



UNIVERSIDADE DE ÉVORA

ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA



**INSTITUTO
SUPERIOR DE
AGRONOMIA**
Universidade de Lisboa

UNIVERSIDADE DE LISBOA

INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

Nuno Miguel Guerreiro Mamede

Orientação: Prof. Doutor João Castro

Coorientação: Prof. Doutora Teresa Cruz

Coorientação: David Jacinto

Mestrado em Gestão e Conservação de Recursos Naturais

Dissertação

Évora, 2014



UNIVERSIDADE DE ÉVORA

ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA



**INSTITUTO
SUPERIOR DE
AGRONOMIA**
Universidade de Lisboa

UNIVERSIDADE DE LISBOA

INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

Nuno Miguel Guerreiro Mamede

Orientação: Prof. Doutor João Castro

Coorientação: Prof. Doutora Teresa Cruz

Coorientação: David Jacinto

Mestrado em Gestão e Conservação de Recursos Naturais

Dissertação

Évora, 2014

Agradecimentos

Um muito obrigado ao João Castro e à Teresa Cruz pela orientação, conselhos e paciência, e por permitirem que realizasse este trabalho com o apoio logístico do CIEMAR.

Quero agradecer ao David Jacinto por ter sido um elemento fundamental em todas as fases deste trabalho, desde a escolha do tema ao delineamento e realização de trabalhos de campo, e por todos os incansáveis conselhos dados ao longo de tempo na orientação deste trabalho.

À Teresa Silva pelas horas de paciência enquanto *skipper* da embarcação durante os mergulhos.

Ao João Castro, à Maria João e à Joana Martins pela ajuda nos mergulhos.

Ao Miguel Pais pela ajuda na identificação de peixes observados nas filmagens realizadas.

Ao Pedro Ventura pela ideia de construir as jaulas de rede em forma de igloo.

A todos os colegas do CIEMAR que me apoiaram direta ou indiretamente neste trabalho.

Aos meus pais por todo o apoio moral e financeiro ao longo dos anos.

À Susana pelas correções do texto e por todo o apoio incondicional.

Resumo

Os ouriços-do-mar desempenham um papel-chave na estrutura das comunidades bentónicas do litoral rochoso, podendo exercer uma intensa herbivoria sobre os produtores primários. Este estudo teve como objetivo analisar o papel ecológico do ouriço-do-mar *Paracentrotus lividus* na zona subtidal rochosa da costa sudoeste de Portugal continental, tanto como predador como presa, relacionando os três níveis tróficos: predadores de *P. lividus*, *P. lividus* e comunidade de macroalgas. Para tal, foram realizados vários estudos, cujos resultados indicam que na costa alentejana: (1) *P. lividus* aparenta ter um comportamento críptico e, por esse motivo, tem um efeito pouco importante na estruturação da comunidade de macroalgas bentónicas; (2) a área marinha protegida considerada não aparenta, até à data, ter tido efeitos significativos sobre a abundância e/ou tamanho dos vários organismos estudados; e (3) as espécies de peixe *Diplodus vulgaris* e *Coris julis*, bastante abundantes na costa alentejana, poderão ser importantes predadores de *P. lividus*.

Palavras-chave: *Paracentrotus lividus*, áreas marinhas protegidas, efeitos *top-down*, herbivoria, predadores, sudoeste alentejano.

Abstract

“Ecological relationships between sea urchins and their predators and prey in the SW coast of Portugal”.

Sea urchins play a key role in structuring benthic communities of rocky shores through an intense herbivory on primary producers. This study aimed to analyze the ecological role of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in the rocky subtidal zone of the SW coast of Portugal, both as predator and prey, by relating *P. lividus* predators, *P. lividus* and the macroalgae community. To this end, several studies were conducted whose results indicate that in the Alentejo coast: (1) *P. lividus* appears to have a cryptic behavior and, therefore, does not seem to have the ability to significantly influence the structure of the benthic macroalgae community; (2) the studied marine protected area does not appear, to date, to have had significant effects on the abundance and/or size of the various studied organisms; and (3) the fish species *Diplodus vulgaris* and *Coris julis* may be important predators of *P. lividus*.

Key-words: *Paracentrotus lividus*, marine protected areas, top-down effects, herbivory, predators, SW Alentejo.

Índice

Agradecimentos	I
Resumo	II
Abstract	III
Lista de figuras	VI
Lista de tabelas	X
Lista de abreviaturas	XIII
1. Introdução	1
2. Objetivos	7
3. Métodos	9
3.1. Área de estudo	9
3.2. Populações de ouriços-do-mar e dos seus predadores e presas	11
3.2.1. Padrões de distribuição e abundância: efeito da proteção	11
3.2.2. Inquéritos a pescadores e mergulhadores da costa alentejana	16
3.3. Potencial herbívoro de <i>Paracentrotus lividus</i>	17
3.4. Predadores de <i>Paracentrotus lividus</i>	20
4. Resultados	22
4.1. Populações de ouriços-do-mar e dos seus predadores e presas	22
4.1.1. Padrões de distribuição e abundância: efeito da proteção	22
4.1.1.1. População de <i>Paracentrotus lividus</i>	22
4.1.1.2. Estrutura da comunidade	23
4.1.1.3. Topografia do substrato	28
4.1.2. Inquéritos a pescadores e mergulhadores da costa alentejana	29
4.2. Potencial herbívoro de <i>Paracentrotus lividus</i>	37
4.3. Predadores de <i>Paracentrotus lividus</i>	42
	44

