direta ao sol, ou da facilidade de transporte de larvas ou alimento desde a coluna de água até à poça.

Rugosidade do substrato ou Índice de complexidade topográfica

Esta variável foi considerada de maior relevância para este estudo devido ao seu efeito em termos de proteção frente aos predadores e para o recrutamento durante a fase larvária. A rugosidade do substrato foi analisada previamente por vários autores relacionando-a com o ouriço (Metaxas & Scheibling, 1993; Clemente & Hernández, 2008; Hereu et al., 2012; Jacinto et al., 2013), e para outros organismos do intertidal (Menconi et al.; 1999, Bulleri et al., 2011).

Cobertura do substrato

Esta variável foi escolhida porque no substrato das poças desta área geográfica existem tanto organismos como entidades físicas que têm a potencialidade de influenciar a abundância de ouriços de maneiras diferentes. Por um lado, tanto mexilhões e outros invertebrados sésseis como a sabelária (Bertocci et al., 2012-a,b) são competidores pelo espaço, pois os ouriços precisam de um substrato firme para se segurarem. Os ouriços em nenhum momento se encontram situados por cima destas espécies (observação pessoal). Por outro lado estão as pedras e areias. As pedras que foram consideradas nesta medição foram pedras que pelo seu tamanho poderão ser deslocadas pela força da água e provocar um efeito de abrasão mecânica sobre os ouriços, danificando o seu exosqueleto ou as espinhas. As areias podem acumular-se em tal quantidade que cobrem totalmente os ouriços, impossibilitando por exemplo o seu livre movimento ou alimentação (Clemente & Hernández, 2008). Durante os temporais de inverno, determinadas poças das praias amostradas

sofreram um intenso traslado de areia (observação pessoal). A cobertura de algas incrustantes e eretas foi também medida, mas posteriormente excluídas, por ser a sua abundância ao mesmo tempo uma variável que pode influir na abundância dos ouriços e uma consequência da presença dos mesmos na poça. A superfície de rocha nua foi considerada como sendo provavelmente um dos substratos mais favoráveis para o estabelecimento dos ouriços.

Índice de hidrodinamismo

Esta variável é reconhecida e estudada pelos seus efeitos sobre a distribuição dos ouriços (Chelazzi et al., 1997; Tuya et al., 2006, 2007; Jacinto & Cruz, 2012; Jacinto et al., 2013) e outros organismos (Boizard & DeWreede, 2006) das poças e do substrato emergente no intertidal, e também no subtidal. O hidrodinamismo é referido à força das ondas mas também às turbulências das correntes de pequena escala típicas das zonas rochosas. Este afeta enormemente os ouriços na sua mobilidade e na facilidade de aderirem ao substrato e aumenta as probabilidades de serem alcançados e lesionados por matérias transportadas pelas ondas. Para realizar as medições foi escolhido o método de dissolução de cubos de gesso (Jokiel & Morrissey, 1993; Thompson & Glenn, 1994; Porter et al., 2000; Lindegarth & Gamfeldt, 2005) por ser este muito mais facilmente reproduzível em todas as poças do estudo (135 poças no total) do que os outros. Além disso, por ser um método de medição com resultados contínuos (índice de desgaste por hora), apropriado para a comparação direta com as outras variáveis nas análises estatísticas a ser realizadas. Com esta variável tratou-se de comparar a força da água no ambiente mais próximo de cada uma das poças, tendo como hipótese que a força das ondas afete a distribuição dos ouriços dentro da poça.

Variáveis descartadas:

Existem outras variáveis que poderiam parecer, a princípio, determinantes para a distribuição dos ouriços, mas não foram tidas em consideração por diversos motivos.

Inclinação do substrato

Esta variável não foi medida por considerar-se que tanto entre as praias como a menor escala não existem diferenças apreciáveis na inclinação. Este trabalho inclui uma amostragem ao longo de plataformas praticamente horizontais em cada uma das praias amostradas. Também foi considerado que não seria uma variável que possa afetar em grande medida os indivíduos que vivem dentro das poças, mas sim os que

vivem no substrato emergente (como por exemplo as lapas, *Patella vulgata*, L., 1758), não sendo este o caso dos ouriços.

Temperatura da água nas poças

Esta variável está relacionada diretamente com o volume, profundidade e dimensões da poça, que foram já medidas. Além disso, é uma variável que pode mudar notavelmente dependendo do momento em que for medida, o que introduziria um erro sistemático por causa da amostragem para cada poça ser medida em momentos díspares em termos de sazonalidade e tempos de emersão. Também na bibliografia encontramos informação sobre a elevada resistência do ouriço às variações físico-químicas, e por este motivo não pareceu relevante (Lozano et al., 1995).

Salinidade de água nas poças

A salinidade apresenta os mesmos contratempos que a temperatura para ser amostrada neste trabalho.

Índice de insolação

Esta é uma variável que pode afetar as comunidades de algas presentes numa poça, e é incluída em diversos estudos (Huggett & Griffiths, 1986; Verling et al., 2002). Pela experiência acumulada no meio de estudo não foi considerada uma das variáveis mais relevantes para caracterizar a distribuição dos ouriços nas poças. As poças amostradas não se caracterizam particularmente por ter diferenças evidentes em termos de exposição à radiação solar direta. De facto, todas elas tendem a ser totalmente expostas à radiação direta por estarem localizadas em plataformas abertas e horizontais, como previamente indicado. Não podemos, no entanto, descartar que a sua medição pudesse indicar padrões de distribuição dos ouriços em termos de migração vertical (Barnes & Crook, 2001-a), mas nesse caso a amostragem teria de ser estendida ao nível subtidal, opção que sai fora do âmbito do estudo. O que sim se tem observado no meio de estudo é a reação de cobrimento com diversos itens (Crook et al., 1999; Barnes & Crook, 2001-a; Verling et al., 2002), o que pode indicar um certo grau de adaptação dos ouriços a esta exposição.

Densidade de depredadores

Esta variável, que pode em grande medida afetar a distribuição e abundância dos ouriços não foi considerada neste estudo por precisar de uma amostragem

diferente e complexa. Esta necessitaria de tempo para ser desenhada e realizada, por tratar-se de uma amostragem específica para as diversas espécies e escalas de predadores dos ouriços.

8. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A localização global das praias amostradas pode ser observada na figura 2.

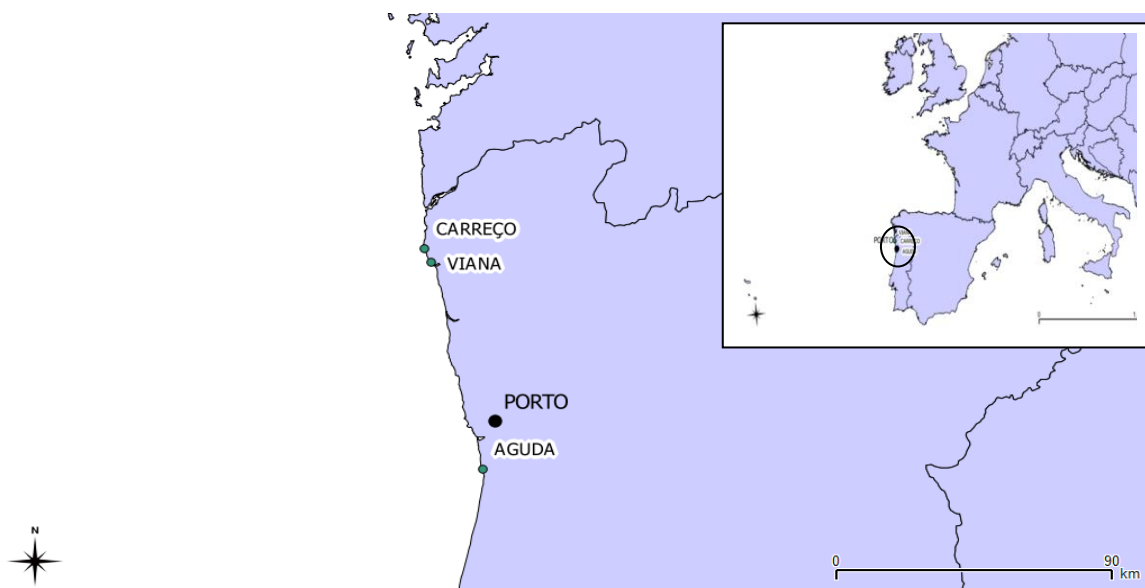


Fig.2 – Localização geográfica das praias amostradas (Carreço, Praia Norte de Viana e Aguda). Coordenadas: Carreço (41°44'25.48N, 8°52'41.02W), Praia Norte de Viana (41°41'49.71N, 8°51'15.48), Aguda (41°02'43.22N, 08°39'10.31W).

8.1- Morfologia, localização e regime meteorológico das praias

A costa norte de Portugal é caracterizada por tramos rochosos relativamente pequenos intercalados entre praias arenosas de grande extensão. Estes tramos de costa rochosa são variáveis em termos dos seus traços físicos e biológicos, e as três praias amostradas podem ser consideradas uma subamostra aleatória de todos eles, tencionando conseguir capturar a variabilidade total existente.

Começando de norte para sul, a descrição dos rasgos mais visíveis das praias amostradas é a que se segue:

A praia de **Carreço** encontra-se localizada a poucos quilómetros a norte da desembocadura do rio Lima (aproximadamente 7 km), e a sul da desembocadura do

rio Minho (aproximadamente 11 km), que é o terceiro rio mais caudaloso da Península Ibérica com 340 m³/s. Trata-se de uma praia exposta diretamente ao efeito das ondas e correntes costeiras que apresenta várias zonas rochosas de poucas dezenas de metros de extensão separadas por canais de média a elevada profundidade, às quais é possível aceder, por vezes com alguma dificuldade, nos períodos de maré baixa. Existe uma variabilidade evidente entre as diversas zonas rochosas em termos de elevação, no sentido de que as duas zonas mais externas são mais elevadas do que a mais próxima de terra. Mas a densidade de ouriços nas poças é comparável a olho nu entre as distintas zonas. Outra diferença que se aprecia é a presença de covas escavadas pelos ouriços nas rochas e poças das zonas mais exteriores, algumas delas abandonadas e muitas outras ocupadas por ouriços de tamanho médio e pequeno. A orientação da zona rochosa é estritamente paralela à linha de costa.



Figura 3.
Morfologia da praia de Carreço vista desde o extremo norte da zona rochosa. Observam-se na figura os dois canais principais que dividem as três zonas de rocha amostradas.

A **Praia Norte** está localizada a poucas centenas de metros a norte da desembocadura do rio Lima. Apresenta uma orientação igual às outras estudadas, onde a zona rochosa se distribui em faixas paralelas à linha de costa. Em termos de exposição às ondas, e diferentemente da praia de Carreço, é possível notar que esta praia possui uma proteção natural, pois entra várias dezenas de metros terra adentro, na costa que continua para Norte, como se pode apreciar no mapa da figura 7. Por este motivo, é possível que existam diferenças em termos de exposição às ondas e correntes. Além disso, existe uma faixa de rochas ao longo da zona mais externa que atuam como barreira atenuando a força das ondas em toda a praia, como se pode observar na figura 4, a continuação.



Figura.4.
Zona baixa do intertidal
na Praia Norte de Viana
do Castelo. Note-se a
existência de uma
frente de rochas que
funciona como barreira
protetora da ação mais
direta das ondas e
correntes.

Em termos de diversidade de habitats, esta praia apresenta uma grande variabilidade entre as distintas zonas rochosas, que são extensões muito amplas e representam a maior parte da superfície da praia. Também é possível observar nas marés mais baixas uma quantidade elevadíssima de ouriços de grande tamanho nas zonas submergidas das bordas das rochas. A par da elevada densidade de ouriços, cabe destacar nesta praia uma elevada densidade de espécies de macroalgas, das quais as mais visíveis e distintivas são as laminárias, que formam uma camada extensíssima apreciável a olho nu.

A praia de **Aguda** está localizada poucos quilómetros (aproximadamente 9.5 km) a sul da desembocadura do rio Douro, o terceiro rio em comprimento da Península Ibérica e o de maior caudal. Apresenta a mesma orientação paralela à linha de costa. De forma similar à Praia Norte apresenta uma barreira de proteção frente às ondas e correntes no seu extremo norte, como se pode apreciar no mapa da figura 8 embora neste caso seja uma barreira artificial de recente construção. A zona rochosa também se apresenta fragmentada, separada por canais de profundidade que aumenta progressivamente em direção ao mar, mas em termos de elevação e topografia esta praia é a mais homogénea, comparada com as outras.

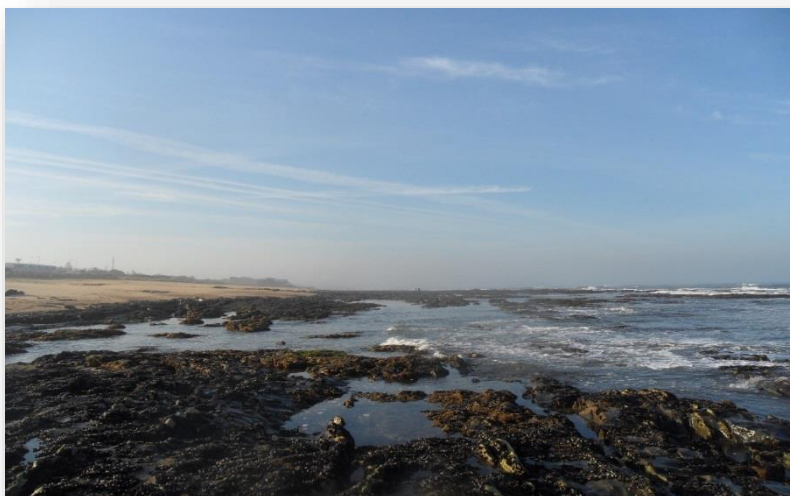


Figura 5.
Morfologia da praia
de Aguda na maré
baixa, observada
desde o extremo
Norte da praia.

Para todas as praias o regime de maré é o mesmo, sendo este semidiurno, com marés vivas que podem alcançar os 3,5 a 4 metros de amplitude. Em toda a zona de estudo é possível definir as quatro estações meteorológicas: verão com temperaturas médias por volta dos 19° C e precipitação média de 30 mm por mês; outono com valores médios de temperatura de 11° C e precipitações de 180 mm; inverno com temperaturas médias de 11° C e precipitações de 168 mm; e primavera com temperaturas médias por volta dos 15,5° C e precipitações 105 mm (www.meteo.pt/pt/oclima/climanormais/021). As temperaturas na água também variam sazonalmente, sendo que no verão se encontram pelos 18° C de média, no outono descem até aos 16° C, no inverno a média é de 14° C e na primavera anda por volta dos 15° C. Existem períodos de afloramentos costeiros em que o aporte de nutrientes aumenta consideravelmente. Estes eventos são comuns no período de abril a setembro. Também a altitude das ondas é muito variável ao longo do ano. No período da primavera e verão, as altitudes de onda variam entre 1 a 3 metros, com períodos entre ondas de 11 a 13 segundos. No período de outono e inverno é comum acontecerem trovoadas, calculando-se em média umas três por ano. A altitude das ondas nesse período pode facilmente ultrapassar os 7 metros, com períodos de 13 segundos, que podem chegar a alcançar os 18 segundos (Lemos and Pires, 2004; Rubal et al., 2011). Esta costa está exposta ao mar de fundo predominante do noroeste que pode alcançar valores por volta dos 5 m de onda no inverno (Araújo et al., 2006).

A intensidade da luz e fotoperíodo variam igualmente ao longo das estações, apresentando o seu máximo no período primavera-verão e os mínimos no período outono- inverno.

O ouriço está presente em abundância em estas três praias. As poças do intertidal são uma zona particularmente sensível por ser frequentada por numerosas pessoas nos períodos de maré baixa, dependendo da acessibilidade, sobretudo durante a época estival. As praias são frequentadas por banhistas mas também por apanhadores amadores de todo tipo de invertebrados (mexilhões, lapas, perceves, ouriços..., e sobretudo polvos) e pescadores.

8.2- Geologia

A zona costeira Caminha-Espinho, que abrange toda a área de estudo, é caracterizada pela sua constituição granítica ou metamórfica, o que determina em boa medida a fisionomia desta costa, pois apresenta elevada resistência à erosão costeira. A linha de costa apresenta orientação NNW-SSE e um carácter quase retilíneo (Araújo, 1999).

Como já foi referido anteriormente, existem formações geológicas de origem biogénica que são comuns e abundantes em determinados locais de toda a zona de estudo. Carvalhido et al. (2009) as descrevem no domínio costeiro, na zona de Viana do Castelo, num geossítio característico encontrado na praia de Areosa, consistente em alvéolos desabitados de ouriço-do-mar, de 3 cm de diâmetro médio. Estas geoformas encontram-se ao longo de uma magra faixa costeira por várias dezenas de metros, a uns 300 metros da posição atual do biótopo dos ouriços.

8.3- Comunidades de algas e invertebrados na zona intertidal

A zona intertidal superior em toda esta franja costeira é dominada pelo mexilhão *Mytilus galloprovincialis* e pelos cirrípedes do género *Chthamalus* (Rubal et al., 2011), sendo estes últimos mais abundantes nas zonas mais elevadas. Outras comunidades relevantes de invertebrados são as formações de *Sabellaria alveolata*, e enormes quantidades de gastrópodes, nomeadamente *Gibbula spp.*, também estrelas-do-mar, e anémonas, todos estes aparecendo em maiores quantidades num nível mais baixo do intertidal. Também aparecem outros invertebrados de maior mobilidade,

como varias espécies de camarão ou caranguejo, e também varias espécies de peixe das famílias Blenniidae e Gobiidae. Todas estas espécies interatuam potencialmente com os ouriços, quer seja por serem competidores (pelo espaço, como a sabelária, ou alimento, como os gasterópodes) quer por serem predadores, como as estrelas, peixes ou caranguejos.

Os estudos prévios de Araújo et al. (2006), Rubal et al. (2011) e Bertocci et al. (2012-a) fornecem uma boa descrição das comunidades das poças do intertidal rochoso do litoral norte da costa Portuguesa. As comunidades dentro das poças apresentam uma clara diferença em composição de espécies relativamente às que aparecem na zona adjacente de rocha emergida. O grupo predominante de algas é Rhodophyta, que vai diminuindo em número de espécies desde os níveis inferiores da praia até aos superiores. No entanto, se for considerado em termos de cobertura, os três grupos de algas (Rhodophyta, Phaeophyta e Chlorophyta) apresentam valores similares em toda a extensão das praias, excetuando altitudes a partir dos 3 metros, onde as Rodophyta são dominantes em todos os aspetos. Nas poças deste nível superior observa-se uma clara predominância de algas incrustantes do género *Lytophyllum*, maioritariamente *Lytophyllum incrustans*, que é uma espécie intimamente ligada a elevadas abundâncias de ouriços, por estes serem consumidores preferentes de algas eretas.

De acordo com Bertocci et al. (2012-a), existem claras diferenças sazonais nas comunidades das poças intertidais, sendo que as algas predominantes nos meses de verão são a alga invasiva *Sargassum muticum*, as várias espécies de alga verde, *Ulva spp.*, a alga parda *Laminaria ochroleuca* e a filamentosa vermelha *Ceramium spp.* No inverno destacam *Corallina spp.*, a alga parda *Bifurcaria bifurcata*, a incrustante *Lytophyllum incrustans* e a alga vermelha *Chondracantus acicularis*.