5. Discussão	
5.1. Populações de ouriços-do-mar e dos seus predadores e presas	44
5.1.1. Padrões de distribuição e abundância: efeito da proteção	44
5.1.1.1. População de <i>Paracentrotus lividus</i>	44
5.1.1.2. Estrutura da comunidade	46
5.1.2. Inquéritos a pescadores e mergulhadores da costa alentejana	48
5.2. Potencial herbívoro de <i>Paracentrotus lividus</i>	51
5.3. Predadores de <i>Paracentrotus lividus</i>	54
6. Conclusões	58
7. Referências bibliográficas	60
8. Anexos	68
Anexo I	69
Anexo II	74
Anexo III	76

Lista de figuras

Figura 1: Exemplar de *Paracentrotus lividus* no substrato subtidal rochoso da costa alentejana. Fotografia tirada por Nuno Mamede.....1

Figura 2: Área de estudo. **A:** localização da área de estudo em Portugal continental; **B:** costa alentejana, onde decorreram os vários estudos deste trabalho; **C:** localização das áreas de amostragem consideradas no estudo dos padrões de distribuição e abundância. A Praia do Burrinho é uma área de proteção complementar (área com atividade pesqueira - AAP) e a Ilha do Pessegueiro é uma área de proteção parcial do tipo I (área marinha protegida - AMP). Foram aleatoriamente considerados dois locais em cada área (Norte e Sul). Coordenadas geográficas: AAP Norte - 37° 52.437'N, 8° 47.927'W; AAP Sul - 37° 52.248'N, 8° 47.788'W; AMP Norte - 37° 50.171'N, 8° 47.888'W; AMP Sul - 37° 49.677'N, 8° 47.756'W. Legenda: --- limites da área marinha do PNSACV; --- limites da área com estatuto de proteção complementar; --- limites da área com estatuto de proteção parcial do tipo I.....10

Figura 3: Quadrados de amostragem de 50x50cm colocados no substrato rochoso para a amostragem de grupos morfofuncionais de algas e de invertebrados sésseis. Cada uma das 25 quadrículas do quadrado de amostragem representa 4% de cobertura.....14

Figura 4: Tratamentos considerados nos dois fatores do estudo manipulativo sobre o potencial herbívoro de *P. lividus*: predação e herbivoria. Legenda: C – controlo; CJ – controlo à Jaula; J – jaula; “+” – com; “-” – sem. Descrição dos tratamentos: “C+” – controlo com *P. lividus*; “C-” – controlo com exclusão de *P. lividus*; “CJ+” – controlo à jaula com *P. lividus*; “CJ-” – controlo à jaula com exclusão de *P. lividus*; “J+” – jaula com *P. lividus*; “J-” – jaula com exclusão de *P. lividus*.....18

Figura 5: Alguns detalhes da logística da experiência. **A:** 12 jaulas de rede acabadas de construir. **B:** mergulhador a montar a estrutura no fundo rochoso. **C:** detalhe do interior de uma jaula parcialmente fechada. **D:** jaulas fixas ao fundo rochoso.....19

Figura 6: Jaulas de rede fixas ao fundo rochoso. **A:** jaula totalmente fechada (jaula). **B:** jaula parcialmente fechada (controlo à jaula)..... 19

Figura 7: Estrutura dimensional (diâmetro equatorial) da população de *P. lividus* na Praia do Burrinho (AAP) e na Ilha do Pessegueiro (AMP).....23

Figura 8: Ordenação de MDS referente à análise da estrutura da comunidade de macroinvertebrados de mobilidade reduzida amostrada com transectos de 20x2 m² em relação aos fatores proteção (Pr) e local (Lo), com a representação dos grupos mais correlacionados com os eixos (correlação de Pearson>0,5). Diagrama efetuado a partir da respectiva matriz de abundância de *P. lividus* e macroinvertebrados de mobilidade reduzida, com base no coeficiente de similaridade de Bray-Curtis e em dados transformados por raiz quadrada. AAP – área com atividade pesqueira (Praia do Burrinho); AMP – área marinha protegida (Ilha do Pessegueiro).....**24**

Figura 9: Ordenação de MDS referente à análise da estrutura da comunidade de peixes amostrada com transectos de 20x2 m² em relação aos fatores proteção (Pr) e local (Lo), com a representação dos grupos mais correlacionados com os eixos (correlação de Pearson>0,65). Diagrama efetuado a partir da respectiva matriz de abundância de peixes, com base no coeficiente de similaridade de Bray-Curtis e em dados transformados por raiz quadrada. Legenda: AAP – área com atividade pesqueira (Praia do Burrinho); AMP – área marinha protegida (Ilha do Pessegueiro).....**24**

Figura 10: Dendrograma (CLUSTER) referente à análise da estrutura da comunidade de peixes amostrada com transectos de 20x2 m² em relação aos fatores proteção (Pr) e local (Lo). Diagrama efetuado a partir da respectiva matriz de abundância de peixes, com base no coeficiente de similaridade de Bray-Curtis e em dados transformados por raiz quadrada. AAP – área com atividade pesqueira (Praia do Burrinho); AMP – área marinha protegida (Ilha do Pessegueiro).....**25**

Figura 11: Ordenação de MDS referente à análise da estrutura da comunidade de mariscos e peixes amostrada em frestas em relação aos fatores proteção (Pr) e local (Lo), com a representação dos grupos mais correlacionados com os eixos (correlação de Pearson>0,75). Diagrama efetuado a partir da respectiva matriz de abundância de mariscos e peixes (número médio de indivíduos por fresta), com base no coeficiente de similaridade de Bray-Curtis e em dados transformados por raiz quadrada. AAP – área com atividade pesqueira (Praia do Burrinho); AMP – área marinha protegida (Ilha do Pessegueiro).....**25**