9. MÉTODO 1

9.1- METODOLÓGIA DE AMOSTRAGEM

Durante os meses de novembro de 2012, janeiro de 2013 e março de 2013 foi realizada uma recolha de dados biológicos e físicos, num total de 90 poças. Em cada uma das datas foram independentemente amostradas 10 poças em cada uma das praias, escolhidas entre um grupo de praias da costa norte de Portugal entre as que é conhecida a presença de populações de ouriço em abundantes densidades nas poças do intertidal. Outros detalhes do desenho experimental foram já descritos no apartado 7.1. Os dados físicos de cada uma das poças foram medidos em diferentes visitas posteriores, dado que estes não mudam substancialmente no espaço de poucas semanas. Os dados biológicos foram medidos nos 5 quadrados de dimensões 0,5 x 0,5 m escolhidos aleatoriamente nas poças, mediante amostragem não destrutiva (Bertocci et al., 2012-b; Benedetti-Cecchi & Cinelli, 1997; Jacinto et al., 2013).

A localização das praias é, de norte para sul: Carreço (41°44'25.48N, 8°52'41.02W) e Praia Norte (41°41'49.71N, 8°51'15.48), na área próxima de Viana do Castelo e Aguda (41°02'43.22N, 08°39'10.31W), na área próxima do Porto. A localização das praias é descrita na Figura 1.

As figuras 6, 7 e 8 assinalam a localização das poças e a extensão da praia amostrada.



Figura.6.
Localização das
poças (pins
amarelos) e dos
sites (S1 até S6)
na praia de
Carreço.



Figura.7.
Localização das
poças (pins
amarelos) e
dos sites (S1



Figura.8.
Localização das
poças (pins
amarelos) e dos
sites (S1 até S6)
na praia de
Aguda.

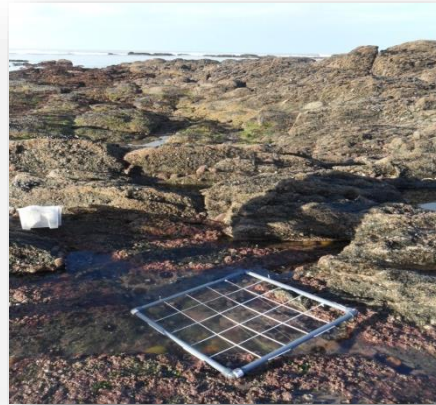
As variáveis medidas com recurso aos quadrados e a metodologia de amostragem para cada uma foram as seguintes:

- **Densidade de ouriços por área**, contabilizando todos os ouriços no quadrado. Para seguir um método coerente, foi acordado desde o início que seriam incluídos na contagem os ouriços com pelo menos metade do seu corpo dentro do quadrado, ao passo que os que tinham menos de metade dentro do mesmo não foram incluídos.

- **Densidade** de ouriços por área para cada **classe de tamanho**, medindo o diâmetro (excluindo os espinhos) com ajuda de uma craveira. Os ouriços medidos são incluídos na correspondente classe de tamanho, sendo que foram consideradas 6 classes, divididas da seguinte maneira:

Classe **1** <10 mm; 10mm ≤ Classe **2** <20mm; 20mm ≤ Classe **3** <30mm; 30mm ≤ Classe **4** <40mm; 40mm ≤ Classe **5** <50mm; Classe **6** ≥50 mm.

- **Cobertura do substrato**, contabilizando a percentagem de cada um dos elementos predominantes no substrato, nomeadamente: algas eretas (*Sargassum*, *Ulva spp.*, *Corallina*, ...) algas incrustantes (*Lytrophyllum incrustans*, *Petrocelis...*), formações de *Sabellaria alveolata*, invertebrados sésseis (*Mytilus spp.*, *Patella spp.*) rocha nua, pedras de tamanho médio e areia. As pedras consideradas nesta amostragem foram aquelas de tamanho suficiente como para poderem ser deslocadas pela força das marés e correntes, que podem afetar a distribuição dos ouriços por provocar danos físicos devido à sua mobilidade (nomeadamente pedras entre 1 e 10 cm de diâmetro). Para facilitar a contagem, o quadrado de amostragem está dividido em 25 quadrados mais pequenos, e em cada um deles estima-se uma cobertura de cada grupo entre 1 e 4 valores, dependendo do espaço ocupado no quadrado. Desta maneira, no total do quadrado obtemos o 100% da cobertura para todos os elementos (Dethier et al. 1993; Fraschetti et al., 2005). No início da amostragem, tentou-se medir esta variável com recurso a fotografias dos quadrados de amostragem, o que ajudaria a poupar tempo, mas resolveu-se não utilizar este meio devido à dificuldade de tomar imagens com qualidades suficientes nas condições climáticas muito variáveis em que as amostragens eram realizadas. Para evitar estimações enviesadas, esta variável foi medida sempre pela mesma observadora. A utilização do quadrado de amostragem pode-se observar nas figuras 9 e 10.



Figuras 9 e 10. - Quadrado de amostragem utilizado para medir o número e tamanho dos ouriços, a topografia do substrato e a cobertura do mesmo.

- **Complexidade topográfica do substrato dentro da poça:** tomando 5 medidas aleatórias da profundidade da poça no interior do quadrado em base a uma tábua de números aleatórios referidos aos 5x5 quadrados em que se subdivide o quadrado de amostragem. É uma simplificação do método utilizado por Bulleri et al. (2011) consistindo em 5 medições aleatórias num quadrado de 0.25 m². Finalmente, foi utilizado o desvio padrão das cinco medições como medida da complexidade topográfica, de maneira que quanto maior for o valor do índice, maior é a complexidade do substrato.

Já sem recurso aos quadrados foram medidas outras variáveis físicas de cada uma das poças e dos *sites* e praias, como são:

- **Latitude e longitude**, medidas no centro de cada poça, com um GPS que apresentava ± 3 m de precisão.

- **Área da superfície**, aproximando a forma da poça para polígonos simples como retângulos, triângulos, círculos e trapézios, foram tomadas as medidas principais e em base a elas calculadas as áreas de uma maneira similar à utilizada por Jordaan et al., (2011).

- **Profundidade média:** utilizando os eixos principais da poça, onde foram medidas as dimensões, foram tomadas medições aleatórias da profundidade e posteriormente foi

calculada a média da profundidade da poça, também como descrito por Jordaan et al., (2011).

- **Altitude absoluta da poça**, utilizando um nível com laser incorporado. Este encontrava-se montado sobre um tripé, de forma que foi colocado em cada poça ao nível da água, e nivelou-se a parte onde estava o laser. Em seguida, com uma tábua, uma pessoa deslocou-se a um ponto onde se encontrava o nível da água nesse momento, e mediu-se a altitude entre o ponto do laser marcado na tábua e o nível da maré. No momento da medição apontou-se a hora exata. Posteriormente calculou-se a diferença entre a altitude do ponto relativamente à maré e a altitude do laser relativamente à poça, e com esses dados juntamente com o dado da hora em que foi tomada a medição verificou-se a tabela de altitudes observadas para o dia da medição, fornecida neste caso pelo Instituto Hidrográfico através do seu sistema de cedência de dados (www.hidrografico.pt/pedido-dados.php), e obtivemos a altitude real da poça relativamente ao nível do *Datum* de referência (Metaxas et al., 1994; Benedetti-Cecchi, 2001). Na figura 11 pôde-se observar o nível com laser incorporado que foi utilizado.



Figura.11 - Laser utilizado para medir a altitude das poças. Note-se que na fotografia o laser ainda não está nivelado nem colocado ao nível da água da poça.

- **Distância horizontal** da poça até à água, medindo diretamente com uma fita métrica a distância da poça ao ponto mais próximo onde se encontra a água. Esta medida, juntamente com a altitude da poça, fornece uma ideia do tempo que a poça permanece emergida durante o período de maré baixa.

- **Índice de hidrodinamismo**, por meio do método de diluição do gesso desenvolvido em diversos trabalhos anteriores (Doty, 1971; Lindegarth & Gamfeldt, 2005; Boizard &

Dewreede, 2006). Foram preparadas diluições de gesso em pó, CaSO_4 , em água numa proporção de 3 partes de gesso por 2 de água e com a ajuda de geleiras foram fabricados cubos de gesso de aproximadamente 30g ($\pm 5\text{g}$), tendo havido o cuidado de eliminar as bolhas de ar que se formam no momento da mistura com a água. Posteriormente, os cubos de gesso foram secados na estufa a 50°C durante 48h e medido o peso seco inicial. Cada um dos cubos foi colado a uma pequena placa de PVC numerada e levado à praia para ser colocado nas poças. Previamente à colocação nas praias foi comprovada a previsão meteorológica para as zonas de estudo, em termos de vento, direção e tamanho esperado das ondas e estado do mar, para assegurar condições homogéneas e não extremas durante os seis dias consecutivos que o trabalho foi realizado (www.windguru.com). Em cada uma das poças foram colados 3 cubos numa superfície seca e lisa o mais próximo possível do nível da água da poça e deixados durante 24 horas (2 ciclos de maré), depois do que foram retirados e levados ao laboratório para deixar secar durante 4 dias na estufa a 50°C . O peso seco final foi subtraído do inicial e o peso resultante dividido por 24 para obter o índice de desgaste por hora.



Figuras.12, 13 e 14. Três imagens descritivas do método de colocação dos cubos de gesso nas poças



Figura 15 - Exemplo do desgaste observado nos cubos de gesso depois de 24 horas de exposição comparado com o tamanho e forma original (cubo da esquerda).

- **Complexidade topográfica** do substrato dos locais e das praias, medida pelo método da cadeia definido por Luckhurst & Luckhurst (1978) ou Bulleri et al. (2011), no qual uma cadeia de medida conhecida foi colocada cuidadosamente sobre o fundo ao longo de um transepto, de forma a acompanhar a heterogeneidade topográfica do substrato. Posteriormente tomou-se a medida da distância linear entre o início e o fim da cadeia e dividindo pela longitude real desta foi obtido um índice que mede o grau de complexidade topográfica do substrato, sendo que os valores mais pequenos indicam uma maior complexidade do substrato. Esta medida foi realizada a nível de *site* e de praia, pois a topografia das poças fora já calculada dentro do quadrado, como explicado previamente. Para a medida a nível de *site*, foi utilizada uma cadeia de 1 metro de longitude, que foi disposta seguindo o contorno do substrato ao longo de um transepto contínuo de 10 metros traçado na parte média do *site*, com base na qual foram tomadas aleatoriamente três medidas. Para o nível de praia, foi utilizada uma cadeia de 10 metros disposta ao longo de um transepto contínuo na parte média da zona intertidal rochosa da longitude total de cada uma das praias, com base na qual foram tomadas aleatoriamente cinco medidas.



Figura 16.
Método de medida da complexidade topográfica mediante a colocação da cadeia acompanhando o relevo do substrato e medida da distância lineal.

9.2- Análise estatística

O desenho de amostragem anteriormente referido foi feito para testar as diferenças nos padrões de abundância do ouriço-do-mar entre praias e locais ao longo de três amostragens, em função de uma série de variáveis físicas e biológicas das poças de maré da zona intertidal rochosa. Foram também testadas estas diferenças por separado para as abundâncias das diferentes classes de tamanho encontradas.

Temos portanto um modelo em que as variáveis dependentes são as abundâncias do número total de ouriços e cada uma das classes de tamanho, para cada um dos quais se fizeram análises separadas. Todas as outras variáveis abióticas e biológicas que foram medidas foram incluídas nos modelos como covariáveis com a ideia de examinar a variabilidade das nossas variáveis resposta nas escalas examinadas, tendo em conta a influência potencial destes traços. Estas variáveis físicas e biológicas incluídas na análise foram:

- ✓ Latitude;
- ✓ Profundidade média;
- ✓ Área;
- ✓ Altitude absoluta,
- ✓ Distância ao nível da água,
- ✓ Índice de hidrodinamismo;
- ✓ Índices de complexidade topográfica (da poça, do *site* e da praia);
- ✓ Cobertura de areia;
- ✓ Cobertura de rocha nua;
- ✓ Cobertura de mexilhões;
- ✓ Cobertura de pedras;
- ✓ Cobertura de *Sabellaria*.

O desenho de amostragem proposto foi pensado para examinar as escalas espaciais relevantes na variação das abundâncias dos ouriços e também se a variabilidade entre as praias foi ou não consistente ao longo do tempo de amostragem.

Estas escalas estão representadas como fatores do modelo. Os fatores são TIME (aleatório, com três níveis: as três datas de amostragem), SHORE (aleatório, com três níveis: cada uma das praias) e SITE (aleatório e aninhado em TIME x SHORE, com dois níveis: cada um dos locais amostrados em cada data e praia). Em cada combinação dos níveis destes fatores foram realizadas 5 réplicas, correspondentes

aos quadrados amostrados. Portanto no total temos 90 réplicas para serem analisadas.

Numa análise exploratória prévia, foram contrastadas as correlações entre as covariáveis para confirmar que estas não contribuíssem com informação redundante. Foram também analisadas as distribuições de cada uma das covariáveis e os valores destas foram transformados, quando foi necessário, com logaritmos ou raiz quadrada, dependendo do tipo de variável e distribuição observada no histograma, de maneira que a sua distribuição seja aproximadamente normal. As variáveis foram também estandardizadas dividindo pelo máximo valor, para evitar a comparação direta de dados com unidades de medidas muito diferentes e portanto com pesos diferentes em termos de médias e variâncias (algumas são índices com valores entre 0 e 1, em quanto que a distância, latitude, altitude, ou área têm valores muito maiores).

O contraste dos modelos foi feito com uma análise PERMANOVA (*Permutational Multivariate Analysis of Variance*, Anderson, 2001, 2005) no software PRIMER6, durante a qual se seguiram os seguintes passos:

- Foi criada a matriz de similaridades com os dados das variáveis ambientais, baseada na distância Euclidiana (Jacinto et al., 2013).
- Aplicamos a “análise” DISTLM (*Distance-based multivariate analysis for a linear model*, Anderson, 2004), que nos ajuda a escolher quais são as variáveis que contribuem significativamente para explicar a maior parte da variabilidade do modelo. Para estes efeitos foi utilizado o índice Bray-Curtis, o critério de seleção AIC (*Akaike Information Criterion*) e procedimento de seleção *forward* (Harvey et al., 2007; Tuya et al., 2009). Esta análise foi realizada uma vez e as covariáveis escolhidas foram utilizadas para cada um dos contrastes posteriores, para o número total de ouriços e cada uma das classes de tamanho.
- Uma vez seleccionadas as covariáveis que contribuem mais significativamente para o nosso modelo realizamos a análise PERMANOVA. Neste caso foi utilizado como índice de dissimilitude a distância Euclidiana, o número de permutações foi 999 e foi incluído um teste Monte Carlo para calcular um p-valor quando um número demasiado baixo de possíveis permutações poderia dar lugar a um teste de insuficiente poder estatístico (Bertocci et al., 2012-a). Este foi considerado potencialmente o caso das fontes de variabilidade *time* e *shore*, que foram testadas sob o termo *time x shore*, apresentando apenas quatro graus de liberdade. Foi repetido por separado um teste

para o número total de ouriços e para cada uma das 6 classes de tamanho, incluindo as variáveis selecionadas na análise DISTLM como covariáveis (Harvey et al., 2007) com a intenção de encontrar diferenças significativas em cada um deles tentando assim conseguir explicar o mais detalhadamente possível os padrões de distribuição dos ouriços nas poças. Os fatores para a análise foram os enumerados anteriormente: TIME, SHORE e SITE.

- Posteriormente, uma nova análise DISTLM foi realizada, incorporando as abundâncias de ouriços junto com as covariáveis, para determinar a proporção em que cada um dos elementos contribuem para explicar a variabilidade nas abundâncias do número total e por classes de tamanho, tal como feito por Harvey et al. (2007).
- E, finalmente, foi realizada uma análise de Componentes de Variância para determinar em quais dos fatores da análise foi detetada em maior proporção a variabilidade analisada. Esta análise permite comparar a variabilidade entre as diferentes escalas espaciais, e assim detetar potenciais fontes de variabilidade que poderiam passar despercebidas numa análise que não incluísse estas escalas espaciais (Benedetti-Cechi, 2001; Bertocci et al., 2012-b). Desta maneira, a estimativa das mudanças temporais pode ser separada da variação entre unidades de amostragem em cada momento de amostragem (Fletcher & Underwood, 2006). Esta análise é feita com base em equações que relacionam as médias quadráticas esperadas (resíduos da análise PERMANOVA) e as observadas.

9.3 Resultados

9.3.1- Resumo

Os resultados são seguidamente sumarizados em forma de médias e dos valores máximo e mínimo de cada uma das variáveis e das abundâncias para cada praia, e são mostrados mediante gráficos em que se separam os valores das médias por locais em cada uma das praias:

- **Latitude e longitude das poças:** as coordenadas foram tomadas em UTM. Os resultados das localizações estão representados nas figuras 6, 7 e 8.
- **Densidade total de ouriços por área:** a área referida é a área do quadrado de amostragem (0.25m²). O número médio de ouriços, calculado sobre todos os ouriços contabilizados nos quadrantes e em todos os *sites*, para cada uma das praias foi: 70.3 para Aguda, 37.5 para Viana e 39.5 para Carreço, variando entre um mínimo de 36 em

Aguda, 21 em Viana e 20 em Carreço e um máximo de 150 ouriços em Aguda, 65 em Viana e 74 em Carreço. Estas quantidades transformadas em indivíduos/m² dão médias de 281,2 para Aguda, 150 para Viana e 158 para Carreço.

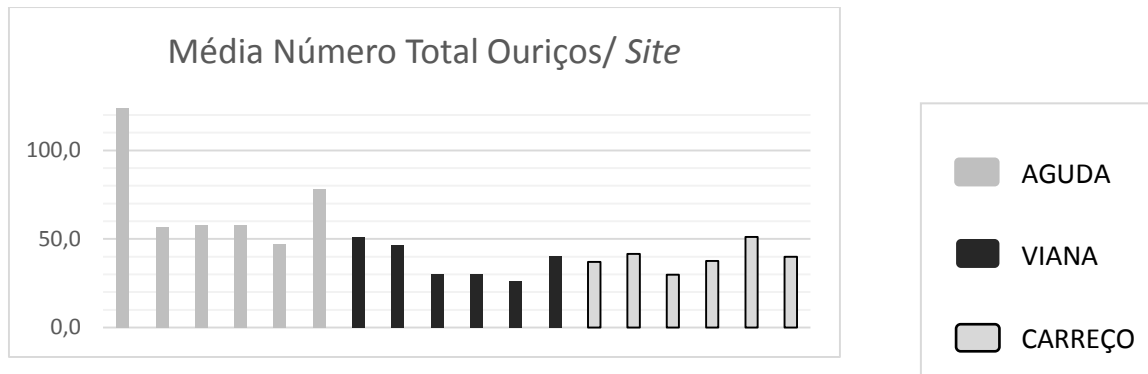


Fig 17. Gráfico mostrando os valores médios do número total de ouriços, separados pelos 6 sites amostrados no total em cada praia. As cores correspondentes a cada praia estão indicadas na legenda do lado direito do gráfico.

- **Densidade** de ouriços por área e por **classes de tamanho para as praias de Aguda, Viana e Carreço**, calculada da mesma maneira que a densidade total:

- Classe I, com um mínimo de 0 para todas, um máximo de 18, 1 e 5, e média de 2.9, 0.07 e 0.9, para Aguda, Viana e Carreço, respetivamente.

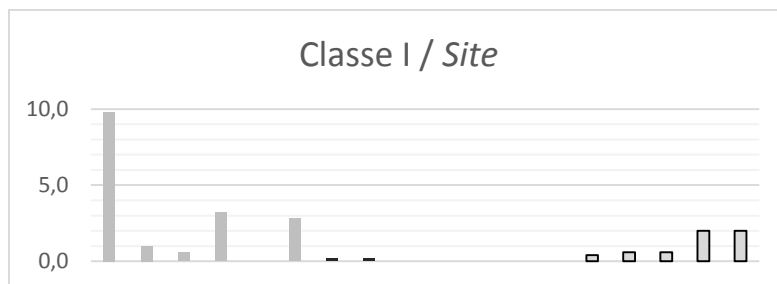


Fig 18. Gráfico mostrando os valores médios do número de ouriços da Classe de tamanho I, separados pelos 6 sites amostrados em total em cada praia. As cores correspondentes a cada praia estão indicadas na legenda do lado direito da figura 17.

- Classe II, com um mínimo de 1, 0 e 2, um máximo de 54, 13 e 46, e média de 14.5, 1.7 e 8.9, para Aguda, Viana e Carreço, respetivamente.

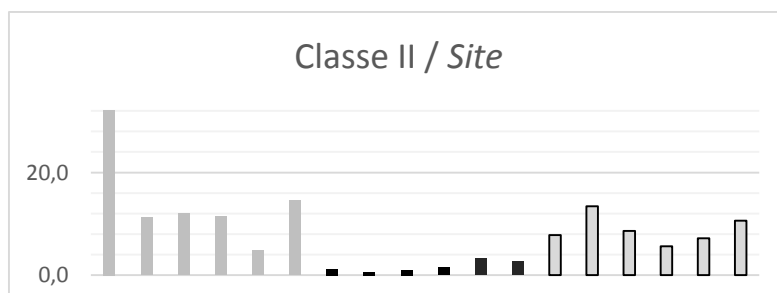


Figura 19. Gráfico apresentando as mesmas medidas que a figura 18, para a classe de tamanho II.

- Classe III, com um mínimo de 6, 0 e 2, máximo de 55, 14 e 42, e média de 20.6, 4.4 e 16, para Aguda, Viana e Carreço, respetivamente.

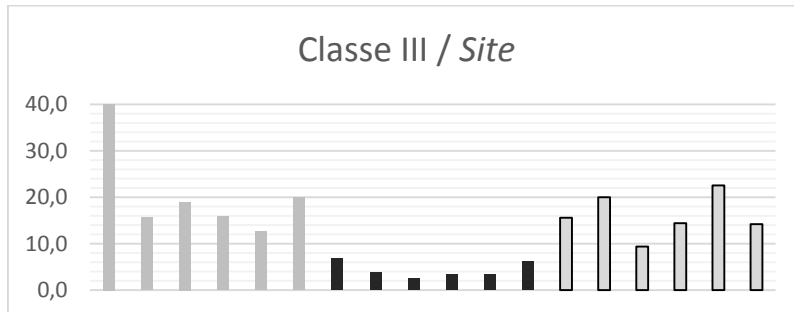


Figura 20. Gráfico apresentando as mesmas medidas que a figura 18, agora para a classe de tamanho III.

- Classe IV, com um mínimo de 9, 1 e 0, máximo de 48, 48 e 32, e média de 23.2, 16.2 e 12.4, para Aguda, Viana e Carreço, respetivamente.

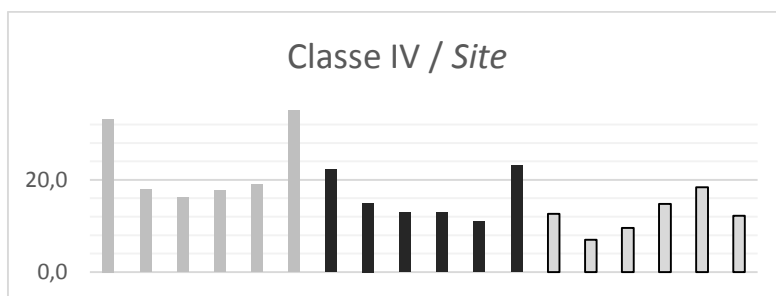


Figura 21. Gráfico apresentando as mesmas medidas que a figura 18, agora para a classe de tamanho IV.

- Classe V, com um mínimo de 0 para as três praias, máximo de 20, 33 e 5, e média de 8.5, 13.5 e 1.2, para Aguda, Viana e Carreço, respetivamente.



Figura 22. Gráfico apresentando as mesmas medidas que a figura 18, agora para a classe de tamanho V.

- Classe VI, com um mínimo de 0 para as três, máximo de 7, 15 e 0, e média de 0.6, 1.7 e 0, para Aguda, Viana e Carreço, respetivamente.

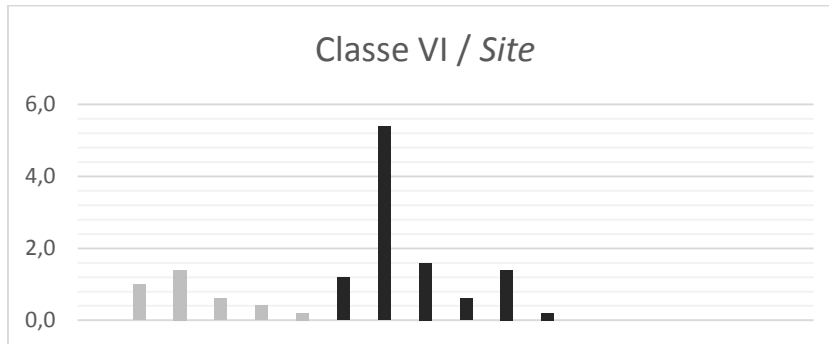


Figura 23. Gráfico apresentando as mesmas medidas que a figura 18, agora para a classe de tamanho VI.

- **Cobertura do substrato:** as percentagens observadas para cada grupo apresentam as seguintes características, nas praias de Aguda, Viana e Carreço respetivamente:

Areia, mínimo de 0%, máximo de 34, 18 e 6%, média de 7.2, 2.4 e 0.2%,

Rocha nua, mínimo de 0%, máximo de 16, 38 e 34%, média de 4.8, 6.3 e 7.7%,

Mexilhões, mínimo de 0, 0 e 2%, máximo de 30, 16 e 47%, média de 8.5, 1.4 e 13.3%,

Pedras, mínimo de 0%, máximo de 12, 26 e 0%, média de 0.6, 2.9 e 0%,

Sabellaria, mínimo de 0%, máximo de 52, 48 e 56%, média de 13.5, 14.1 e 12.7%,

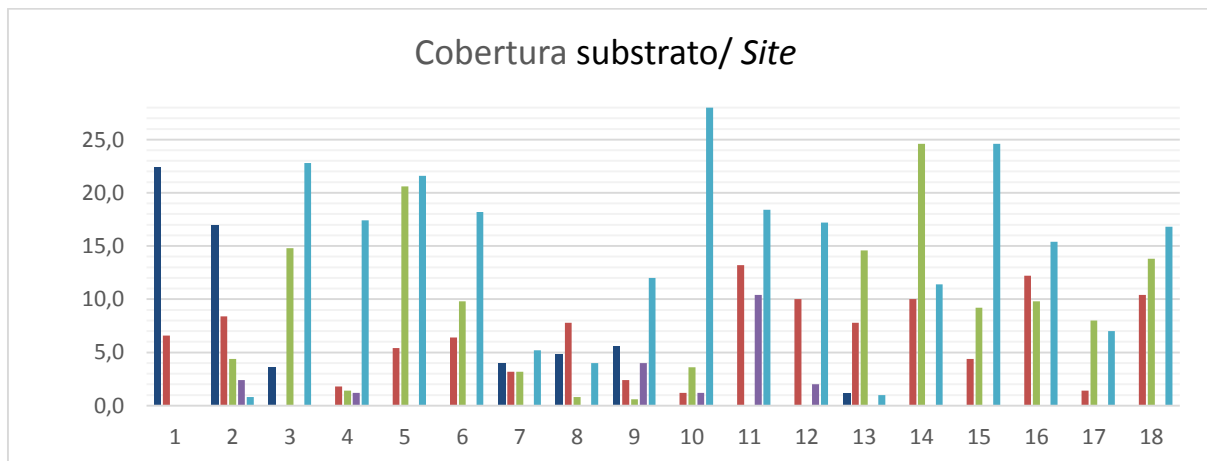


Fig 24. Gráfico mostrando os valores médios das coberturas, separados pelos 6 sites amostrados em total em cada praia. As cores correspondentes a cada cobertura estão indicadas na legenda na parte superior do gráfico. Os números (do 1 ao 18) indicam cada um dos sites (1 a 6: praia de Aguda; 7 a 12: praia de Viana; 13 a 18: praia de Carreço).

- **Complexidade topográfica nas poças:** os valores do desvio padrão das 5 medições tomadas em cada quadrante estiveram entre um mínimo de 1.3, 1.5 e 0.8 e um máximo de 9.9, 11.42 e 7.3, com uma média de 3.6, 4.7 e 3.7 cm.

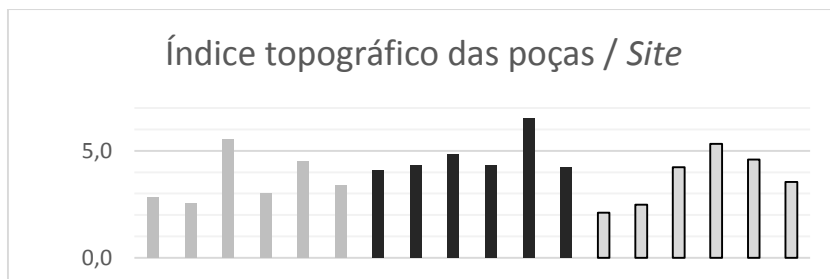


Fig 25. Gráfico mostrando os valores médios do índice de complexidade do substrato das poças, em cada um dos 6 sites de cada praia. As cores correspondentes a cada praia estão indicadas na legenda do lado direito da figura 17.

- **Complexidade topográfica do substrato nos locais e praias:**

este dado se apresenta na forma de índice, calculado como a relação entre da extensão da cadeia estendida pelo substrato com a medida da distância real, e por isso apresenta valores entre 0 e 1, onde os valores menores indicam uma maior heterogeneidade espacial.

- Os valores do índice para os locais são: mínimos de 0.73, 0.78 e 0.68, máximos de 0.97, 0.91 e 0.94 e valores médios de 0.88, 0.86 e 0.86.

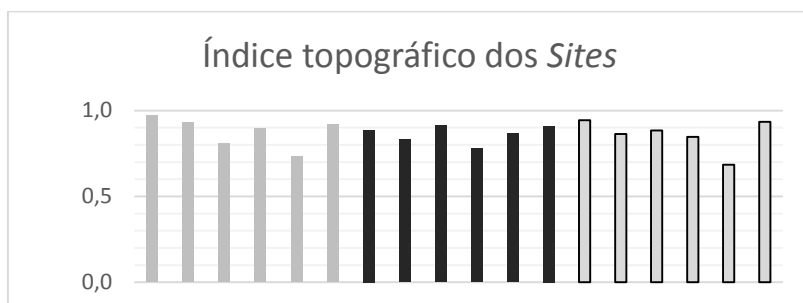


Fig 26. Gráfico mostrando os valores médios do índice de complexidade do substrato dos sites, um total de 6 em cada praia. As cores correspondentes a cada praia estão indicadas na legenda do lado direito da figura 17.

- Os valores do índice para as praias são: mínimos coincidindo com os máximos e os médios, de 0.87, 0.82 e 0.85.

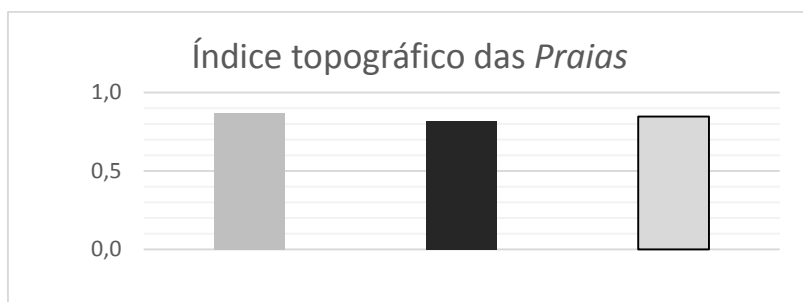


Fig 27. Gráfico mostrando os valores médios do índice de complexidade do substrato de cada praia. As cores correspondentes às praias estão indicadas na legenda do lado direito da figura 17.

- **Área:** esta variável apresenta valores mínimos de 0.21, 0.16 e 0.17, máximos de 3.9, 3.1 e 12, e médias de 0.94, 0.96 e 1.6 m².

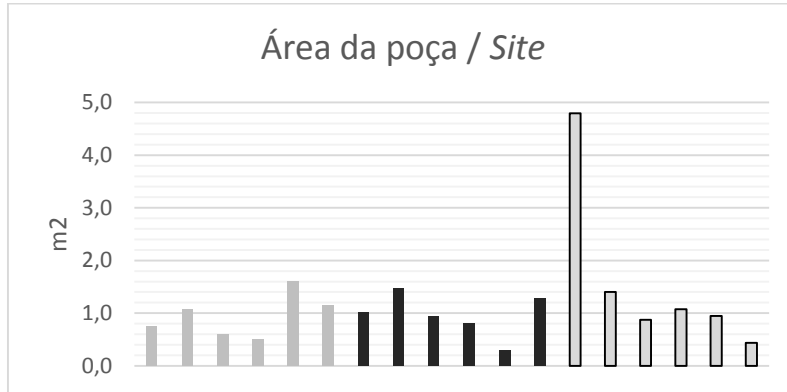


Fig 28. Gráfico mostrando os valores médios da área das poças de cada site. As cores correspondentes às praias estão indicadas na legenda do lado direito da figura 17.

- **Profundidade média:** os valores mínimos são de 0.97, 2.2 e 1.9, os máximos de 17.8, 16 e 61.3 e médias de 6.6, 7.2 e 11.2 cm.

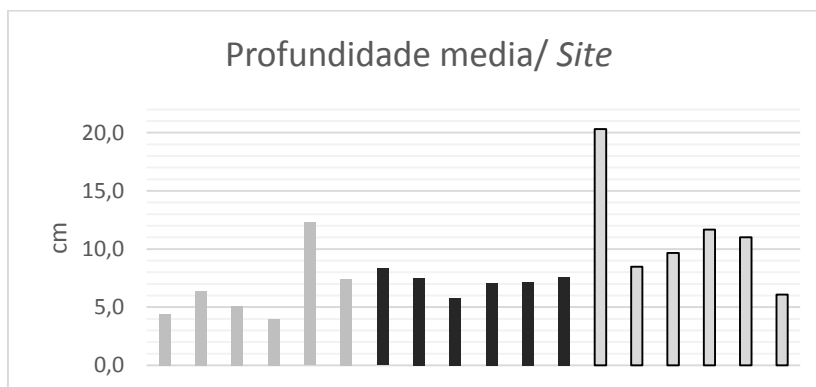


Fig 29. Gráfico mostrando os valores médios da profundidade média das poças de cada site. As cores correspondentes às praias estão indicadas na legenda do lado direito da figura 17.

- **Altitude:** as altitudes absolutas variam entre um mínimo de 0.75, 0.73 e 1.1 até o máximo de 1.6, 1.9 e 3.2, com uma média de 1.1, 1.2 e 1.9m.

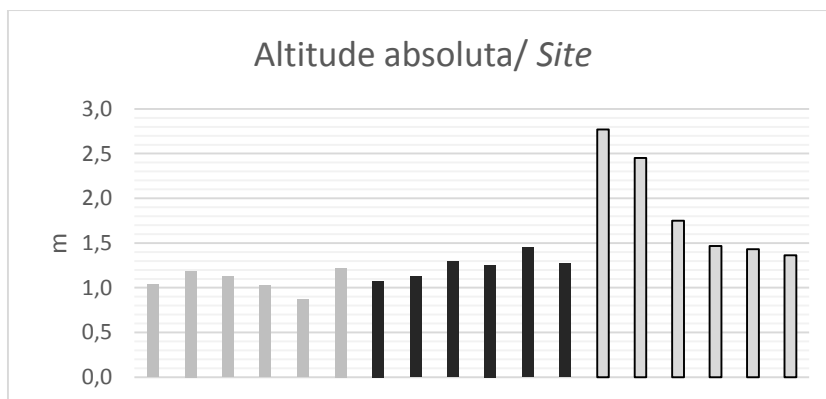


Fig 30. Gráfico mostrando os valores médios da altitude absoluta das poças de cada site. As cores correspondentes às praias estão indicadas na legenda do lado direito da figura 17.

- **Distância horizontal** da poça até a água: os valores observados variaram entre um mínimo de 0.1, 0.5 e 0.2 até um máximo de 5, 7.3 e 11.2, e com um valor médio de 1.6, 2.8 e 2.6m.

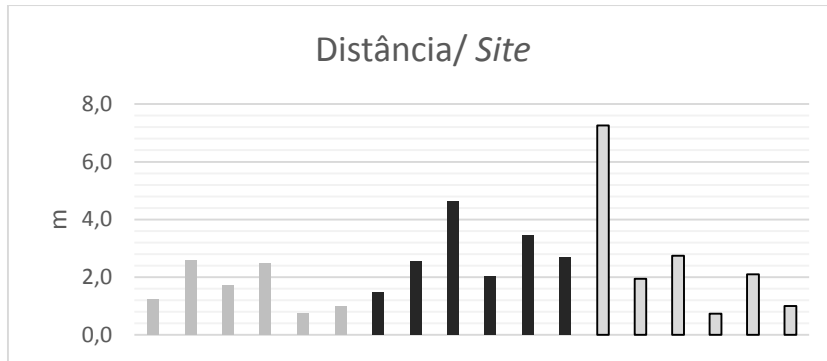


Fig 31. Gráfico mostrando os valores médios da distância á água das poças de cada site. As cores correspondentes às praias estão indicadas na legenda do lado direito da figura 17.

- **Índice de hidrodinamismo**: esta medida foi calculada como sendo a média da diferença dos pesos inicial e final dos três cubos de gesso de cada poça, e é apresentada como um índice de desgaste por hora, resultando em valores entre o mínimo de 0.35, 0.32 e 0.28, um máximo de 0.82, 0.76 e 0.84 e uns valores médios de 0.69, 0.59 e 0.53. Os valores mais baixos representam maior desgaste, e portanto um maior hidrodinamismo observado.

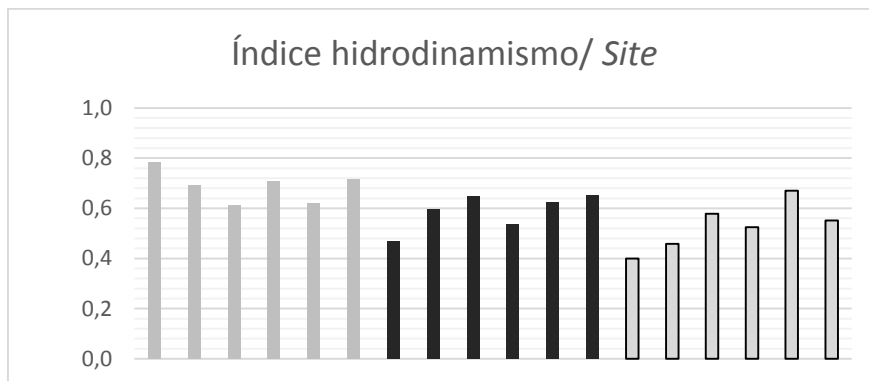


Fig 32. Gráfico mostrando os valores médios do Índice de hidrodinamismo das poças de cada site. As cores correspondentes às praias estão indicadas na legenda do lado direito da figura 17.