Figura 12: Ordenação de MDS referente à análise da estrutura da comunidade de macroalgas e invertebrados sésseis conspícuos amostrada com um quadrado de 50x50 cm em relação aos fatores proteção (Pr) e local (Lo), com a representação dos grupos mais correlacionados com os eixos (correlação de Pearson>0,5). Diagrama efetuado a partir da respectiva matriz de percentagem de cobertura de macroalgas, invertebrados sésseis conspícuos e elementos abióticos, com base no coeficiente de similaridade de Bray-Curtis e em dados transformados com raiz quadrada. Legenda: AAP – área com

atividade pesqueira (Praia do Burrinho); AMP – área marinha protegida (Ilha do Pessegueiro).....26

Figura 13: Dendrograma (CLUSTER) referente à análise da estrutura da comunidade de macroalgas e invertebrados sésseis conspícuos amostrada com um quadrado de 50x50 cm em relação aos fatores proteção (Pr) e local (Lo). Diagrama efetuado a partir da respetiva matriz de percentagem de cobertura de macroalgas, invertebrados sésseis conspícuos e elementos abióticos, com base no coeficiente de similaridade de Bray-Curtis e em dados transformados por raiz quadrada. Legenda: AAP – área com atividade pesqueira (Praia do Burrinho); AMP – área marinha protegida (Ilha do Pessegueiro).....26

Figura 14: Variação do valor médio (+ erro padrão) do índice de rugosidade do substrato medido em transectos de 20x2m² em cada área com diferente regime de proteção e local (N=4). Legenda: AAP – área com atividade pesqueira (Praia do Burrinho); AMP – área marinha protegida (Ilha do Pessegueiro).....28

Figura 15: Variação dos valores médios de percentagem de cada tipo de substrato descrito nos transectos de 20x2m² em cada área com diferente regime de proteção e local (N=4). Legenda: AAP – área com atividade pesqueira (Praia do Burrinho); AMP – área marinha protegida (Ilha do Pessegueiro).....29

Figura 16: Zonas da costa alentejana onde os inquiridos referiram que capturam ouriços-do-mar. As manchas vermelhas representam locais referidos isoladamente pelos inquiridos ou a menção de uma determinada área costeira composta por vários locais. A linha a tracejado corresponde ao limite da área marinha do PNSACV.....31

Figura 17: Percentagem de respostas acerca da perceção dos inquiridos sobre a variação da abundância, do tamanho e da intensidade da apanha de ouriços-do-mar na costa alentejana desde que praticam a sua atividade pesqueira (N=42).....32

Figura 18: Zonas na costa alentejana onde os inquiridos consideram que a apanha de ouriços-do-mar é mais intensa. As manchas vermelhas representam locais referidos isoladamente pelos inquiridos ou a menção de uma determinada área costeira composta por vários locais. A linha a tracejado corresponde ao limite da área marinha do PNSACV.....33

Figura 19: Variação dos valores médios (\pm erro padrão) da percentagem cobertura de cada grupo morfofuncional de algas, amostrada por um quadrado de 50x50cm, em

cada tratamento do fator predação (controles, controles à jaula e jaulas) e do fator herbivoria (com e sem *P. lividus*), e em Tinicial (figura de cima) e Tfinal (figura de baixo).....40

Figura 20: Ordenações de MDS referentes à análise da estrutura das comunidades biológicas (macroalgas e invertebrados de mobilidade reduzida) amostradas em Tinicial (esquerda) e Tfinal (direita), em relação aos fatores predação (Pr) e herbivoria (He). Diagramas efetuados a partir das matrizes de percentagem de cobertura de macroalgas e invertebrados de mobilidade reduzida de Tinicial e Tfinal, com base no coeficiente de similaridade de Bray-Curtis e em dados transformados por raiz quadrada. Legenda: C – controles; CT – controles à jaula; J – jaulas; “+” – presença de *P. lividus*; “-” – ausência de *P. lividus*.....41

Figura 21: Representação de algumas observações realizadas durante as filmagens subaquáticas dos predadores de *P. lividus*. **A:** vários indivíduos do género *Diplodus* a circundarem os ouriços-do-mar após a colocação dos mesmos. **B:** *D. vulgaris* e tentar quebrar um exemplar de *P. lividus*. **C:** *D. vulgaris* a alimentar-se de um exemplar de *P. lividus* após ter quebrado as suas placas do esqueleto. **D:** *C. julis* a alimentar-se de um exemplar pequeno de *P. lividus* inteiro.....43

Lista de tabelas

Tabela 1: Análise de variância da abundância de *P. lividus* (N=4) amostrada em transectos de 20×2m² em relação aos fatores em estudo: proteção (Pr); local (Lo), aninhado no fator proteção. Legenda: g.l. – graus de liberdade; SQ – soma dos quadrados; MQ – média dos quadrados; n.s. – diferença não significativa (P≥0.05).....**22**

Tabela 2: Análises multivariadas de variância com permutações (PERMANOVA) da abundância de macroinvertebrados, peixes e mariscos (N=4) em relação aos fatores: proteção (Pr); local (Lo), aninhado ao fator proteção. Análises efetuadas com base no coeficiente de similaridade de Bray-Curtis. Legenda: g.l. – graus de liberdade; SQ – soma dos quadrados; MQ – média dos quadrados.....**27**