9.3.2- Análise estatística

Os resultados da análise estatística são apresentados em três tabelas e um conjunto de gráficos.

A primeira tabela mostra o resultado da primeira análise DISTLM, realizada para discriminar as covariáveis que explicam a maior proporção da variabilidade presente nos dados tendo em conta o desenho do modelo, e poder assim descartar as que não viriam a aportar informação no teste a ser realizado a seguir. Por tanto estas foram as covariáveis a incluir nas subseqüentes análises e a percentagem da variabilidade que cada uma delas explica:

Covariáveis	% Variabilidade explicada	Percentagem acumulada
Cobertura <i>Sabellaria</i>	27,6	27,6
Cobertura Mexilhão	23,1	50,7
Cobertura Rocha nua	15,1	65,8
Distância ao nível da água	14	79,8
Cobertura de Areia	8,7	88,5
Área	7,8	96,3
Profundidade média	4,4	100

Tabela 1 – Resultados da análise DISTLM mostrando a % que cada uma das covariáveis explica relativamente às escalas do estudo (quadrados, *sites* e praias) e a percentagem de variabilidade explicada acumulada.

A segunda tabela mostra os resultados de cada uma das análises PERMANOVA realizadas, para o número total e para cada classe de tamanho. Podemos ver na tabela, destacados a negrito, os p-valores significativos para um intervalo de confiança de 95%. Na primeira análise, feita para os números totais de ouriços, as covariáveis, o fator *shore* e o fator *site*, são significativas. Na análise para a classe de tamanho I, apenas o fator *site* é significativo; para as classes II e II tanto o fator *shore* como o *site* são significativos; para a classe IV as covariáveis e o *site* são significativos; para as classes V e VI as covariáveis e a interação *time x shore* são significativas.

**CARACTERIZAÇÃO DO HABITAT PREFERENCIAL DO OURIÇO-DO-MAR (*Paracentrotus lividus*)
NAS POÇAS DO INTERTIDAL ROCHOSO DA COSTA NORTE PORTUGUESA COM TÉCNICAS DE
ANÁLISE MULTIVARIADA**

Tabela.2 – Resultados da análise PERMANOVA sobre os efeitos do factor *Time*, *Shore*, *TimeXShore*, *Site* e as covariáveis (COV) nas abundâncias totais e por classes de tamanho dos ouriços. Variáveis log-tranformadas e abundâncias log (x+1) transformadas. Os p-valores foram obtidos utilizando 999 permutações aleatórias e a distância Euclidiana como medida de dissimilaridade. Os valores significativos ($p < 0.05$) são destacados a negrito. Os p-valores do teste Monte-Carlo não são amostrados pois os resultados dos testes não mudaram a sua significância considerando este procedimento

<i>Fonte de variabilidade</i>	<i>Graus de liberdade</i>	<i>MS</i>	<i>Pseudo-F</i>	<i>p-valor</i>
Número Total				
COV	7	378.38	3.1292	0.003
Time	2	810.57	2.2409	0.159
Shore	2	3013.6	8.2623	0.01
TimexShore	4	343.09	0.6532	0.693
Site (TimexShore)	9	579.74	4,7498	0.001
Res	65	120.92		
Classe I				
COV	7	3.2781	0.96044	0.462
Time	2	2.8178	0.41249	0.715
Shore	2	39.9	4.6689	0.099
TimexShore	4	8,1277	0.35067	0.846
Site (TimexShore)	9	25,578	7.494	0.001
Res	65	3.4131		
Classe II				
COV	7	55.375	1.0774	0.375
Time	2	35.046	0.60335	0.616
Shore	2	807.57	11.954	0.032
TimexShore	4	63.609	0.46681	0.771
Site (TimexShore)	9	146.57	2.8517	0.012
Res	65	51.396		
Classe III				
COV	7	90.446	1.1279	0.338
Time	2	98.634	2.5246	0.214
Shore	2	1092.2	25.754	0.007
TimexShore	4	39.984	0.17445	0.946
Site (TimexShore)	9	247.29	3.0837	0.007
Res	65	80.192		
Classe IV				
COV	7	174.52	2.503	0.026
Time	2	239.64	1.0208	0.464
Shore	2	646.07	2.7162	0.169
TimexShore	4	224.98	1.2365	0.354
Site (TimexShore)	9	195.57	2.805	0.009
Res	65	69.723		
Classe V				
COV	7	139.99	4.603	0.001
Time	2	124.17	0.84901	0.512
Shore	2	529.1	3.6092	0.122
TimexShore	4	137.58	7.8891	0.004
Site (TimexShore)	9	15.864	0.52161	0.838
Res	65	30.413		
Classe VI				
COV	7	23.01	6.8069	0.001
Time	2	0.2374	0.01914	1
Shore	2	12.461	0.41922	0.725
TimexShore	4	28.463	4.5471	0.022
Site (TimexShore)	9	6.6094	1.9552	0.058
Res	65	3.3804		

A terceira tabela mostra os resultados da segunda análise DISTLM em que podemos ver qual é a proporção de cada covariável para explicar a variabilidade encontrada nas diferentes classes de tamanho e números totais e a percentagem acumulada para o número total e classes de tamanho.

Covariáveis	NUMERO						
	TOTAL	CLASSE I	CLASSE II	CLASSE III	CLASSE IV	CLASSE V	CLASSE VI
ÁREA	0.73	3.54	2.09	1.63	0.87	2.7	5.59
PROFUNDIDADE MÉDIA	0.97	5.28	2.32	1.57	1.52	1.24	0.0
DISTÂNCIA	1.49	8.93	4.57	3.9	3.58	4.74	11.93
COBERTURA AREIA	0.83	7.06	3.22	2.15	2.4	2.41	26.3
COBERTURA ROCHA NUA	2.54	11.35	6.48	4.4	4.62	5.5	14.85
COBERTURA MEXILHÃO	3.36	16.01	11.24	7.81	7.65	7.81	13.54
COBERTURA SABELÁRIA	3.12	18.81	8.95	6.83	7.11	10.54	9.57
% Acumulado	13.04	70.98	38.87	28.29	27.75	34.94	81.78

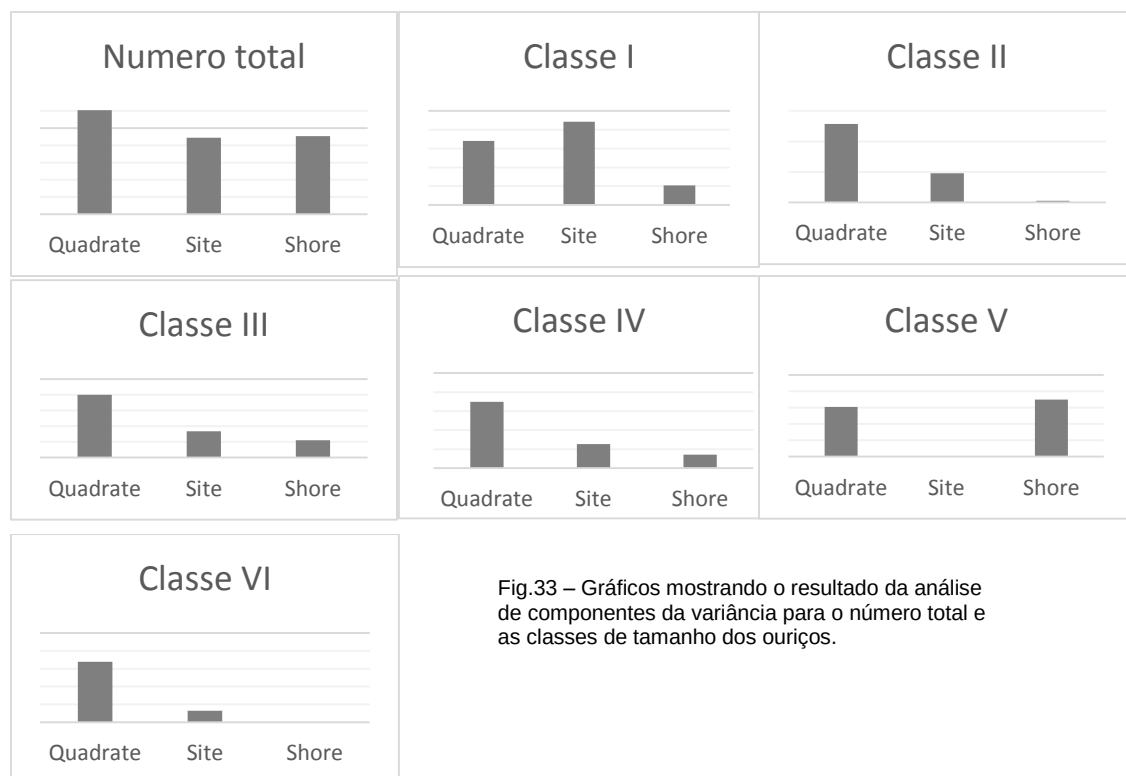
Tabela.3 – Proporções de cada uma das covariáveis que ajudam a explicar a abundância de ouriços para os números totais e por classes de tamanho, resultantes duma análise DISTLM.

Uma análise de correlação entre as variáveis foi realizada para ajudar a revelar a possível direção da relação das variáveis com abundâncias das diferentes classes de tamanho. Os resultados podem observar-se na tabela 4.

	AREA	PROF.	DIST.	C. AREIA	C. ROCHA	C. MEX.	C. SAB.	OU. TOT.	CL I	CL II	CL III	CL IV	CL V
PROF.	0.462												
DIST.	0.181	0.011											
C. AREIA	0.116	-0.141	0.094										
C. ROCHA	-0.041	-0.052	0.001	0.096									
C. MEX.	0.138	0.226	-0.221	-0.419	0.131								
C.SAB.	-0.309	-0.009	-0.254	-0.554	-0.244	0.222							
OU. TOT.	0.004	-0.249	-0.125	0.403	-0.014	-0.059	-0.337						
CL I	-0.203	-0.363	-0.096	0.207	0.129	-0.018	-0.21	0.613					
CL II	-0.009	-0.239	-0.141	0.131	0.031	0.226	-0.159	0.583	0.563				
CL. III	0.027	-0.179	-0.168	0.143	0.183	0.348	-0.177	0.643	0.551	0.632			
CL IV	0.079	-0.007	-0.119	0.037	-0.18	-0.143	-0.053	0.476	0.166	0.151	0.233		
CL V	-0.136	-0.031	-0.001	0.266	-0.253	-0.482	0.115	0.044	-0.249	-0.045	-0.455	0.102	
CL. VI	0.016	-0.041	0.111	0.396	0.001	-0.318	-0.078	-0.056	-0.195	-0.327	-0.327	-0.316	0.437

Tabela 4. Análise de correlação de Pearson entre as covariáveis log transformadas e as abundâncias log (x+1) transformadas dos números totais de ouriços e por classes de tamanho. AREA= Área da poça, PROF.= Profundidade média, DIST.= distância, C. AREIA= cobertura de areia, C. ROCHA= cobertura de rocha nua, C.MEX.= cobertura de mexilhão, C.SAB= cobertura de sabelária, OU. TOT.= Número total de ouriços, CL= classe de tamanho.

Finalmente, na figura 33 são apresentados os histogramas onde se reflete o resultado do cálculo das Componentes da Variância.



9.4- Discussão

A interpretação e discussão dos resultados neste trabalho foi efetuada com a intenção de propor mecanismos, baseados na bibliografia ou na experiência acumulada, que possam explicar os padrões observados na análise. Será necessária uma investigação exhaustiva de cada um dos mecanismos por meio de métodos experimentais para verificar as propostas que seguidamente se expõem.

A primeira conclusão obtida com os resultados observados foi a discriminação entre as variáveis que resultaram significativas para as escalas estudadas e as que não o foram. Os resultados da primeira análise com DISTLM mostraram que as

variáveis de cobertura de sabelária, mexilhão, rocha nua e areias, assim como a distância até a água, a área e a profundidade média são as variáveis que contribuem significativamente para adicionar informação a este modelo de contraste de hipóteses, ou seja, as que são relevantes para as escalas analisadas. No entanto as variáveis índice de hidrodinamismo, altitude, latitude, índice topográfico e cobertura de pedras parecem não ter influência nas escalas da análise do sistema atual.

Com diferença dos resultados de outros estudos sobre comunidades das poças de maré onde se verifica limitada ou nenhuma relevância da **profundidade** e da **área** na definição das comunidades (Martins et al., 2007; Underwood & Skilleter, 1996; Araújo et al., 2006; Bertocci et al., 2012-a), no presente estudo as duas variáveis revelam-se influentes nas escalas estudadas. Quanto à sua influência sobre as abundâncias de ouriços, na tabela 3 podemos observar como a área se revela mais influente para as classes de tamanho I e VI, ainda que as correlações foram negativas para a classe menor e positivas para a classe maior. Isto poder-se-ia explicar por uma área maior favorecer os ouriços maiores, que precisam de mais espaço para se movimentarem, mas também porque uma área maior pode favorecer uma maior disponibilidade de alimento. Os ouriços de tamanhos menores poderiam ver-se prejudicados por grandes áreas da superfície das poças, por estarem mais expostos a fatores que dificultam a adesão ao substrato, como um maior hidrodinamismo no interior da poça. A profundidade média da poça, de maneira similar, embora mostrando menos influência do que a área, é uma variável influente nas classes I e II. Esta apresenta uma correlação negativa com todas as classes de tamanho, podendo indicar que os ouriços preferem poças de menores profundidades, por causa, por exemplo, da maior facilidade para se movimentarem ou para se estabelecerem na fase pós-larval.

A **distância** contribui para uma maior explicação da variabilidade para as classes I e VI. Esta convergência observada, relacionada com as variáveis físicas nos tamanhos mais extremos poderia estar relacionada com o facto dos ouriços maiores alojarem entre as suas espinhas os juvenis, que encontram aí refúgio (Grosjean et al., 1996) e, portanto, a abundância dos maiores estar no geral ligadas à dos mais pequenos nas poças. No entanto, consultando a tabela das correlações vemos que a distância apresenta uma correlação negativa, embora se trate de um valor muito baixo, com a classe I e positiva com a classe VI. Ainda que as correlações não impliquem causalidade, poder-se-ia explicar esta divergência pelo facto de os ouriços mais pequenos assentarem-se mais facilmente em poças mais próximas à coluna de água,

de onde provêm as larvas, e os maiores verem-se favorecidos por algum processo diferente como, por exemplo, o maior isolamento relativamente a certos depredadores, como os peixes.

Quanto às **coberturas**, tanto a **sabelária** como o **mexilhão** influenciam em maior medida as classes de tamanho mais pequenas e maiores. Isto pode ser explicado pela competição pelo espaço, dada a impossibilidade, sobretudo para os ouriços de tamanhos maiores movimentarem-se com facilidade para entrarem na poça ou virem a ocupar um espaço utilizado pelos mexilhões ou pelaABELÁRIA. Existem vários estudos sobre outra espécie sésil do intertidal, a orelha-do-mar, e a sua relação de competição pelo espaço com os ouriços que poderiam sustentar esta hipótese (Lowry & Pearse, 1973; Tegner & Levin, 1982; Andrew & Underwood, 1992). Na análise de correlações (ver tabela 4) observamos que os mexilhões e a sabelária apresentam correlações negativas com a imensa maioria das classes de tamanho. A superfície de **rocha nua** afeta igualmente as classes menores e as maiores. Quanto à **areia**, também esta variável influencia as classes I, II e sobretudo a VI. Na análise de correlações observamos que a areia apresentou correlação sempre positiva e a superfície de rocha nua apresentou correlação positiva nas três classes menores e negativa em todas as demais e com o número total de ouriços. Estes dados podem sugerir que a areia não é uma variável que, ao contrário do que foi especulado no início do estudo, afete negativamente a presença de ouriços e que a superfície de rocha nua também não é uma variável necessariamente favorável para o assentamento dos ouriços. Relacionado com este último, encontramos as conclusões de Allain (1975) ou Míguez-Rodríguez (2001) sobre a preferência dos ouriços por instalarem-se sobre substratos previamente cobertos por algas incrustantes, que podem funcionar simultaneamente como refúgio para escavar sobre elas cavidades mais facilmente do que na rocha ao tempo que servem como alimento. Sobre a cobertura de areia, uma possível conclusão seria que, como de facto temos observado durante os meses de amostragem, esta areia tenha sido introduzida em muitas poças maioritariamente durante as trovoadas do inverno, que foram particularmente violentas nos meses de janeiro e fevereiro, (observação pessoal), e que as abundâncias de ouriços fossem prévias a estes acontecimentos, e portanto, o desenho da nossa amostragem não ter tido a oportunidade de apreciar os efeitos dos mesmos. Existe também a possibilidade de efeitos indiretos, de maneira que a areia pode ter um efeito negativo sobre alguns dos competidores dos ouriços e isto possa ser a causa do tamponamento dos seus efeitos negativos sobre os ouriços (Wootton, 1995; Cecherelli et al., 2009).

Quanto aos resultados da análise **PERMANOVA**, estes mostraram em quais dos fatores da análise foram encontradas diferenças significativas nas abundâncias.

Para a maior parte de classes de tamanho (exceto para as classes I e IV) e número total de ouriços, as diferenças na escala de **praia** foram significativas. Poderíamos, portanto generalizar, afirmando que existem diferenças entre as praias amostradas em termos de abundâncias. Observou-se uma clara influência do **site** para as classes mais pequenas que não se confirma nas duas classes maiores.

Podemos sugerir com base nestes resultados que a abundância dos juvenis amostrados (classe I), definida em maior medida pelo assentamento e sobrevivência, não parece diferenciar-se na maior escala estudada (praias separadas vários km entre si). Isto pode ser devido a que a disposição do substrato rochoso destas praias é praticamente idêntica, e esta disposição, assim como a ausência de barreiras físicas na costa pode vir a ser uma variável importante em termos de transporte e assentamento larvário (Banks et al., 2007). Na escala de *site* sim foram detetadas diferenças significativas para esta classe de tamanho, o que poderia indicar uma preferência por determinado habitat dentro de cada praia, e certamente indica uma maior heterogeneidade espacial em pequenas escalas, ou distribuição em manchas. Esta heterogeneidade espacial nas pequenas escalas tem sido reiteradamente confirmada pela literatura (Chapman, 2000; Benedetti-Cecchi, 2001; Hereu et al., 2004; Fraschetti et al., 2005; Addis et al., 2012) e que no nosso estudo também se verificou pelos resultados da análise dos componentes da variância, que serão comentados mais à frente.

Para as classes de tamanhos seguintes (II e III), as covariáveis também não mostraram diferenças significativas, e as diferenças a nível de *site* continuaram a existir, mas apareceram também diferenças entre as praias. Pode isto revelar uma tendência similar à anterior classe de tamanho mais com possíveis efeitos diferenciais de fatores de mortalidade, como a depredação nas diferentes praias.

Na classe IV, a mais abundante, não apareceram novamente diferenças entre as praias, mas sim nos *sites*, e apareceram pela primeira vez os efeitos das **covariáveis**. Estes efeitos apareceram como significativos para o resto das classes de tamanho, o que poderia indicar uma maior vulnerabilidade para os fatores físicos e biológicos estudados nos ouriços de tamanhos maiores nas escalas estudadas.

E por último, a interação **time x shore** foi significativa só para as classes maiores, o que pode ter sido devido a diversos processos que variaram no tempo e possam ter diferido entre as praias. Uma possível explicação pode ser atribuída ao

facto de os ouriços maiores, que geralmente não se encontram em cavidades tão fundas como os mais pequenos (Jacinto & Cruz, 2012) ou saem do seu refúgio para se alimentar, serem “descolados” com maior facilidade pelas correntes e força das ondas provocada por períodos de maior instabilidade no mar, como trovoadas, que são mais frequentes em determinadas épocas do ano e podem afetar de maneira diferencial as poças de cada praia, ou também a presença ou maior abundância temporal de determinados depredadores (Sala & Zabala, 1996). A espécie de ouriço *Strongylocentrotus purpuratus* sofre uma intensa predação pelas gaivotas, que preferem os ouriços de maior tamanho por representarem um maior conteúdo calórico relativamente a presas de tamanhos menores (Snellen et al., 2007).

Na **análise de componentes da variância** observamos também diferenças entre as classes de tamanho e o número total de ouriços. No geral, para quase todas as análises o nível de amostragem do quadrado foi o que mostrou a maior variabilidade, isto aconteceu tanto na análise dos números totais de ouriços como nas classes de tamanho II, III, IV e VI. Para todas elas, a seguir apareceu o nível de *site* e o nível *shore* é o que apresentou a menor variabilidade. Isto vem indicar, em concordância com muitos outros estudos, que as escalas de variabilidade mais relevantes para a distribuição de organismos no intertidal parecem ser as menores (Fraschetti et al., 2005). A classe V mostrou uma clara diferença relativamente às outras, sendo que a maior variabilidade apareceu ao nível de praia. Isto pode ser outro indicador da depredação diferencial dos ouriços de maior tamanho nas diferentes praias. Na classe VI isto não se evidenciou possivelmente pela escassa abundância geral encontrada. Por outro lado, para a classe I o nível de *site* foi o mais relevante. Esta tendência pode ser explicada pelas diferenças na localização dos *sites*, o que concorda com o facto de a distância até ao nível da água ser umas das variáveis significativas para esta classe, e portanto, como explicado anteriormente, influenciar a possibilidade de assentamento larvário ou disponibilidade de alimento.

10. MÉTODO 2

10.1- METODOLOGIA DE AMOSTRAGEM

O segundo tipo de amostragem foi uma amostragem intensiva durante 5 dias consecutivos no primeiro período contínuo de marés vivas em fevereiro de 2013, na Praia Norte de Viana do Castelo. Foi escolhida esta praia por ter uma superfície rochosa muito extensa onde foi considerado que existe a maior representação possível da zona de estudo para todas as variáveis (observação pessoal). Foram medidas um total de 45 poças, tratando de escolher poças que representassem um amplo conjunto nas variáveis a ser medidas e tentando chegar até aos limites da distribuição dos ouriços no intertidal. Na figura 34 é possível observar a localização espacial de cada uma das poças.



Fig.34. Localização das 45 poças amostradas (pins verdes numerados) na Praia Norte de Viana do Castelo.

Nesta amostragem foi utilizado um quadrado de dimensões 0.3x0.3 m, e reproduzidas em cada poça um número de amostragens entre uma e três, dependendo do tamanho da poça, tentando capturar desta maneira toda a sua variabilidade. O critério para a colocação dos quadrados nas poças foi um critério de representatividade e não aleatório (ver Chapman, 2000). Foram medidas as seguintes variáveis biológicas, com as suas respetivas metodologias:

- **Densidade de ouriços por área**, contabilizando todos os ouriços no quadrado, tal como se pode observar na figura 35, de maneira idêntica ao descrito no método 1.

- **Densidade por classes de tamanho** dos ouriços contabilizados, medindo o diâmetro com ajuda de uma craveira, excluindo os espinhos. As classes de tamanho definidas neste caso foram três (Addis et al., 2012):

Classe 1 $<30\text{mm}$; $30\text{mm} \leq$ Classe 2 $<50\text{mm}$; $50\text{mm} \leq$ Classe 3 $\geq 50\text{ mm}$.

- **Cobertura do substrato**, contabilizando a percentagem de cada um dos elementos predominantes no substrato com a mesma metodologia descrita no método 1.

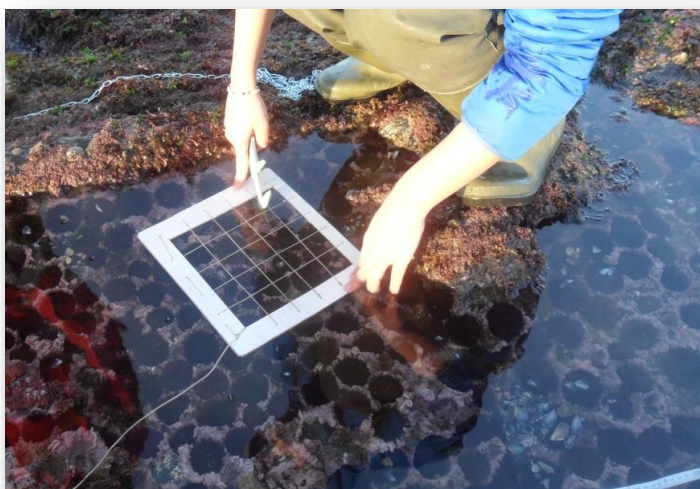


Fig.35 – Método de contagem dos ouriços dentro do quadrado de amostragem (0,3 x 0,3 m) e medida do diâmetro dos mesmos com ajuda da craveira.

No que respeita às variáveis físicas das poças, foram medidas, já sem recurso ao quadrado:

- **Latitude e longitude**, medidas com a mesma metodologia descrita para o método 1.

- **Profundidade máxima** da poça, tomando só uma medida do ponto mais fundo da poça.

- **Volume da poça**, foi estimado medindo a variação da salinidade, utilizando um condutivímetro modelo HQ40d multi (HACH) previamente calibrado no laboratório. Foram tomadas duas medidas da salinidade inicial da poça. Posteriormente foi retirado um volume conhecido utilizando um vaso de precipitados (o volume retirado foi escolhido estimando o tamanho da poça, sendo que das poças mais pequenas foi retirado meio litro e das maiores até quatro litros) e substituído pelo mesmo volume de água doce. Posteriormente a água foi misturada com cuidado e foram tomadas medidas da nova salinidade (também dependendo do tamanho e da morfologia da

poça, entre duas e quatro medidas) e finalmente com todos os dados foram calculadas as médias da salinidade inicial e final. Com estes dados foi calculado o volume total da poça, por meio do algoritmo:

$$V = v \cdot Si / (Si - Sf)$$

Onde:

V é o volume total a calcular

v é o volume de água retirado

Si é a salinidade inicial

Sf é a salinidade final



Fig.36 e 37. Método de medição da salinidade para calcular o volume da poça. Esquerda: Medição da salinidade inicial com o condutivímetro. Direita: extração de certo volume de água salgada e reposição pelo mesmo volume de água doce para mudar a salinidade e voltar a medir posteriormente.

- **Altitude relativa, ou nível de maré da poça**, utilizando os dados de marés observadas fornecidas pelo Instituto Hidrográfico e recolhendo os dados da hora em que cada poça foi alcançada pela maré, foi possível calcular a altitude relativa de cada uma das poças, o que dá uma ideia precisa do tempo em que a poça se encontra coberta pela água e descoberta durante as marés baixas (Murray et al., 2001).

- **Índice de hidrodinamismo**, por meio do método de dissolução dos cubos de gesso descrito no método 1.

- **Área da superfície**, tomando as medidas de comprimento e largura cada 50 centímetros de comprimento, segundo o método descrito por Metaxas et al. (1994). Com essas medidas foi desenhado um polígono donde as áreas foram calculadas para cada segmento e mais tarde somadas para obter a área total da poça.

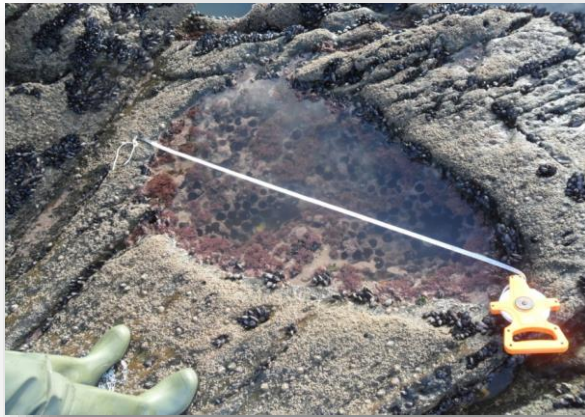


Fig.38 – Método de medida das dimensões da área da poça. Medida do comprimento com uma fita métrica.

- **Índice de complexidade topográfica** do substrato da poça, utilizando o método da cadeia (Bulleri et al., 2011) descrito no método 1. Neste caso a medição foi feita de uma maneira algo diferente, com a cadeia no interior da poça, pois o que se pretendia era unicamente classificar as poças, diferentemente do anterior método onde se amostrava em vários níveis hierárquicos (*site* e *shore*). A cadeia foi colocada exatamente nos mesmos lugares onde foram tomadas as medidas das dimensões, de forma a obter um valor da heterogeneidade de toda a área da poça, e poder calcular com base nesta e na área calculada pelas medidas lineares um índice de heterogeneidade topográfica da poça em toda a sua superfície.



Fig.39 - Método da cadeia para medir a heterogeneidade topográfica do substrato.

10.2- ANÁLISE ESTATÍSTICA

Nesta parte do trabalho foi utilizado um método de classificação hierárquico e aglomerante, que tem como base uma matriz de similaridades e sucessivamente funde as amostras em grupos, e os grupos em outros maiores, diminuindo gradualmente o nível de similaridade em que os novos grupos se vão formando.

Os passos a seguir na análise foram os seguintes:

- Em primeiro lugar, de igual maneira que no anterior método, uma análise exploratória confirmou a distribuição de cada uma das variáveis, e foram realizadas as pertinentes transformações para normalizar as distribuições dos dados (transformações logarítmicas para as variáveis e $\log(x+1)$ para as abundâncias).
- As variáveis foram igualmente estandardizadas a média 0 e variância 1 para poderem ser comparadas.
- Em seguida, a matriz dos dados transformados e estandardizados foi introduzida no *software* PAST (Versão 2.17) para proceder ao resto da análise.
- O passo seguinte foi a comprovação da relação entre as variáveis e as abundâncias por intermédio de uma análise de correlação de *Pearson*. Esta análise pode indicar se existem altas correlações entre algumas das variáveis.
- Dado que o objetivo desta parte do trabalho não foi analisar a relação das variáveis ambientais com as abundâncias individualmente, senão estudar a possível interação entre elas, dando lugar a diferenças na distribuição dos ouriços, foi realizada uma análise de ordenação PCA (Análise de Componentes Principais) incorporando todas as variáveis ambientais como tentativa para ver a possibilidade de reduzir o número de variáveis na posterior análise *cluster*.
- No seguinte passo foi realizada uma análise de classificação *cluster* hierárquica aglomerante com a intenção de agrupar as poças em categorias que se puderem diferenciar e caracterizar pelos valores médios das variáveis. Foi escolhido o algoritmo de *Ward* que utiliza a distância Euclidiana, por considerar que amostra os grupos de uma maneira mais clara para ser interpretada, mas também por ser este algoritmo de uso frequente em estudos de comunidades marinhas (Ruitton et al., 2000; Verfaillie et al., 2009).
- Posteriormente realizou-se de novo uma análise de ordenação PCA para cada *cluster*, esta vez com a intenção de quantificar a aportação de cada variável nos componentes principais identificados (Singh et al., 2011). A eleição dos componentes principais é realizada de forma que o primeiro recolha a maior proporção possível da

variabilidade original, o segundo fator recolha a máxima variabilidade possível não recolhida pelo primeiro, e assim sucessivamente. De todos os fatores são escolhidos aqueles que recolhem a percentagem de variabilidade que se considere suficiente. O critério para selecionar o número de componentes principais foi que a soma da variância que explicam superasse o 80%, e para selecionar as cargas significativas em cada componente, que estas superassem o valor de 0.4, tanto em positivo como negativo (Gazaaz et al., 2012).

- E finalmente, foi realizada uma análise ANOVA de uma via para testar se existem diferenças entre as abundâncias médias dos grupos formados na análise *cluster*, relativas à distribuição do número total de ouriços e as três classes de tamanho definidas.

As variáveis medidas, a ser incluídas no estudo foram:

- ✓ Densidade de ouriços por área
- ✓ Cobertura de rocha nua
- ✓ Cobertura de pedras
- ✓ Cobertura de mexilhões
- ✓ Cobertura de *Sabellaria*
- ✓ Índice de complexidade topográfica da poça
- ✓ Altitude de maré
- ✓ Volume
- ✓ Profundidade máxima
- ✓ Área
- ✓ Índice de hidrodinamismo

A cobertura de areia neste caso, para esta praia, não foi considerada por ser quase inapreciável na amostragem.

10.3- RESULTADOS

10.3.1- Resumo

- **Latitude e longitude das poças:** as coordenadas foram tomadas em UTM e a sua localização esta representada na figura 34.

- **Densidade de ouriços por área:** a área referida é a área do quadrado de amostragem (0.25m^2). O número medio de ouriços foi 42.12, variando entre um mínimo de 20 e um máximo de 150 ouriços. Estes resultados, transformados em densidade de ouriços por m^2 : o número medio foi 111.1, variando entre um mínimo de 33.3 e um máximo de 266.6 ind/ m^2 .

- **Densidade de ouriços por área e por classes de tamanho:**

Classe I, com um mínimo de 0, máximo de 22.2 e média de 5.5 (mínimo de 0, máximo de 88.8, e média de 22.2 ind/ m^2);

Classe II, com um mínimo de 5.5, máximo de 47.2 e média de 19.4 (mínimo de 22.2, máximo de 188.8, e média de 77.7 ind/ m^2);

Classe III, com um mínimo de 0, máximo de 8.3 e média de 2.7 (mínimo de 0, máximo de 33.3, e media de 11.1 ind/ m^2).

- **Cobertura do substrato:** as percentagens observadas para cada grupo foram:

Rocha nua, mínimo de 0%, máximo de 20 %, média de 1 %,

Pedras, mínimo de 0%, máximo de 56 %, média de 2 %,

Mexilhões, mínimo de 0%, máximo de 12 %, média de 1 %,

Sabellaria, mínimo de 0%, máximo de 76 %, média de 11 %.

- **Índice de complexidade topográfica nas poças:** os valores variaram entre um mínimo de 0.13 m e um máximo de 0.86 m, com uma média de 0.63m.

- **Altitude de maré:** as altitudes observadas variaram entre um mínimo de 0.41 m até o máximo de 2.04 m, com uma média de 1.2m.

- **Volume:** o valor mínimo é de 7.75 m^3 , o máximo de 1326.5 e a média de 133.2 m^3 .

- A **profundidade máxima** apresentou um valor mínimo de 5 cm, um máximo de 55 cm e uma média de 19 cm.

- A **área** variou entre um mínimo de 0.06 m^2 e um máximo de 3 m^2 , com uma média de 0.68 m^2 ;

- **Índice de hidrodinamismo:** esta medida é apresentada como um índice de desgaste por hora, resultando em valores entre o mínimo de 0.31, um máximo de 0.78 e um valor médio de 0.58.

10.3.2- Análise estatística

No que diz respeito às **análises de correlação**, apresenta-se a seguir a tabela 5, com as correlações de Pearson entre todas as variáveis e as abundâncias totais e por classes de tamanho. O que mais se destaca nestes resultados é a correlação positiva relativamente alta do volume com a profundidade máxima e área e as correlações positiva e negativa da altitude com as classes de tamanho I e III.

	AREA	PROF.	VOL.	ALT.	IND. TOPO	IND. HID.	C. SAB.	C. PED.	C. RO.	C. MEX.	OU. TOT.	CL I	CL II
PROF.	0.257												
VOL.	0.637	0.478											
ALT.	-0.017	-0.142	0.013										
IND. TOPO	0.086	-0.33	-0.145	0.084									
IND. HIDRO	-0.091	0.047	-0.035	0.195	-0.059								
C. SAB	-0.228	0.004	-0.137	-0.243	-0.167	0.036							
C. PED.	0.075	-0.024	0.134	0.115	-0.232	-0.069	0.167						
C. RO.	-0.31	-0.001	-0.189	0.151	-0.234	-0.096	0.175	0.383					
C. MEX	-0.128	0.359	0.001	-0.168	0.056	0.068	-0.183	-0.135	0.015				
OU. TOT	0.023	-0.225	-0.023	0.225	0.246	0.036	-0.061	0.001	0.114	-0.258			
CL I	-0.17	-0.299	-0.252	0.67	0.268	0.295	-0.091	-0.109	-0.039	-0.176	0.492		
CL II	0.081	-0.168	0.037	-0.023	0.119	-0.135	-0.075	-0.027	0.134	-0.198	0.872	0.147	
CL III	-0.03	0.199	0.205	-0.579	-0.019	-0.12	0.107	0.029	0.044	0.117	-0.151	-0.0575	-0.092

Tabela 5. Análise de correlação de Pearson entre as covariáveis log transformadas e as abundâncias log (x+1) transformadas dos números totais de ouriços e por classes de tamanho. AREA= área; PROF.= Profundidade máxima; VOL.=volume; ALT.=altitude; IND.TOPO.= Índice de complexidade topográfica; IND.HIDRO.= Índice de hidrodinamismo; C. SAB= Cobertura de Sabelária; C. PED.=cobertura de pedras; C. RO.=cobertura de rocha nua; C. MEX= Cobertura de mexilhões; OU. TOT= Número total de ouriços; CL I= Classe de tamanho I; CL II= Classe de tamanho II; CL III= Classe de tamanho III.

A primeira **análise de ordenação PCA** que foi realizada para a totalidade das poças em conjunto não serviu para reduzir o número de variáveis com cargas significativas, pois o número de componentes necessários para explicar a maior parte da variabilidade era de 7, já muito elevado, por tanto nas análises posteriores foram incorporadas todas as variáveis.

A **análise de classificação cluster** das variáveis estandardizadas com o algoritmo de *Ward* mostrou coerência a respeito das outras numerosas análises que foram feitas com outros algoritmos com ideia de as comparar, em termos dos grupos

de poças que formou. Além disso, esta análise obteve um índice de correlação cofenética de 0,85, muito elevado em comparação com as outras, o que indica uma notável eficiência de agrupamento (Singh et al., 2011). Na figura 40 é possível observar o dendrograma de classificação obtido, sendo que no eixo horizontal são mostrados os números que identificam cada uma das poças.