Tabela 3: Análise multivariada de variância com permutações (PERMANOVA) da percentagem de cobertura de macroalgas e invertebrados sésseis conspícuos (N=6), em relação aos fatores: proteção (Pr); local (Lo), aninhado ao fator proteção. Análise efetuada com base no coeficiente de similaridade de Bray-Curtis. Legenda: g.l. – graus de liberdade; SQ – soma dos quadrados; MQ – média dos quadrados.....**27**

Tabela 4: Análise de variância do índice de rugosidade do substrato (N=4) medido em transectos de 20×2 m² em relação aos fatores em estudo: proteção (Pr); local (Lo), aninhado no fator proteção. Legenda: g.l. – graus de liberdade; SQ – soma dos quadrados; MQ – média dos quadrados; n.s. – diferença não significativa (P≥0.05).....**28**

Tabela 5: Respostas dos inquiridos acerca da sua perceção sobre que animais são predadores de ouriços-do-mar (N=42). Muitos inquiridos deram respostas múltiplas pelo que a percentagem total das respostas ultrapassa 100%. Pergunta 15.1 do inquérito; resposta aberta (ver anexo I).....**35**

Tabela 6: Respostas dos inquiridos acerca da sua perceção sobre que animais são predadores de ouriços-do-mar (N=42). Muitos inquiridos deram respostas múltiplas pelo que a percentagem total das respostas ultrapassa 100%. Pergunta 15.2 do inquérito; resposta semifechada (ver anexo I).....**35**

Tabela 7: Taxa referidos pelos inquiridos nos quais foram encontrados vestígios de ouriços-do-mar nos conteúdos estomacais quando amanhados após captura (N=29). Muitos inquiridos deram respostas múltiplas pelo que a percentagem total das

respostas ultrapassa 100%. Pergunta 19.2 do inquérito; resposta aberta (ver anexo I).....36

Tabela 8: Análises de variância e testes SNK da percentagem de cobertura de cada grupo morfofuncional de macroalgas (filamentosas, folhosas duras, folhosas moles, encrustantes moles, encrustantes duras e cespitosas) (N=3) amostrada em quadrados de 50×50cm em Tinicial, em relação aos fatores em estudo: predação (Pr) e herbivoria (He). Legenda: g.l. - graus de liberdade; SQ - soma dos quadrados; MQ - média dos quadrados; n.s. - diferença não significativa ($P \geq 0.05$); ">" - diferença significativa ($P < 0.05$); J - jaulas; CJ - controlos à jaula; C – controlos.....38

Tabela 9: Análises de variância da percentagem de cobertura de cada grupo morfofuncional de macroalgas (filamentosas, folhosas duras, folhosas moles, encrustantes moles, encrustantes duras e cespitosas) (N=3) amostrada em quadrados de 50×50cm em Tfinal, em relação aos fatores em estudo: predação (Pr) e herbivoria (He). Legenda: g.l. - graus de liberdade; SQ - soma dos quadrados; MQ - média dos quadrados; n.s. - diferença não significativa ($P \geq 0.05$).....39

Tabela 10: Análises multivariadas de variância com permutações (PERMANOVA) da percentagem de cobertura das comunidades biológicas (macroalgas e invertebrados de mobilidade reduzida) amostradas em Tinicial e Tfinal (N=3), em relação aos fatores predação (Pr) e herbivoria (He). Análise efetuada com base no coeficiente de similaridade de Bray-Curtis. Legenda: g.l. – graus de liberdade; SQ – soma dos quadrados; MQ – média dos quadrados.....41

Tabela 11: Lista de espécies de peixes observadas nas filmagens de *P. lividus* no porto de recreio de Sines e o modo como cada uma se alimentou ou se tentou alimentar dos ouriços-do-mar disponibilizados pelos mergulhadores.....42

Tabela 12: Classes dimensionais consideradas na amostragem de peixes em transectos em faixa no estudo dos padrões de distribuição e abundância.....74

Tabela 13: Classes dimensionais consideradas na amostragem de mariscos e peixes em frestas no estudo dos padrões de distribuição e abundância.....75

Tabela 14: Valores médios de densidade (+ erro padrão) por transecto de 20×2 m² (N=4) das espécies identificadas na amostragem de *P. lividus* e outros macroinvertebrados de mobilidade reduzida em cada área com diferente regime de proteção (AAP e AMP) e em cada local (norte e sul). Legenda: AAP – área com atividade pesqueira (Praia do Burrinho); AMP – área marinha protegida (Ilha do Pessegueiro).....76

Tabela 15: Valores médios de percentagem de cobertura (\pm erro padrão) dos grupos e outros elementos identificados na amostragem de macroalgas e invertebrados sésseis conspícuos feita com um quadrado de 50x50 cm (N=6) em cada área com diferente regime de proteção (AAP e AMP) e em cada local (norte e sul). Legenda: AAP – área com atividade pesqueira (Praia do Burrinho); AMP – área marinha protegida (Ilha do Pessegueiro).....**77**

Tabela 16: Valores médios de densidade (\pm erro padrão) por transecto de 20x2 m² (N=4) dos *taxa* identificados na amostragem de peixes em transectos em faixa em cada área com diferente regime de proteção (AAP e AMP) e em cada local (norte e sul). Legenda: AAP – área com atividade pesqueira (Praia do Burrinho); AMP – área marinha protegida (Ilha do Pessegueiro).....**78**

Tabela 17: Valores médios de densidade (\pm erro padrão) por fresta (N=4) dos *taxa* identificados na amostragem de mariscos e peixes em frestas, em cada área com diferente regime de proteção (AAP e AMP) e em cada local (norte e sul). Legenda: AAP – área com atividade pesqueira (Praia do Burrinho); AMP – área marinha protegida (Ilha do Pessegueiro).....**79**

Lista de abreviaturas

AAP – área com atividade pesqueira

AMP – área marinha protegida

PNSACV – Parque Natural do Sudoeste Alentejano e Costa Vicentina

PROMAR – Programa Operacional Pesca 2007-2013

Tfinal – tempo final; final da experiência do potencial herbívoro de *Paracentrotus lividus*.

Tinicial – tempo inicial; início da experiência do potencial herbívoro de *Paracentrotus lividus*.

1. Introdução

Os ouriços-do-mar (Echinodermata: Echinoidea) desempenham um papel-chave na estrutura das comunidades bentónicas do litoral rochoso (Lawrence, 2007), podendo exercer uma intensa herbivoria sobre os produtores primários (Flukes *et al.*, 2012). O seu efeito nas comunidades varia conforme a sua densidade e o contexto ecológico onde se encontrem (Bonaviri *et al.*, 2011).

Nos habitat rochosos da costa sudoeste de Portugal continental, a espécie de ouriço-do-mar mais abundante é *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) (Mamede, 2011; observações pessoais de D. Jacinto, J. J. Castro e N. Mamede) (figura 1). É uma espécie tipicamente subtidal, distribuindo-se desde poças intertidais até 10-20 m de profundidade, sendo o limite superior de distribuição aparentemente determinado pela dessecação e o limite inferior aparenta ser definido por fatores bióticos como a predação (Boudouresque & Verlaque, 2007). Este ouriço-do-mar tem uma ampla distribuição no Mar Mediterrâneo e ao longo da costa nordeste atlântica, desde a Escócia e Irlanda até ao sul de Marrocos, incluindo os arquipélagos da Macaronésia (Boudouresque & Verlaque, 2007). É geralmente mais abundante em substratos rochosos horizontais e alimenta-se preferencialmente de algas folhosas moles e partículas orgânicas em suspensão (Gianguzza *et al.*, 2006). Em alguns locais (*e.g.* Mar Mediterrâneo), também é comum ocorrer em pradarias marinhas de *Posidonia oceanica* (Ceccherelli *et al.*, 2009).



Figura 1: Exemplar de *Paracentrotus lividus* no substrato subtidal rochoso da costa alentejana. Fotografia de Nuno Mamede.

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

Na maior parte da sua distribuição geográfica, em tempos passados ou presentes, regularmente ou pontualmente, as gónadas de *P. lividus* têm sido apreciadas como marisco e este ouriço-do-mar tem sido intensamente capturado. Hoje em dia, o consumo de *P. lividus* é principalmente limitado a França e Espanha e, em menor grau, a Itália e Grécia, embora a apanha do mesmo para exportação ocorra ou tenha ocorrido numa área muito maior (e.g. Irlanda, Portugal e Croácia). (Boudouresque & Verlaque, 2007). Na costa alentejana (Portugal), a apanha desta espécie é sobretudo feita em habitat intertidais ou subtidais pouco profundos, no âmbito de atividades de pesca lúdica que, apesar de serem feitas tradicional e intensamente em determinados períodos do ano, parecem não ter um impacto ecológico importante (Guiomar, 1997; Castro, 2004). Por outro lado, no norte de Portugal continental, a população de *P. lividus* tem sido capturada para fins comerciais na última década de forma a suplementar os mercados de regiões próximas, como Espanha, onde a forte demanda causou uma apanha excessiva e, conseqüentemente, drásticas reduções no *stock* (Bertocci *et al.*, 2014).

Esta espécie pode encontrar-se em vários tipos de micro-habitat, sendo que na zona costeira do Alentejo é comum observá-la em grande densidade escondida em abrigos, como buracos e frestas (Jacinto *et al.*, 2013). Esta situação verifica-se em indivíduos que habitam zonas pouco profundas, muito expostas ao hidrodinamismo (Witman & Dayton, 2001), que, para resistirem à força das ondas, escavam buracos circulares no substrato onde vivem temporária ou permanentemente (Alves *et al.*, 2001; Tuya *et al.*, 2007). Esse comportamento também pode ser uma resposta à predação, por fornecer refúgio contra predadores (Gianguzza *et al.*, 2010). Os seus cinco dentes da lanterna de Aristóteles são geralmente mais duros (dureza de 3-4 na escala de Mohs) do que o substrato (e.g. arenito, calcário, granito, basalto, ardósia não muito dura), sendo, por esse motivo, considerados as principais estruturas responsáveis pela escavação de buracos, seguindo-se dos seus espinhos que atuam como modificadores das paredes dos buracos (Trudgill *et al.*, 1987). O crescimento constante e rápido desses dentes (1.0 a 1.5 mm por semana) exige que os exemplares de *P. lividus* raspem o substrato de forma a corroê-los (Boudouresque & Verlaque, 2007). Desse modo, ao criarem estes micro-habitat e ao rasparem a rocha enquanto se alimentam de organismos epilíticos fotossintéticos, tornam-se importantes agentes de erosão biológica, *i.e.*, bioerosão (Boudouresque & Verlaque, 2007). Trudgill *et al.* (1987) mostraram que a taxa de bioerosão de calcário intertidal pode atingir 15 mm por ano na Irlanda.