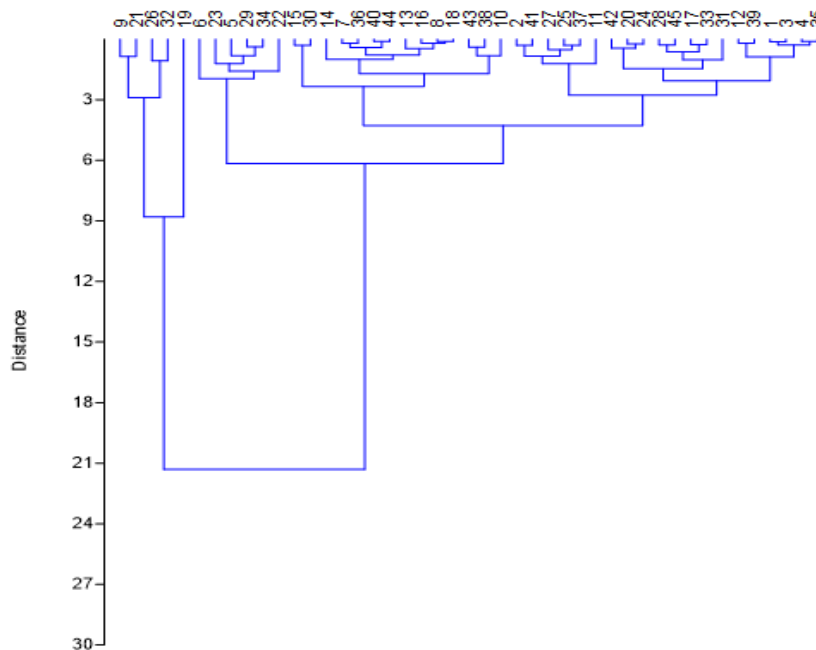


Figura 40.
 Dendrograma da
 classificação *cluster*
 das poças em função
 do algoritmo de
Ward e distância
 Euclidiana. As poças
 aparecem
 numeradas no eixo
 superior.

Os grupos considerados depois da análise *cluster* foram 8, escolhendo como distância de similaridade o valor 2.9. As características que apresentam para cada variável são sumarizadas na tabela 6, em termos de valores médios e intervalos de confiança. Estes valores dos intervalos nos ajudam a perceber em que medida as médias são estáveis e sobretudo se os diferentes grupos se sobrepõem muito nos seus valores ($\alpha=0.05$).

**CARACTERIZAÇÃO DO HABITAT PREFERENCIAL DO OURIÇO-DO-MAR (*Paracentrotus lividus*)
NAS POÇAS DO INTERTIDAL ROCHOSO DA COSTA NORTE PORTUGUESA COM TÉCNICAS DE
ANÁLISE MULTIVARIADA**

CLUSTER	VOL	ALT	PROF	TOPO	SUP	HIDRO	SAB	MEXIL	PEDRAS	ROCHA	OU	CL I	CL II	CL III
I	499,13	0,93	22,50	0,75	2,17	0,58	33,50	0,00	0,00	0,00	9,17	0,67	8,33	0,17
	259,99	0,60	0,00	0,59	0,00	0,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	738,26	1,26	57,23	0,91	6,33	0,81	146,10	0,00	0,00	0,00	43,89	4,88	39,90	1,22
II	694,43	1,46	35,25	0,61	1,14	0,50	14,50	0,83	6,50	1,50	7,33	1,00	5,50	0,83
	368,82	0,00	5,26	0,23	0,00	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1020,04	4,85	65,24	0,99	3,22	0,76	87,11	6,09	41,23	10,97	26,27	3,10	19,18	3,99
III	1326,50	0,81	37,00	0,48	2,99	0,55	4,00	0,00	0,00	0,00	12,00	0,67	9,33	2,00
	174,20	1,40	26,33	0,63	0,91	0,54	11,44	0,67	4,00	1,83	10,89	1,56	8,17	1,17
	136,78	1,11	19,02	0,54	0,58	0,47	1,63	0,00	0,00	0,10	6,45	0,68	3,83	0,10
IV	211,62	1,68	33,65	0,72	1,24	0,62	21,26	1,52	10,17	3,57	15,32	2,43	12,50	2,23
	18,36	1,85	9,50	0,65	0,20	0,51	8,50	0,00	2,67	5,67	13,00	4,17	8,83	0,00
	0,30	0,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,69	1,01	0,00	0,00
V	36,43	3,01	18,97	1,07	0,45	1,09	30,60	0,00	11,09	30,92	19,31	7,32	18,30	0,00
	24,63	1,62	15,49	0,92	0,68	0,90	12,38	0,59	1,80	2,09	10,48	3,08	7,49	0,80
	18,33	1,07	10,70	0,35	0,09	0,34	6,05	0,00	0,31	0,00	9,05	2,14	5,97	0,15
VI	30,92	2,17	20,28	1,48	1,26	1,46	18,71	1,25	3,28	5,86	11,91	4,02	9,01	1,44
	28,91	1,06	18,25	0,48	0,24	0,62	8,08	2,67	0,00	0,33	7,83	1,22	6,50	0,78
	13,10	0,79	9,46	0,26	0,11	0,54	0,00	0,00	0,00	0,00	5,36	0,28	4,23	0,00
VII	44,72	1,33	27,04	0,70	0,37	0,70	18,66	5,95	0,00	1,01	10,31	2,17	8,77	1,83
	48,48	1,33	13,54	0,73	0,63	0,57	5,62	1,26	2,76	0,93	10,76	3,15	7,67	0,33
	36,23	1,16	11,15	0,69	0,34	0,50	2,10	0,45	0,15	0,12	8,23	1,86	5,45	0,11
VIII	60,72	1,50	15,92	0,76	0,93	0,63	9,14	2,07	5,38	1,74	13,29	4,44	9,88	0,56

Tabela 6. Apresentação dos valores médios (em negrito) e dos valores dos limites inferior e superior (filas seguintes, respectivamente), calculados para todas as variáveis de cada um dos *clusters* formados. VOL=volume, ALT=altitude de maré, PROF= profundidade máxima, TOPO=índice de complexidade topográfica, SUP=área, HIDRO=índice de hidrodinamismo, SAB=cobertura de sabelária, MEXILL=cobertura de mexilhão, PEDRAS=cobertura de pedras, ROCHA=cobertura de rocha nua OU= número total de ouriços, CLI= classe I, CLII=classe II, CLIII=classe III

O **grupo I** é caracterizado por grande volume e área, altitude algo por baixo da média, uma profundidade máxima próxima aos valores médios, por um índice topográfico alto e índice de hidrodinamismo médio. Nas coberturas, destaca muito a sabelária, em quanto que nem o mexilhão, nem pedras, nem rocha nua estão presentes. As abundâncias totais e da classe II não se destacam dos valores médios, ao passo que a abundância da classe I e III neste grupo é bastante reduzida.

O **grupo II** é caracterizado por um volume ainda maior comparado com o grupo anterior, uma altitude elevada, assim como profundidade total e área algo por encima da média. Tanto o índice topográfico como o de hidrodinamismo apresentam valores próximos á media. Quanto às coberturas, tanto a sabelária como as pedras, mexilhões e rocha nua apresentam valores baixos. As abundâncias totais e por classes de tamanho são baixas.

O **grupo III** é constituído por uma só poça, que se caracteriza sobretudo pelo seu elevado volume, área e profundidade máxima. A altitude é baixa, assim como são os índices topográficos e de hidrodinamismo. A cobertura de sabelária é muito reduzida, e não aparece nenhuma pedra nem mexilhões nem superfície de rocha nua. As abundâncias totais e nas classes II e III foram grandes, no entanto na classe I resultou pequena.

O **grupo IV** é caracterizado por um volume e área próximos da média, profundidade e altitude relativamente altas e índices topográfico e de hidrodinamismo médios. A cobertura de sabelária e pedras é destacável, e as de mexilhão e rocha nua bastante baixas. As abundâncias são médias, excetuando a da classe III, que é relativamente alta.

O **grupo V** é caracterizado por poças de volume, área e profundidade muito pequenos, e uma elevada altitude. Os índices topográficos e de hidrodinamismo no entanto são médios. Na cobertura do substrato aparece alguma sabelária, poucas pedras e nada de mexilhão mas destaca a superfície de rocha nua, sendo o grupo em que esta é mais presente. As abundâncias totais e das classes I e II são muito elevadas, enquanto não apareceram ouriços da classe III.

O **grupo VI** é formado por poças de pequeno volume e área, com profundidade moderada e altitude e índices topográfico e de hidrodinamismo muito elevados. Também se destacam por uma elevada cobertura de sabelária e sobretudo de rocha nua, e o resto de coberturas com valores baixos. As abundâncias são ligeiramente elevadas para todas as classes e número total, destacando a classe I.

O **grupo VII** apresenta poças de volume e área pequenos, profundidade e altitude médias, e índices topográficos e de hidrodinamismo de valores médios. Reduzida cobertura de sabelária e mexilhões, muito pouca de rocha nua e nula no caso das pedras. As abundâncias de ouriço são ligeiramente baixas.

O **grupo VIII** é caracterizado por um volume, profundidade máxima e área ligeiramente baixos, uma altitude elevada, tal como o índice topográfico, e um índice de hidrodinamismo baixo. As coberturas ligeiramente baixas, devem-se principalmente às pedras e alguma sabelária. As abundâncias de ouriços totais, da classe I e II ligeiramente altas, sendo que na classe III aparece uma média bastante baixa.

No tocante à segunda **análise de ordenação PCA** para cada um dos *clusters* podem ser destacados os seguintes resultados. O grupo II foi excluído desta análise por estar formado por uma só poça.

- Grupo I: apresenta uma componente principal que explica o 100% da variância e tem como cargas principais as variáveis a cobertura de sabelária (0.8) e área (-0.44).
- Grupo III: apresenta uma componente principal, que contribui para o 100% da informação sobre a variância. Tem as variáveis cobertura de sabelária (0.56), de pedras (0.56) e de rocha nua (-0.41).

- Grupo IV: apresenta duas componentes principais, que contribuem para o 44.8, 39.5% da informação sobre a variância, somando um total de 84.3%. A primeira das componentes tem a variável cobertura de sabelária (0.9) e a segunda tem cobertura de pedras (0.76) e de rocha nua (0.45) como cargas principais.
- Grupo V: apresenta uma componente principal que explica o 100% da variância e tem como cargas principais as variáveis cobertura de rocha nua (-0.72) e de sabelária (0.4).
- Grupo VI: apresenta três componentes principais, que explicam o 43.1, 21.8 e 19% da variabilidade, somando um total de 83.9%. A primeira das componentes tem as variáveis cobertura de sabelária (0.72) e área (0.46) como cargas principais; a segunda tem cobertura de sabelária (-0.48) e volume (0.47) e a terceira tem as variáveis cobertura de pedras (0.59), área (-0.48) e altitude (-0.44).
- Grupo VII: apresenta três componentes principais, que explicam o 56.1, 21.2 e 11.2% da variabilidade, somando um total de 88.5%. A primeira componente apresenta a variável cobertura de sabelária (0.85) como carga principal, a segunda componente tem cobertura de mexilhão (0.85) e a terceira índice topográfico (0.68) e área (0.55).
- Grupo VIII: apresenta 3 componentes principais, que explicam o 46,3, 23 e 10.3% da variabilidade total, somando um total do 79.6%, o que se considerou suficiente para explicar a variabilidade deste conjunto de poças. A primeira componente tem a variável cobertura de sabelária (0.71) e de pedras (0.53) como cargas principais, a segunda tem a área (0.65), cobertura de pedras (0.52) e a terceira tem área (-0.63), cobertura de pedras (0.46) e de mexilhão (0.4).

O teste **ANOVA** de uma via para as médias das abundâncias totais e por classes de tamanho de cada *cluster* resultou em encontrar diferenças significativas entre as abundâncias de cada um dos *clusters* ($p=2.065E^{-11}$). Dado que a ANOVA amostrou diferenças significativas, um teste “*post-hoc*” de comparações múltiplas de *Tukey* foi feito para identificar onde se encontravam essas diferenças entre as abundâncias comparadas por pares, encontrando-se diferenças significativas entre todas exceto entre a classe II e a abundância total.

	OURIÇOS	Classe I	Classe II
Classe I	0.00017		
Classe II	0.7604	0.00017	
Classe III	0.00017	0.02932	0.00017

Tabela 7. Resultados do teste de comparações de *Tukey* entre as abundâncias totais e por classes de tamanho dos grupos resultantes da análise *cluster*. Os p-valores significativos ($p < 0.05$) aparecem ressaltados a negrito.

As diferenças que têm as três classes de tamanho entre si foram significativas ($p < 0.05$). Só a classe II não apresentou diferenças significativas nas abundâncias comparada com o número total de ouriços ($p = 0.76$).

10.4- DISCUSSÃO

Os resultados da **classificação de clusters** serviram para apontar algumas observações gerais sobre a distribuição dos ouriços nas poças da praia de Viana. Por exemplo, parece clara a tendência de valores baixos de abundâncias na classe III em poças com elevado índice topográfico, como as dos grupos I, V, VI e VIII. Um índice topográfico de valores elevados indica uma baixa rugosidade ou complexidade do substrato. Este resultado pode indicar que a falta de proteção para os ouriços maiores implica a sua ausência das poças, possivelmente por efeitos da depredação ou dos efeitos da força da água, tal como sugerido na discussão do método 1. As poças com pequeno volume e área mas com elevadas altitudes foram ambientes propícios para os ouriços mais pequenos, nomeadamente da classe I, tal como acontece nos grupos V, VI e VIII. De maneira inversa, as poças de pouca altitude e profundidade elevada (grupos I e III) foram desfavoráveis para a presença de ouriços mais pequenos. Observou-se também que os grupos de poças de altitudes elevadas donde apareceram abundantes ouriços da classe I coincidem com maior cobertura de pedras e rocha nua. Outra tendência observada foi que o índice de hidrodinamismo não apresentou valores muito diferentes entre os grupos, nem pareceu coincidir com padrões de abundância dos ouriços.

Para estabelecer objetivamente quais são as variáveis que apresentam maior peso ou carga na definição de cada grupo de poças foram estudados os resultados da **análise de componentes principais**, realizada para cada um dos *clusters*. As únicas variáveis que não apresentam cargas significativas para nenhuma das componentes principais são o **índice de hidrodinamismo** e a **profundidade máxima**. Tal como no anterior método, este índice não parece ser relevante para as poças nas escalas estudadas. Jacinto et al. (2013) também não detetaram influência direta da força das ondas nas abundâncias no intertidal, e sugerem que as adaptações à elevada exposição das costas atlânticas por meio da escavação de buracos podem ser um dos processos que expliquem as elevadas abundâncias em lugares muito expostos, tanto no substrato exposto como no interior das poças (Jacinto & Cruz, 2012). No caso das poças do presente estudo, temos observado muito frequentemente este hábito escavador, típico de ouriços de todas as classes de tamanho (Míguez-Rodríguez, 2001), sendo, portanto, uma possível confirmação desta adaptação ao meio exposto da espécie na costa norte portuguesa, à semelhança do que acontece no sul.

De todas as variáveis, a que maior influência apresentou foi a cobertura de sabelária, que aparece nas componentes principais de todos os grupos de poças. As coberturas de pedras e rocha nua, e em menor medida, de mexilhões, também se revelaram como variáveis influentes. A área foi outra das variáveis que melhor definiram as poças, aparecendo nas componentes de 4 dos 7 grupos analisados. E finalmente, o volume, a altitude, e o índice topográfico, apareceram como cargas significativas, cada uma delas para uma componente principal. Estes resultados podem ser combinados com os da análise de correlações para tentar perceber em que direção cada uma destas variáveis definitórias das poças poderão estar relacionadas com as abundâncias e sugerir os processos que as afetam. No caso da **cobertura de sabelária**, esta apresentou correlações negativas com todas as classes e número total, exceto com a classe III, e o mesmo aconteceu em relação à cobertura de mexilhão. Este facto poderia ser explicado, tal como no anterior método, pela competição pelo espaço dos ouriços maiores com estes outros invertebrados. No caso da **cobertura de pedras**, apareceu uma correlação negativa com as classes I e II, ao passo que positiva com a classe III e número total. Uma possível explicação seria que, por um lado, os ouriços de menor tamanho fossem mais sensíveis à abundância de pedras no substrato da rocha, tal como era previsto nos pressupostos iniciais, mas, por outro lado, tanto para os ouriços maiores como para o total, a abundância de pedras no substrato da poça pudesse representar um prejuízo maior para os seus depredadores mais comuns, provocando na abundância de ouriços um efeito indireto

positivo (Wootton, 1995). Para a variável da **cobertura de rocha nua**, a única correlação negativa foi com a classe I. Os padrões de correlações neste caso foram opostos aos que apareceram no método 1, sugerindo a possível existência de interações complexas entre esta e outras variáveis que produzam efeitos diferentes em poças diferentes. No caso da **altitude**, esta apresentou uma correlação positiva muito marcada com os ouriços da classe I, ao passo que negativa para as outras classes, reforçando a ideia de que os ouriços nas poças muito elevadas não alcançam grandes tamanhos por não encontrarem alimento em abundância (Bayed et al., 2005) e de que os ouriços de maior tamanho prefeririam deslocar-se a níveis mais baixos onde encontram maior quantidade de alimento (Metaxas et al., 1994; Barnes & Crook, 2001-a; Martins et al., 2007). Ainda, como comentado por Turon et al. (1995), um elevado hidrodinamismo pode diminuir a taxa de crescimento dos ouriços, e segundo sugere a análise de correlação apresentada, nas poças estudadas, a altitude e o índice de hidrodinamismo poderão estar relacionados positivamente. De maneira oposta à altitude, o **volume** foi negativo para a classe menor e o número total e positivo para as outras duas classes. Martins et al. (2007) encontraram uma correlação positiva entre o volume e número de espécies de macroalgas encontradas nas poças, podendo ser este um fator que favorecesse os ouriços, que se alimentam maioritariamente delas. O **índice topográfico** teve correlação positiva com todas menos a classe III, podendo isto ser explicado como anteriormente, pelos diversos efeitos provocados pela falta de refúgio para estes ouriços maiores em termos de desproteção frente às forças hidrodinâmicas ou aos depredadores (Sala & Zabala, 1996; Snellen et al., 2007; Jacinto & Cruz, 2012; Bulleri, 2013).

Finalmente, a análise ANOVA de um fator serviu para verificar a existência de diferenças significativas nas abundâncias entre cada uma das classes de tamanho. Só não se verificou diferença entre as abundâncias da classe II com os números totais de ouriços. Isto provavelmente seja devido a que a classe II compreende os tamanhos de maiores abundâncias nas poças estudadas e, portanto, leva a maior parte do peso da abundância total. As diferenças entre as distintas classes confirmam a ideia inicial de que a distribuição dos ouriços por classes de tamanho não é uniforme nas poças do intertidal da nossa área de estudo.