Em elevada densidade, esta espécie de ouriço-do-mar pode reduzir drasticamente a cobertura de algas folhosas moles de fundos rochosos, de que se alimenta, e, conseqüentemente transformar grandes extensões de complexas e produtivas áreas em zonas chamadas de *urchin barrens*, dominadas por algas encrustantes duras e compostas por poucas espécies (Gago *et al.*, 2003), tendo repercussões na estrutura e no funcionamento do ecossistema (Guidetti & Dulcic,

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

2007). Os habitats com *urchin barrens* têm sido observados na maior parte da área de distribuição de *P. lividus*: Inglaterra, Portugal, noroeste do Mar Mediterrâneo, Sardenha e Malta (Boudouresque & Verlaque, 2007). Em Portugal existem dois registos da ocorrência deste tipo de fundo rochoso: um em Cascais (Gago *et al.*, 2003) e outro em Sesimbra (Saldanha, 1974). No entanto, o impacto deste ouriço-do-mar também pode ser reduzido e muito localizado, como tem sido observado na costa sudoeste de Portugal (comunicação pessoal de D. Jacinto), onde a presença de *urchin barrens* é rara ou muito localizada em torno dos seus refúgios. Neste contexto ecológico, o estudo das relações tróficas entre os ouriços-do-mar, os seus predadores e as suas presas (sobretudo algas) é fundamental para a compreensão da dinâmica das comunidades bentónicas.

A regulação de presas por predadores (efeitos *top-down*) tem sido alvo de grande foco em ecologia de ecossistemas costeiros (Jackson *et al.*, 2001). Um dos exemplos mais clássicos de efeitos *top-down* remonta ao final do século XX quando se verificou um declínio das florestas de *kelp* (*e.g. Laminaria* spp.) no Alaska (Estes *et al.*, 1998; Estes & Duggins, 2005). Depois de um acentuado declínio de lontras marinhas (*Enhydra lutris*) causado pelo aumento da predação por orcas (*Orcinus orca*) (devido a mudanças na sua dieta, provavelmente causadas pelo declínio dos stocks de peixe nesta região), verificou-se um aumento significativo da população de ouriços-do-mar que, sem o controlo predatório das lontras, levou, por sua vez, a uma diminuição abrupta das florestas de *kelp* (Estes *et al.*, 1998).

Em zonas rochosas subtidais de ambientes temperados, as relações ecológicas incluem frequentemente interações fortes entre pelo menos três níveis tróficos: predadores (*e.g.* peixes, crustáceos), herbívoros (*e.g.* ouriços-do-mar) e comunidade de macroalgas (Guidetti, 2006). No entanto, este modelo de três níveis tróficos é simplificado, visto que cada grupo trófico inclui numerosas espécies com ecologias diferentes (McClanahan, 1999). Por exemplo, a comunidade de macroalgas é maioritariamente controlada por macroinvertebrados herbívoros e estes são controlados por peixes carnívoros. No entanto, também existem peixes herbívoros (*e.g. Sarpa salpa*) e omnívoros (*e.g. Diplodus* spp.) que se alimentam de algas e podem ter um efeito importante na estruturação desta comunidade (Ruitton *et al.*, 2000). Além disso, o papel ecológico dos ouriços-do-mar como herbívoros é também reforçado pelo facto de poderem ocorrer, ao longo da sua distribuição geográfica, outros invertebrados marinhos herbívoros com os quais podem competir (Boudouresque & Verlaque, 2007).

Estudos ecológicos sugerem que a atividade pesqueira tem importantes efeitos indiretos na estrutura trófica de ecossistemas, a partir de efeitos cascata (Sala *et al.*, 1988a; Shears & Babcock, 2002). A sobre-exploração de predadores e a consequente diminuição da sua abundância podem causar surtos de ouriços-do-mar (Guidetti, 2006). Consequentemente, estes equinodermes, sem o controlo da predação, podem alterar a dinâmica de produtores primários através do consumo de algas folhosas

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

moles e ervas marinhas (Sala *et al.*, 1988a). Por outro lado, a redução da abundância de macroalgas pode afetar os predadores de ouriços-do-mar que necessitam da complexidade estrutural das algas para o seu habitat e refúgio (Bonaviri *et al.*, 2009).

Em áreas marinhas protegidas (AMP), a proibição de atividades extrativas humanas leva, normalmente, à recuperação de espécies-chave de predadores que controlam a população de ouriços-do-mar e restauram os habitat dominados por macroalgas (Bonaviri *et al.*, 2009; Clemente *et al.*, 2010; Sangil *et al.*, 2012). Deste modo, as AMP podem providenciar uma boa oportunidade para testar os efeitos *top-down* da predação e para demonstrar os impactes indiretos da pesca ao nível do ecossistema, permitindo comparar áreas com diferentes densidades de predadores (Shears & Babcock, 2002; Guidetti *et al.*, 2005). Em locais do mundo onde se verificam efeitos *top-down* entre predadores de ouriços-do-mar, ouriços-do-mar e a comunidade de algas é comum que os mesmos sejam diferentes entre áreas marinhas protegidas e áreas com atividade pesqueira (AAP). Devido à ausência de atividades extrativas humanas, normalmente espera-se que nas AMP ocorra uma maior densidade de predadores, uma menor densidade de ouriços-do-mar e, conseqüentemente, uma maior cobertura de macroalgas, comparativamente às AAP (Bonaviri *et al.*, 2009; Clemente *et al.*, 2010). Na costa alentejana (Portugal) existem áreas com diferentes estatutos de proteção (ver secção dos métodos para mais detalhes), nos quais se espera que ocorra o mesmo padrão de diferenças entre AMP e AAP descrito.

São diversos os estudos que investigaram os referidos efeitos *top-down* de *P. lividus*, sendo a sua maioria no Mar Mediterrâneo (Ruitton *et al.*, 2000; Cardona *et al.*, 2007; Guidetti & Dulcic, 2007; Bonaviri *et al.*, 2009; Giakoumi *et al.*, 2012) onde abundam os *urchin barrens*. Também no Mar Mediterrâneo foram realizados diversos estudos que analisaram estas relações tróficas, focando *P. lividus* (e por vezes *Arbacia lixula*), através da comparação de áreas com diferente regime de proteção (Sala & Zabala, 1996; Guidetti *et al.*, 2005; Guidetti, 2006; Guidetti & Sala, 2007; Ceccherelli *et al.*, 2009). Além disso, também foram investigadas estas questões com foco noutras espécies de ouriço-do-mar em climas temperados (*Evechinus chloroticus* - Shears & Babcock, 2002), subtropicais (*Diadema* aff. *antillarum* - Clemente *et al.*, 2007; Clemente *et al.*, 2009; Clemente *et al.*, 2010; Sangil *et al.*, 2012) e tropicais (*Echinometra viridis* - McClanahan, 1999; *Diadema* spp., *Echinometra mathaei* - Esclamado, 2006). Após uma pesquisa bibliográfica, não foram encontrados estudos deste tipo que tenham sido realizados em Portugal. No entanto, alguns estudos portugueses abordam o papel herbívoro dos ouriços-do-mar: Alves *et al.* (2001) estudaram as relações entre a cobertura de algas e a distribuição de ouriços-do-mar (*D. antillarum*, *A. lixula*, *Sphaerechinus granularis* e *P. lividus*) na Ilha da Madeira; e Gago *et al.* (2003) investigaram, entre outras questões, os conteúdos estomacais de *P. lividus* em Cascais.

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

Com tudo isto, é pertinente colocar a seguinte questão: sabendo-se que na costa alentejana a pesca comercial e recreativa é efetuada com regularidade, pode ser intensa, e é direcionada a espécies descritas como predadoras de ouriços-do-mar (e.g. sargos, safias, moluscos, crustáceos; Castro, 2004), por que razões não existem registos da ocorrência de *urchin barrens* causados por efeitos cascata entre predadores de *P. lividus*, *P. lividus* e macroalgas? A resposta a esta pergunta poderá estar no facto de muitos ouriços-do-mar adotarem estratégias de vida diferentes conforme o contexto ecológico em que se encontrem (Bonaviri *et al.*, 2011). Os ouriços-do-mar podem responder de modo diferente a diferentes regimes hidrodinâmicos e de pressão predatória (Bonaviri *et al.*, 2011; Jacinto *et al.*, 2013). Para responder à ampla gama de predadores, estes ouriços-do-mar exploram mecanismos físicos, químicos e comportamentais como estratégias de defesa, desenvolvendo características morfofuncionais, tais como o aumento da robustez da carapaça, o acúmulo de compostos nos seus tecidos que afastam os predadores e a presença de espinhos e apêndices em forma de mandíbula designados de pedicelários (*globiferous pedicellariae*) que podem injetar substâncias tóxicas na pele dos seus predadores (Gianguzza *et al.*, 2010). Além disso, os mecanismos comportamentais, como respostas crípticas, de fuga e de agregação também são estratégias de prevenção da predação comuns em ouriços-do-mar (Gianguzza *et al.*, 2010). Nos casos em que adotam um comportamento críptico (e.g. Boudouresque & Verlaque, 2007; Bonaviri *et al.*, 2011), em resposta à predação ou ao hidrodinamismo, estes permanecem abrigados em buracos escavados pelos mesmos ou já existentes no substrato, podendo mudar as suas fontes de alimento para presas alternativas, como microalgas, algas coralináceas encrustantes, algas à deriva e até mesmo material derivado de invertebrados (Flukes *et al.*, 2012). No sudoeste alentejano, a maioria dos exemplares desta espécie aparenta ter um comportamento críptico (Jacinto *et al.*, 2013). Desse modo, a aparente ausência de *urchin barrens* nesta costa parece estar relacionada com o referido comportamento (comunicação pessoal de D. Jacinto).

Há também que considerar que a abundância e distribuição dos ouriços-do-mar podem ser afetadas por outros fatores além da predação, como a disponibilidade larvar, fixação e recrutamento, disponibilidade de alimento, poluição, doenças, condições oceanográficas e exploração humana (Sala *et al.*, 1998a; Shears & Babcock, 2002; Clemente *et al.*, 2007). Esta última ocorre na costa alentejana (Castro, 2004). Além dos referidos fatores, o hidrodinamismo também pode ser um fator importante na estruturação das comunidades bentónicas (onde se incluem os ouriços-do-mar), tanto por efeitos diretos, pela remoção ou quebra dos organismos (e.g. Posey *et al.*, 1996), como por efeitos indiretos, visto que a ondulação e o movimento da água afetam quase todas as componentes físicas do ambiente, incluindo a luz, o oxigénio e a movimentação de sedimentos e de nutrientes (Siddon & Witman, 2003). No caso dos ouriços-do-mar, o hidrodinamismo também é conhecido por afetar, não só os seus padrões de distribuição e abundância, mas também o seu recrutamento,

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

comportamento e intensidade predatória. Por fim, é importante referir que a rugosidade do substrato também pode ser um fator determinante dos padrões de distribuição de ouriços-do-mar (Jacinto *et al.*, 2013) e pode afetar a intensidade predatória sobre os mesmos, uma vez que proporciona refúgios e os protege dos predadores (*e.g.* Clemente *et al.*, 2013). Com isto, é necessário ter uma interpretação crítica dos processos que possam afetar a abundância e distribuição dos ouriços-do-mar e da comunidade onde se inserem.