PARTE III

11. CONCLUSÕES GERAIS

Com base no esforço e complexidade da amostragem, e considerando os resultados obtidos, comentámos brevemente a pertinência das metodologias utilizadas na medida das variáveis:

- A medida da **latitude e longitude** resultou imprescindível em trabalhos como o presente, com um elevado número de unidades de amostragem (um total de 135), devido ao tempo ser reduzido em cada maré, o que levou à necessidade de regressar em várias ocasiões para medir as diferentes variáveis. No entanto, é recomendável a utilização de fotografias para identificar as poças, devido a que o GPS tem uma margem de erro que pode provocar confusão quando existem várias poças muito próximas na mesma área.
- A medida da **área** da poça foi considerada relevante por ambos os métodos, e também fácil e rápida de tomar. Por isso seria recomendável incluir esta variável em qualquer estudo relacionado com a caracterização das poças.
- A medida da **profundidade** também foi muito fácil e rápida de tomar, e ainda que só a profundidade média resultou estatisticamente significativa para os ouriços, consideramos ambas as medidas como relevantes para o estudo das poças.
- A **altitude** foi uma variável que neste estudo não mostrou uma grande significância em relação às abundâncias totais de ouriços, concretamente no caso da **altitude absoluta**, utilizada no método 1. O método de medida resultou bastante difícil e consumiu muito tempo, mas, no entanto, consideramos ser este um método muito preciso e de utilidade em caso de futuros trabalhos no intertidal rochoso. A **altitude de maré**, essa sim mostrou-se relevante e ajudou a estabelecer diferenças entre as classes de tamanho no método 2. A dificuldade da medida desta variável foi a necessidade de observar e anotar a hora em que a maré descobre e volta a cobrir cada uma das poças, também consumindo muito tempo. Mas consideramos que é uma variável muito interessante por indicar o tempo de emersão de cada uma das poças, o que pode resultar fundamental, junto com a variável volume, para compreender a variação das condições físico-químicas nas poças.
- O **volume** foi só medido no método 2, por motivos logísticos. Desde o início foi considerada correlacionada com a profundidade máxima e a área da poça,

como de facto logrou-se comprovar na análise de correlações do método 2. A metodologia utilizada pareceu-nos a mais adequada de todas as encontradas na bibliografia, por ser a mais exata e rápida, dado que as poças em muitos casos apresentam um contorno muito irregular com pequenas cavidades que as outras metodologias mais dificilmente conseguem apreciar.

- A **distância** até ao nível da água, medida no método 1, revelou-se como significativa, sendo além do mais uma medida fácil e rápida de tomar.
- O **índice de complexidade topográfica**, ainda que no nosso trabalho não apresente praticamente relevância (só no método 2 aparece como ligeiramente significativa), pareceu-nos uma variável muito interessante a ter em conta nos estudos elaborados no intertidal rochoso, e a metodologia utilizada resultou fácil e rápida.
- O **índice de hidrodinamismo** resultou provavelmente a variável mais difícil de medir, devido ao tempo e meios necessários para a colocação de todos os cubos de gesso, assim como à dependência de condições meteorológicas favoráveis. Esta variável resultou não ser significativa na abundância de ouriços, mas no entanto foram apreciadas diferenças entre os diversos *sites* e praias, e portanto consideramo-lo um método válido para o estudo das forças hidrodinâmicas do intertidal.
- As **coberturas do substrato** foram fáceis e rápidas de tomar, e revelaram-se muito significativas para a abundância dos ouriços.

Por meio dos dois conjuntos de análises estatísticas foi possível estabelecer quais das variáveis físicas e biológicas medidas nas poças foram relevantes para a sua caracterização em relação aos padrões de distribuição e abundância dos ouriços. Em seguida são resumidas as observações que se puderam concluir analisando em conjunto as duas metodologias utilizadas:

- Tanto a análise de escalas espaciais como a de uma praia (método 1 e 2, respetivamente), coincidiram em destacar as diversas variáveis da cobertura do substrato como sendo relevantes, coincidindo com padrões de distribuição e abundância dos ouriços nas duas metodologias estudadas. A cobertura de sabelária, e também a de mexilhões, revelam-se como muito influentes sobre as abundâncias, reforçando a ideia de que as poças com muita sabelária e mexilhões apresentam, no geral, menores abundâncias de ouriços, sobretudo de tamanhos maiores. Uma diferença encontrada entre os dois métodos em

termos de cobertura é a relevância das areias no método 1 e das pedras no método 2.

- A variável área revela-se significativa por igual para os dois métodos, mas neste caso as direções da sua influência poderão ser variáveis, por um lado aumentando o tamanho do habitat, o que pode favorecer com maior probabilidade aos ouriços maiores, mas por outro aumentando também a probabilidade de acolher depredadores e potenciais competidores, entre outros efeitos possíveis.
- Ambas análises coincidiram também em descartar a relevância da variável do índice de hidrodinamismo. Foram no entanto detetadas, nas análises preliminares, claras diferenças entre as poças e *sites* amostrados nos valores deste índice, o qual parece não afetar a abundância nem a distribuição dos ouriços. Este facto pode ser devido a que os ouriços se encontrem perfeitamente adaptados ao habitat exposto da costa e se protejam pela escavação de cavidades na rocha e no substrato de algas incrustantes.
- Duas variáveis que apresentam significância para cada um dos métodos e poderão considerar-se relacionadas são a distância até a água e a altitude de maré, para o método 1 e 2, respetivamente. As duas dizem respeito ao isolamento das poças, e também as duas apresentam-se como relevantes para as classes de tamanho menor e maior.
- Cabe destacar que a divisão por classes de tamanho para os dois métodos é diferente, o que foi feito precisamente com a intenção de confirmar qual dos dois poderia ser o nível mais adequado para a agrupação dos tamanhos na hora de encontrar padrões de distribuição. Mas dado que podemos observar alguns padrões muito similares em ambos casos, concluiremos que tanto a divisão em seis como em três classes é útil para lograr definir padrões gerais de abundância e distribuição. Dependerá do objetivo do estudo a escolha de uma ou outra classificação. No método 2 encontram-se diferenças significativas entre as três classes de tamanho consideradas, ao passo que no método 1 a classe menor e maior coincidem nos seus padrões de abundância.

As poças do intertidal rochoso revelaram-se ambientes ideais para testar padrões de variabilidade ambiental, tal como outros autores têm confirmado em trabalhos anteriores (Metaxas & Scheibling, 1993; Bennedetti- Cecchi & Cinelli, 1995; Jordaan et al., 2011). Este estudo também confirma que as populações de ouriço-do-mar, assim como outros invertebrados do intertidal, apresentam respostas diversas às mudanças e gradientes ambientais do meio onde vivem, também na escala temporal

(Chapman, 2000). Isto verifica-se apesar dos ouriços objeto deste estudo, os que habitam nas poças do intertidal, serem organismos com reduzida mobilidade (Haya de la Sierra, 1990).

A ideia geral que emerge da análise dos resultados é que os processos que operam a pequena escala serão muito relevantes na geração de padrões de abundância dos ouriços nas poças, e que esta variabilidade a pequena escala detetada (poças separadas por poucos metros) deverá ser tida em conta em conjunto com a variabilidade em escalas maiores.

12. SUGESTÕES PARA FUTURAS LINHAS DE INVESTIGAÇÃO

Os resultados do presente estudo podem sugerir a necessidade de utilização de uma amostragem estratificada com base nas variáveis que foram consideradas mais influentes na distribuição das distintas classes de tamanho nas diferentes escalas espaciais.

Futuros trabalhos relacionados com a abundância e distribuição do ouriço nas poças do intertidal poderão focar-se em alguns aspetos não considerados neste trabalho devido à complexidade do seu estudo, mas que provavelmente sejam fundamentais na hora de estabelecer a estrutura das populações do ouriço. Por um lado, os processos a pequena escala de afixação ao substrato e recrutamento de juvenis, pois é sabido que são duas fases críticas no estabelecimento das populações, e também os processos relacionados com a predação. Por outro lado, processos a escalas maiores como correntes oceanográficas e fenómenos de afloramento podem resultar fundamentais na hora de influenciar as abundâncias das populações de ouriço.

Os resultados deste trabalho podem sugerir a pertinência de testar, por métodos manipulativos especificamente desenhados, as relações causa-efeito entre as variáveis detetadas no presente estudo como sendo provavelmente as mais relevantes e a distribuição e abundância das populações do ouriço.

O aprofundamento do estudo das populações do ouriço-do-mar é de grande relevância em termos do seu potencial como recurso, mas também por causa da sua importância como espécie reguladora da biodiversidade dos ecossistemas costeiros onde habita.

13. Bibliografia consultada:

- Abraham, E. R., 2007. Sea-urchin feeding fronts. *Ecol Complex.* 4, 161-168.
- Addis, P., Secci, M., Angioni, A., Cau, A., 2012. Spatial distribution patterns and population structure of the sea urchin *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea), in the coastal fishery of western Sardinia: a geostatistical analysis. *Sci Mar.* 76, 733-740.
- Agnetta, D., Bonaviri, C., Badalamenti, F., Scianna, C., Vizzini, S., & Gianguzza, P., 2012. Functional traits of two co-occurring sea urchins across a barren / forest patch system. *Journal of Sea Research.* 76, 170–177.
- Allain, J. Y., 1975. Structure des populations de *Paracentrotus lividus* (Lamarck) (Echinodermata, Echinoidea) soumises a la peche sur les cotes Nord de Bretagne. *Rev. Trav . Inst. Pêches marit.* 39 (2), 171-212.
- Anderson, M.J. 2001. A new method for non-parametric analysis of variance. *Austral Ecology.* 26, 32–46.
- Anderson, M.J. 2004. DISTLM v.5: a FORTRAN computer program to calculate a distance-based multivariate analysis for a linear model. Department of Statistics, University of Auckland, New Zealand.
- Anderson, M.J. 2005. PERMANOVA: a FORTRAN computer program for permutational multivariate analysis of variance. Department of Statistics, University of Auckland, New Zealand.
- Andrew, N. L., & Choat, J. H., 1985. Habitat related differences in the survivorship and growth of juvenile sea urchins. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 27, 155-161.
- Andrew N. L. & Mapstone, B. D. 1987. Sampling and the description of spatial pattern in marine ecology. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* Aberdeen University Press. 25, 39-90.
- Andrew, N.L. & Underwood, A.J. 1992. Associations and abundance of sea urchins and abalone on shallow subtidal reefs in southern New South Wales. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research.* 43, 1547–59.
- Andrew, N. L., Agatsuma, Y., Ballesteros, E., Bazhin, A. G., Creaser, E. P., Barnes, D. K. A., Botsford, L. W., et al. 2002. Status and management of world sea urchin fisheries. *Oceanography and Marine Biology Annual Review.* 40, 343-425.

- Araújo, M.A. 1999. Texto incluído no Dossier do Curso de Formação designado "Conceitos sobre Ordenamento e Gestão da Zona Costeira", Associação Eurocoast-Portugal, Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos (IHRH), Faculdade de Engenharia, Univ. do Porto. 12 p.
- Araújo, R., Sousa-Pinto, I., Bárbara, I., Quintino, V., 2006. Macroalgal communities of intertidal rock pools in the northwest coast of Portugal. *Acta Oecologica* 30: 192-202.
- Banks, S., Piggott, M.P., Williamson, J.E., Bové, U., Holbrook, N.J., Beheregaray, L.B. 2007. Oceanic variability and coastal topography shape genetic structure in a long-dispersing sea urchin. *Ecology*. 88(12), 3055–3064.
- Barnes, D. K. A. & Crook, A. C. 2001- a. Quantifying behavioural determinants of the coastal European sea-urchin *Paracentrotus lividus*. *Mar Biol.* 138, 1205-1212.
- Barnes, D. K. A. & Crook, A. C. 2001-b. Implications of temporal and spatial variability in *Paracentrotus lividus* populations to the associated commercial coastal fishery. *Hydrobiologia*. 465, 95-102.
- Bayed, A., Benrha, A. & Guillou, M. 2005. The *Paracentrotus lividus* populations from the northern Moroccan Atlantic coast: growth, reproduction and health condition. *J. Mar. Ass. U.K.* 85, 999–1007.
- Benedetti-Cecchi, L., Cinelli, F. 1995. Habitat heterogeneity, sea urchin grazing and the distribution of algae in littoral rock pools on the west coast of Italy (western Mediterranean). *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 126, 203-212.
- Benedetti-Cecchi, L., Cinelli, F. 1997. Spatial distribution of algae and invertebrates in rocky intertidal. *Polar Biol.* 18, 337-343.
- Benedetti-Cecchi, L., Bulleri, F., Cinelli, F. 1998. Density dependent foraging of sea urchins in shallow subtidal reefs on the west coast of Italy (western Mediterranean). *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 163, 203-211.
- Benedetti-Cecchi, L., Bulleri, F., Cinelli, F. 2000. The interplay of physical and biological factors in maintaining mid-shore and low-shore assemblages on rocky coasts in the north-west Mediterranean. *Oecologia*. 123, 406–417.
- Benedetti-Cecchi, L. 2001. Variability in abundance of algae and invertebrates at different spatial scales on rocky sea shores. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 215, 79 – 92.
- Benedetti-Cecchi, L., Osio, G. C. 2007. Replication and mitigation of effects of confounding variables in environmental impact assessment: an example with marinas and assemblages of rocky seashores. *Mar Ecol Progr Ser.* 334, 21-35.

- Bertocci, I., Araújo, R., Incera, M., Arenas, F., Pereira, R., Abreu, H., Larsen, K., Sousa-Pinto, I. 2012 a. Benthic assemblages of rock pools in northern Portugal: seasonal and between-pool variability. *Sci. Mar.* 76(4), 781-789.
- Bertocci, I., Dominguez, R., Freitas, C., Sousa-Pinto, I. 2012 b. Patterns of variation of intertidal species of commercial interest in the Parque Litoral Norte (North Portugal) MPA: Comparison with three reference shores. *Mar. Env. Res.* 77, 60-70.
- Bertocci, I., Domínguez, R., Machado, I., Freitas, C., Domínguez Godino, J., Sousa-Pinto, I., Gonçalves, M., Gaspar, M. 2014. Multiple effects of harvesting on populations of the purple sea urchin *Paracentrotus lividus* in north Portugal. *Fish. Res.* 150, 60-65.
- Boizard, S. D. & DeWreede, R. 2006. Inexpensive Water Motion Measurement Devices and Techniques and Their Utility in Macroalgal Ecology: A review. *ScienceAsia*. 32(s1), 43-49.
- Boudouresque, C. F., Nedelec, H. Shepherd, A.S. 1980. The decline of a population of the sea-urchin *Paracentrotus lividus* in the bay of Port-Cros (Var, France). *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros* 6: 243-251.
- Boudouresque, C.F., Verlaque, M. 2007. *Ecology of Paracentrotus lividus*. In: *Edible sea urchins: biology and ecology*. Lawrence J.M. (ed.). Elsevier publ., Amsterdam: 243-285.
- Bulleri, F., Benedetti-Cecchi, L., and Cinelli, F. 1999. Grazing by the sea urchins *Arbacia lixula* L. and *Paracentrotus lividus* Lam. in the Northwest Mediterranean. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 241, 81-95.
- Bulleri, F., Alestra, T., Ceccherelli, G., Tamburello, L., Pinna, S., Sechi, N., Benedetti-Cecchi, L. 2011. Determinants of *Caulerpa racemosa* distribution in the north-western Mediterranean. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 431, 55-67.
- Bulleri, F. 2013. Grazing by sea urchins at the margins of barren patches on Mediterranean rocky reefs. *Mar. Biol.* 160, 2493–2501.
- Byrne, M. 1990. Annual reproductive cycles of the commercial sea urchin *Paracentrotus lividus* from an exposed intertidal and a sheltered habitat on the west coast of Ireland. *Mar. Biol.* 104, 275-289.
- Cacabelos, E., Olabarria, C., Incera, M., Troncoso, J.S. 2010. Do grazers prefer invasive seaweeds? *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 393, 182–187.
- Cameron, R.A. & Schroeter, S.C. 1980. Sea Urchin Recruitment: Effect of Substrate Selection on Juvenile Distribution. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 2, 243-247.

- Castro, J.J. 2004. Predação humana no litoral rochoso alentejano. Tese de Doutoramento. Universidade de Évora.
- Catoira, J.L. 1995. Spatial and temporal evolution of the gonad index of the sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck) in Galicia, Spain. In Emson R., Smith A. and Campbell A. (eds) Echinoderm research. Boca Raton, FL: CRC Press, pp. 295–298.
- Carvalhido, R., Pereira, D., Brilha, J. 2009. Geomorfologia e património geomorfológico do concelho de Viana do Castelo. Cad. Vianenses. 43, 19-62.
- Ceccherelli, G., Pinna, S., and Sechi, N. 2009. Evaluating the effects of protection on *Paracentrotus lividus* distribution in two contrasting habitats. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 81, 59-64.
- Ceccherelli, G., Pais, A., Pinna, S., Sechi, N., and Chessa, L. A. 2011. Human impact on *Paracentrotus lividus*: the result of harvest restrictions and accessibility of locations. Mar. Biol. 158, 845-852.
- Chapman, M. G. 2000. Poor design of behavioural experiments gets poor results: examples from intertidal habitats. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 250, 77–95.
- Chelazzi, G., Serra, G., Bucciarelli, G. 1997. Zonal recovery after experimental displacement in two sea urchins co-occurring in the Mediterranean. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 212, 1–7.
- Clemente, S. & Hernández, J.C. 2008. Influence of wave exposure and habitat complexity in determining spatial variation of the sea urchin *Diadema* aff. *Antillarum* (Echinoidea: Diadematidae) populations and macroalgal cover (Canary Islands - Eastern Atlantic Ocean). Rev. Biol. Trop. 56, 229-254.
- Clemente, S., Hernández, J.C., Montaña- Moctezuma, G., Rusell, M. P., Ebert, T. A. 2013. Predators of juvenile sea urchins and the effect of habitat refuges. Mar. Biol. 160, 579-590.
- Crook, A. C., Verling, E., & Barnes, D. K. A., 1999. Comparative study of the covering reaction of the purple sea urchin, *Paracentrotus lividus*, under laboratory and field conditions. J. Mar. Ass. U.K. 79, 1117- 1121.
- Crook, A. C., Long, M., & Barnes, D. K. A., 2000. Quantifying daily migration in the sea urchin *Paracentrotus lividus*. J. Mar. Ass. U.K. 80, 177–178.
- Dethier, M. N., Graham, E. S., Cohen, S., Tear, L. M. 1993. Visual versus random-point percent cover estimations: 'objective' is not always better. Mar. Ecol. Prog. Ser. 96, 93-100.

- Domenici, P., González-Calderón, D. and Ferrari, R.S. 2003. Locomotor performance in the sea urchin *Paracentrotus lividus*. J. Mar. Biol. Ass. U.K. 83, 285-292.
- Doty, M. S. 1971. Measurement of water movement in reference to benthic algal growth. Bot. Mar. 14: 32-35.
- Dumont, C.P., Himmelman, J.H., Robinson S.M.C. 2007-a. Random movement pattern of the sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis*. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 340, 80–89.
- Dumont, C.P., Drolet, D., Deschenes, I., Himmelman, J. 2007-b. Multiple factors explain the covering behaviour in the green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*. Animal Behaviour. 73, 979-986.
- Ebert, T.A., Schroeterl, S.C., Dixon, J.D., Kalvass, P. 1994. Settlement patterns of red and purple sea urchins (*Strongylocentrotus franciscanus* and *S. purpuratus*) in California, USA. Mar. Ecol. Prog. Ser. 111, 41-52.
- Fernandez, C. & Boudouresque, C.F. 2000. Nutrition of the sea urchin *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) fed different artificial food. Mar. Ecol. Prog. Ser. 204, 131–141.
- Fernandez, C., Pasqualini, V., Boudouresque, C.F., Johnson, M., Ferrat, L., et al. 2006. Effect of an exceptional rainfall event on the sea urchin (*Paracentrotus lividus*) stock and seagrass distribution in a Mediterranean coastal lagoon. Estuar Coast Shelf Sci. 68, 259–270.
- Frascchetti S., Terlizzi A., Benedetti-Cecchi L. 2005. Patterns of distribution of marine assemblages from rocky shores: evidence of relevant scales of variation. Mar Ecol Prog Ser. 296, 13–29.
- Freeman, S.M., 2003. Size-dependent distribution, abundance and diurnal rhythmicity patterns in the short-spined sea urchin *Anthocidaris crassispina*. Estuarine, Coastal and Shelf Science 58, 703-713.
- Freire, J., Bernárdez, C., Corgos, A., Fernández, L., González- Gurriarán, E., Sampedro, M.P., Verísimo, P. 2002. Management strategies for sustainable invertebrate fisheries in coastal ecosystems of Galicia (NW Spain). Aquatic ecology. 36, 41-50.
- Gago J., Range P., Luís O. 2003. Growth, reproductive biology and habitat selection of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in the coastal waters of Cascais, Portugal. In: Féral JP, David B (eds) Echinoderm research 2001. AA Balkema, Lisse, pp 269–276

- Garmendia, J.M., Menchaca, I., Belzunce, M.J., Franco, J., Revilla, M. 2010. Seasonal variability in gonad development in the sea urchin (*Paracentrotus lividus*) on the Basque coast (Southeastern Bay of Biscay). Mar Pollut Bull. 61, 259–266.
- Gazzaz, N.M., Yusoff, M.Y., Ramli, M.F., Aris, A.Z., Juahir, H. 2012. Characterization of spatial patterns in river water quality using chemometric pattern recognition techniques. Mar Pollut Bull. 64, 688–698.
- Gianguzza, P., Chiantore, M., Bonaviri, C., Cattaneo-Vietti, R., Vielmini, I., and Riggio, S. 2006. The effects of recreational *Paracentrotus lividus* fishing on distribution patterns of sea urchins at Ustica Island MPA (Western Mediterranean, Italy). Fish. Res. 81, 37-44.
- Gianguzza, P., Bonaviri, C., Milisenda, G., Barcellona, A., Agnetta, D., Vega Fernández, T., Badalamenti, F. 2010. Macroalgal assemblage type affects predation pressure on sea urchins by altering adhesion strength. Mar. Env. Res. 70, 82- 86.
- Gianguzza, P., Bonaviri, C., Prato, E., Fanelli, G., Chiantore, M., Privitera, D., Luzzu, F., Agnetta, D. 2013. Hydrodynamism and its influence on the reproductive condition of the edible sea urchin *Paracentrotus lividus*. Mar. Env. Res. 85, 29-33.
- González-Irusta, J.M., Goñi de Cerio, P. & Canteras, J.C. 2010. Reproductive cycle of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in the Cantabrian Sea (northern Spain): environmental effects. J. Mar. Biol. Ass. UK. 90 (4), 699-709.
- Grosjean, P., Spirlet, C. & Jangoux, M. 1996. Experimental study of growth in the echinoid *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) (Echinodermata). J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 201, 173-184.
- Guettaf, M., San Martín, G.A., Francour, P. 2000. Interpopulation variability of the reproductive cycle of *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) in the South-Western Mediterranean. Mar. Biol. 80, 899-907.
- Guidetti, P., Terlizzi, A., and Boero, F. 2004. Effects of the edible sea urchin, *Paracentrotus lividus*, fishery along the Apulian rocky coast (SE Italy, Mediterranean Sea). Fish. Res. 66, 287-297.
- Guidetti, P., Bussotti, S., and Boero, F., 2005. Evaluating the effects of protection on fish predators and sea urchins in shallow artificial rocky habitats: a case study in the northern Adriatic Sea. Mar. Env. Res. 59, 333-348.

- Hardman-Mountford, N.J., Hirata, T., Richardson, K.A., Aiken, J. 2008. An objective methodology for the classification of ecological pattern into biomes and provinces for the pelagic ocean. *Rem. Sens. Env.* 112, 3341–3352.
- Harvey, E.S, Cappo, M., Butler, J.J, Hall, N., Kendrick, G.A. 2007. Bait attraction affects the performance of remote underwater video stations in assessment of demersal fish community structure. *Mar Ecol Prog Ser.* 350, 245–254.
- Haya de la Sierra, D., 1990. Biología y ecología de *Paracentrotus lividus* en la zona intermareal. Tesis doctoral Universidad de Oviedo.
- Hayes, C. 2007. Vertical Distribution of Algal Species in Rock Pools in South-Eastern Australia. In: *Cross-sections: The Bruce Hall Academic Journal*. Vol 3.
- Hereu, B., Zabala, M, Linares, C. & Sala, E. 2004. Temporal and spatial variability in settlement of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in the NW Mediterranean. *Mar. Biol.* 144, 1011-1018.
- Hereu, B. 2005. Movement patterns of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in a marine reserve and an unprotected area in the NW Mediterranean. *Mar. Ecol.* 26, 54-62.
- Hereu, B., Zabala, M., Linares, C., and Sala, E. 2005. The effects of predator abundance and structural complexity on survival of juvenile sea urchins. *Mar. Biol.* 146: 293-299.
- Hereu, B., Linares, C., Sala, E., Garrabou, J., Garcia-Rubies, A., Diaz, D., Zabala, M. 2012. Multiple processes regulate long-term population dynamics of sea urchins on Mediterranean rocky reefs. *PLoS ONE* 7(5): e36901.
- Huggett, J., Griffiths, C.L., 1986. Some relationships between elevation, physicochemical variables and biota of intertidal rock pools. *Mar Ecol Prog Ser.* 29: 189-197.
- Jacinto, D. & Cruz, T. 2012. *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) attachment force and burrowing behavior in rocky shores of SW Portugal. *Zoosymposia.* 7, 231–240.
- Jacinto, D., Bulleri, F., Benedetti-Cecchi, L., and Cruz, T. 2013. Patterns of abundance, population size structure and microhabitat usage of *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) in SW Portugal and NW Italy. *Mar. Biol.* DOI 10.1007/s00227-013-2166-z.
- Jokiel, P.L. & Morrissey, J.L. 1993. Water motion on coral reefs: Evaluation of the ‘clod-card’ technique. *Mar Ecol Prog Ser* 93, 175-81.

- Jordaan, A., Crocker, J., Cheng, Y. 2011. Linkages among physical and biological properties in tidepools on the Maine Coast. *Environ. Biol. Fish.* 92, 13-23.
- Legendre, P. & L. Legendre. 1998. Numerical ecology, 2nd English edition. Elsevier Science BV, Amsterdam.
- Lemos R.T., Pires H.O. 2004. The upwelling regime off the west Portuguese coast, 1941–2000. *Int. J. Climat.* 24, 511-524.
- Lindegarth, M., Gamfeldt, L., 2005. Comparing categorical and continuous ecological analyses: effects of “wave exposure” on rocky shores. *Ecology* 85, 1346-1357.
- Lozano, J., Galera, J., Lopez, S., Turon, X., Palacin, C. & Morera, G.1995. Biological cycles and recruitment of *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) in two contrasting habitats. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 122, 179-191.
- Lowry, L F. & Pearse, J. S.1973. Abalones and sea urchins in an area inhabited by sea otters. *Mar. Biol.* 23, 213-219.
- Luckhurst B.E., Luckhurst K. 1978. Analysis of the influence of substrate variables on coral reef fish communities. *Mar Biol.* 49, 317–323.
- Maltagliati, F., Di Giuseppe, G., Barbieri, M., Castelli, A., Dini, F. 2010. Phylogeography and genetic structure of the edible sea urchin *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) inferred from the mitochondrial cytochrome b gene. *Biological Journal of the Linnean Society.* **100**, 910–923.
- Martinell, J. 1981. Actividad erosiva de *Paracentrotus lividus* (Lmk.) en el litoral gerundense. *Oecologia aquatica.* 5, 219-225.
- Martín-García, J.A. & Luque-Escalona, A. 2008. Capacidad de retorno de *Diadema antillarum* (Echinodermata: Echinoidea). *Anales Universitarios de Etología.* 2,125-131.
- Martins, G. M., Hawkins, S. J., Thompson, R. C., Jenkins, S. R. 2007. Community structure and functioning in intertidal rock pools: effects of pool size and shore height at different successional stages. *Mar Ecol Prog Ser.* 329: 43–55.
- McArdle, B.H. & Anderson, M.J. 2001. Fitting multivariate models to community data: a comment on distancebased redundancy analysis. *Ecology* 82: 290-297.
- Menconi, M., Benedetti-Cecchi, L., Cinelli, F. 1999. Spatial and temporal variability in the distribution of algae and invertebrates on rocky shores in the northwest Mediterranean. *J Exp Mar Biol Ecol.* 233, 1–23.

- Metaxas, A., Scheibling, R.E. 1993. Community structure and organization of tidepools. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 98, 187-198.
- Metaxas, A., Hunt, H.L., Scheibling, R.E. 1994. Spatial and temporal variability of macrobenthic communities in tidepools on a rocky shore in Nova Scotia, Canada. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 105, 89-103.
- Methratta, E.T. 2004. Top-down and bottom-up factors in tidepool communities. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 299, 77–96.
- Míguez- Rodríguez, L.J. 2001. Distribución especial y actividad bioerosiva de *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) (Echinodermata, Echinoidea), en la región intermareal rocosa de la costa de A Coruña (NW de España). *Nova Acta Científica Compostelana.* 11, 249-256.
- Murillo-Navarro, R. & Jiménez-Guirado, D. 2012. Relationships between algal food and gut and gonad conditions in the Mediterranean sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lam.) *Medit. Mar. Sci.* 13/2, 227-238.
- Murray, Steven N., Ambrose, Richard F., Megan N. Dethier. 2001. Methods for Performing Monitoring, Impact, and Ecological Studies on Rocky Shores. MMS OCS Study 2001-070. Coastal Research Center, Marine Science Institute, University of California, Santa Barbara, California. MMS Cooperative Agreement Number 14-35-0001-30761. 217 pages.
- Naya, I. 2007. Meta-análisis estadístico de los patrones de crecimiento del erizo *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816). DEA, Universidade da Coruña.
- Niell, F.X. & Pastor, R., 1973. Relaciones tróficas de *Paracentrotus lividus* (Lmk) en la zona litoral. *Investigación Pesquera.* 37, 1-7.
- Orensanz, J.M., Parma, A.M., Turk, T., Valero, J., 2006. Dynamics, assessment and management of exploited natural populations. In: Shumway, S., Parsons, G.J. (Eds.), *Scallops: biology, ecology and aquaculture.* *Dev Aquac Fish Sci.* 35, 765 – 868.
- Ouréns, R., Fernández, L., Freire, J. 2011. Geographic, population, and seasonal patterns in the reproductive parameters of the sea urchin *Paracentrotus lividus*. *Mar. Biol.* 158, 793 – 804.
- Ouréns, R., Flores, L., Fernández, L., Freire, J. 2013. Habitat and density-dependent growth of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in Galicia (NW Spain). *J. Sea Res.* 76, 50–60.
- Pais, A., Chessa, L. A., Serra, S., Rui, A., Meloni, G., and Donno, Y. 2007. The impact of commercial and recreational harvesting for *Paracentrotus lividus*

- on shallow rocky reef sea urchin communities in North-western Sardinia, Italy. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 73: 589-597.
- Pais, A., Serra, S., Meloni, G., Saba, S., and Ceccherelli, G. 2012. Harvesting effects on *Paracentrotus lividus* population structure: a case study from northwestern Sardinia, Italy, before and after the fishing season. *Journal of Coastal Research*, 28: 570-575.
 - Palacín, C., Giribet, G., Carner, S., Dantart, L. & Turon, X. 1998. Low densities of sea urchins influence the structure of algal assemblages in the western Mediterranean. *J. Sea Res.* 39 (3-4), 281-290.
 - Parada, J.M., Iglesias, E., Outeiral, R. & Molares, J. In press. Diameter of the base of the capitulum as a biometric variable of the goose barnacle *Pollicipes pollicipes* (Gmelin, 1789) (*Cirripedia, Lepadomorpha*). *Crustaceana*.
 - Pinna, S., Ceccherelli, G., Sechi, N. 2006. Investigating on the occurrence of *Paracentrotus lividus* in rocky and *Posidonia oceanica* habitat. In: Cambiamenti globali, diversità ecologica e sostenibilità: atti del 16. Congresso nazionale della Società Italiana di Ecologia, 19-22 settembre 2006, Viterbo-Civitavecchia, Italia.
 - Porter, E. T., Sanford, L.P., Suttles, S.E. 2000. Gypsum dissolution is not a universal integrator of "water motion." *Limnology and Oceanography*. 45,145–158.
 - Prado, P., Tomas, F., Pinna, S., Farina, S., Roca, G., Ceccherelli, G., Romero, J., Alcoverro, T. 2012. Habitat and scale shape the demographic fate of the keystone sea urchin *Paracentrotus lividus* in Mediterranean macrophyte communities. *PLoS ONE* 7(4): e35170.
 - Privitera, D., Chiantore, M., Mangialajo, L., Glavic, N., Kozul, W. & Cattaneo-Vietti, R. 2008. Inter- and intra-specific competition between *Paracentrotus lividus* and *Arbacia lixula* in resource-limited barren areas. *J. Sea Res.* 60 (3), 184-192.
 - Rubal M., Veiga P., Vieira R., Sousa-Pinto I. 2011. Seasonal patterns of tidepool macroalgal assemblages in the North of Portugal. Consistence between species and functional group approaches. *J. Sea Res.* 66, 187-194.
 - Ruitton, S., Francour, P. y Boudouresque, C.F. 2000. Relationships between algae, benthic herbivorous invertebrates and fishes in rocky sublittoral communities of a temperate sea (Mediterranean). *Est. Coast. Shelf Sci.* 50, 217-230.

- Sala, E., and Zabala, M. 1996. Fish predation and the structure of the sea urchin *Paracentrotus lividus* populations in the NW Mediterranean. Mar. Ecol. Progr. Ser. 140, 71-81.
- Sánchez-España, A.I., Martínez-Pita, I., García, F.J. 2004. Gonadal growth and reproduction in the commercial sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) (Echinodermata: Echinoidea) from southern Spain. Hydrobiol. 519, 61–72.
- Scheibling, R.E., Hennigar, A.W., Balch, T. 1999. Destructive grazing, epiphytism, and disease: the dynamics of sea urchin—kelp interactions in Nova Scotia. Can. J. Fish. Aquat. Sci./J. Can. Sci. Halieut. Aquat. 56, 2300–2314.
- Schiel, D.R. 2004. The structure and replenishment of rocky shore intertidal communities and biogeographic comparisons. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 300: 309-342.
- Schoch, G.C. & Dethier, M.N. 1996. Scaling up: the statistical linkage between organismal abundance and geomorphology on rocky intertidal shorelines. J Exp Mar Biol Ecol. 201, 37–72.
- Sellem, F. & Guillou, M. 2007. Reproductive biology of *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) in two contrasting habitats of northern Tunisia (south-east Mediterranean). J Mar Biol Ass UK. 87, 763–767.
- Shepherd, A. & Boudouresque, C.F. 1979. A preliminary note on the locomotion of the sea urchin *Paracentrotus lividus*. Travaux Scientifiques du Parc National de Port-Cros, France. 5, 155-158.
- Singh, W., Hjorleifsson, E., Stefansson, G. 2011. Robustness of fish assemblages derived from three hierarchical agglomerative clustering algorithms performed on Icelandic groundfish survey data. ICES J. Mar. Sci. 68(1), 189–200.
- Snellen, C.L., Hodum, P.J., Fernández-Juricic, E. 2007. Assessing western gull predation on purple sea urchins in the rocky intertidal using optimal foraging theory. Can. J. Zool. 85, 221-231.
- Tegner, M. J. & Dayton, P. K. 1977. Sea urchin recruitment patterns and implications of commercial fishing. Science, N.Y. 196, 324- 326.
- Tegner, M.J. & Levin, L.A. 1982. Do sea urchins and abalones compete in California kelp forest communities? In: Lawrence, J.M. (ed.). International Echinoderm Conference. A. A. Balkema, Rotterdam.
- Thompson, T. L. & Glenn, E.P. 1994. Plaster standards to measure water motion. Limnol. Oceanogr. 39, 1768–1779.

- Thompson, R. C., Crowe, T. P., & Hawkins, S. J. 2002. Rocky intertidal communities: past environmental changes, present status and predictions for the next 25 years. *Environmental conservation*, 29(2): 168–191.
- Tomas, F., Romero, J., Turon, X. 2004. Settlement and recruitment of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in two contrasting habitats in the Mediterranean. *Mar Ecol Prog Ser*, 282: 173-184.
- Tomšić, S., Conides, A., Dupčić Radić, I., Glamuzina, B. 2010. Growth, size class frequency and reproduction of purple sea urchin, *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) in Bistrina Bay (Adriatic Sea, Croatia). *Acta Adriat.* 51(1), 67 – 77.
- Turon, X., Giribet, G., López, S., Palacín, C. 1995. Growth and population structure of *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) in two contrasting habitats. *Mar Ecol Prog Ser*, 122: 193-204.
- Tuya, F. & Haroun, R. 2006. Spatial patterns and response to wave exposure of shallow water algal assemblages across the Canarian Archipelago: a multi-scaled approach. *Mar Ecol Prog Ser.* 311, 15–28.
- Tuya, F., Cisneros-Aguirre, J., Ortega-Borges, L., Haroun, R.J., 2007. Bathymetric segregation of sea urchins on reefs of the Canarian Archipelago: role of flow-induced forces. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 73, 481–488.
- Tuya, F., Wernberg, T., Thomsen, M.S. 2009. Habitat structure affect abundances of labrid fishes across temperate reefs in south-western Australia. *Environ Biol Fish.* 86, 311–319.
- Underwood, A. J. & Chapman, M.G. 1989. Experimental analyses of the influences of topography of the substratum on movements and density of an intertidal snail, *Littorina unifasciata*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 134, 175-196.
- Underwood, A.J., Chapman, M.G. 1996. Scales of spatial patterns of distribution of intertidal invertebrates. *Oecologia.* 107, 212–224.
- Underwood, A.J. & Skilleter, G.A. 1996. Effects of patch-size on the structure of assemblages in rockpools. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 197, 63–90.
- Underwood, A. J. 1997. Experiments in ecology: their logical design and interpretation using analysis of variance. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Vega-Suárez, W., Romero-Kutzner, V. 2011. Patrón de distribución espacial de *Paracentrotus lividus*. *Anales Universitarios de Etología* 5, 21–30.

- Verfaillie, E., Degraer, S., Schelfaut, K., Willems, W., Van Lancker, V. 2009. A protocol for classifying ecologically relevant marine zones, a statistical approach. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 83, 175–185.
- Verling, E., Crook, A.C., Barnes, D.K.A. 2002. Covering behaviour in *Paracentrotus lividus*: is light important? *Mar. Biol.* 140, 391-396.
- Wootton, J.T., 1995. The nature and consequences of indirect effects in ecological communities. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 25, 443-466

Páginas Web:

- FAO Fishery Information, Data and Statistics Unit www.fao.org/fi/default.asp
- Windguru para Matosinhos: <http://www.windguru.cz/pt/index.php?sc=4167>, para Viana do Castelo: http://www.windguru.cz/pt/index.php?sc=103&sty=m_menu
- Instituto Hidrográfico <http://www.hidrografico.pt/cedencia-de-dados.php>
- Direção Geral de Recursos Naturais (DGRN) http://www.dgrm.min-agricultura.pt/xportal/xmain?xpid=dgrm&xpgid=genericPageV2&conteudoDetalhe_v2=175286

Fotografias:

- ❖ Figuras 6, 7, 8 e 31: Google Maps.
- ❖ Figuras 1, 3, 4, 5, 9, 10, 11, 12, 13, 32, 33, 34, 35 e capa: fotografias originais de Pedro Ventura e Rula Domínguez