2. Objetivos

Este estudo teve como objetivo geral compreender o papel ecológico do ouriço-do-mar *P. lividus* na zona subtidal rochosa da costa sudoeste de Portugal continental, tendo sido estudados padrões e processos relacionados com o papel ecológico desta espécie. Os objetivos específicos deste trabalho têm em conta o papel desta espécie tanto como presa, assim como predador (herbívoro), relacionando os três níveis tróficos: a população de *P. lividus*, os seus predadores - peixes e mariscos - e as suas presas - comunidade de macroalgas.

Desta forma, este estudo divide-se nas três partes seguintes:

(1) Populações de ouriços-do-mar e dos seus predadores e presas.

Esta parte subdivide-se em dois estudos: (1.1) padrões de distribuição e abundância: efeito da proteção, e (1.2) inquéritos a pescadores e mergulhadores da costa alentejana.

(1.1) Padrões de distribuição e abundância: efeito da proteção

Este foi um estudo observacional não destrutivo dos padrões de distribuição e abundância das comunidades de ouriços-do-mar e dos seus predadores e presas na zona subtidal rochosa, comparando áreas com diferente regime de proteção: uma área marinha protegida (AMP) e uma área com atividade pesqueira (AAP). Nos resultados do presente estudo espera-se que ocorram diferenças significativas entre a AMP e a AAP consideradas, não só ao nível da população de *P. lividus*, como ao nível das comunidades de predadores (peixes e mariscos) e presas (macroalgas). Com base no que ocorre noutros locais do mundo onde se verificam efeitos *top-down* entre estes grupos de organismos (descrito na secção anterior), o padrão de diferenças esperado entre áreas com diferente regime de proteção é o seguinte: maior abundância de predadores na AMP; maior abundância de *P. lividus* na AAP; maior cobertura de macroalgas folhosas na AMP. Dessa forma, a primeira hipótese biológica é testada neste estudo e é a seguinte: “existem diferenças significativas nas comunidades biológicas entre a AMP e a AAP, ocorrendo um padrão de diferenças oposto em cada um dos três níveis tróficos”.

(1.2) Inquéritos a pescadores e mergulhadores da costa alentejana.

Estudo da perceção humana sobre a apanha e abundância de ouriços-do-mar na costa alentejana, das cadeias tróficas e do papel ecológico dos ouriços-do-mar, e dos efeitos diretos e indiretos da pesca e das AMP.

(2) Potencial herbívoro de *Paracentrotus lividus*.

As causas responsáveis pelo presumido comportamento passivo de *P. lividus* como herbívoro na costa alentejana ainda não são óbvias. No entanto, o mesmo pode ser devido a vários fatores, como a predação e o hidrodinamismo.

Este estudo teve como objetivos avaliar o papel de *P. lividus* como herbívoro sobre a comunidade de macroalgas e em como este é influenciado pela predação sobre *P. lividus*. Este último serviu para compreender se a presença de predadores é responsável pelo presumido comportamento críptico de *P. lividus* e se, na sua ausência, este ouriço-do-mar tem um papel mais ativo como herbívoro. Dessa forma, a segunda hipótese biológica é testada neste estudo e é a seguinte: “o comportamento herbívoro de *P. lividus* é influenciado pela sua exposição à predação, sendo que, quando fica livre da mesma, adquire um papel mais ativo como herbívoro em vez de um comportamento críptico que adota na presença de predadores”.

Este estudo consistiu numa experiência manipulativa *in situ* no habitat subtidal rochoso onde é manipulada a presença/ausência de *P. lividus* (herbivoria) e a presença/ausência de predação (exclusão de predadores). Espera-se que, nos tratamentos onde é excluída a predação, ocorra uma redução da cobertura de macroalgas folhosas moles pelos ouriços-do-mar. Por outro lado, nos tratamentos em que os ouriços-do-mar estão expostos aos predadores espera-se que a percentagem de cobertura dessas algas se mantenha constante ou aumente ao longo do tempo.

(3) Predadores de *Paracentrotus lividus*.

Esta última parte consistiu num estudo descritivo observacional a partir de filmagens subaquáticas, com o objetivo de descrever quais são os principais predadores de *P. lividus* e o modo como se alimentam desta espécie. Para tal, foram disponibilizados aos predadores exemplares de *P. lividus* divididos em várias classes dimensionais.

3. Métodos

Com a exceção dos inquéritos, a maioria dos trabalhos de campo foram realizados através de mergulho com escafandro autónomo com uma equipa que variou entre 2 a 6 pessoas, tendo sido realizados em zonas de substrato rochoso da costa sudoeste de Portugal continental. Na maior parte dos casos, foram utilizadas técnicas de amostragem não destrutiva. Algumas experiências implicaram a manipulação de ouriços-do-mar mas foram realizadas de modo a causar o mínimo impacto possível no ecossistema.

Este projeto foi realizado com o apoio logístico do Laboratório de Ciências do Mar da Universidade de Évora (CIEMAR) e do Centro de Oceanografia, e foi integrado no projeto “Estudos científicos para a proteção marinha na costa alentejana - PROTECT”, cofinanciado pelo Programa Operacional Pesca 2007-2013 (PROMAR).

3.1. Área de estudo

A maioria dos estudos deste trabalho foi realizada na costa do sudoeste alentejano, inserida no Parque Natural do Sudoeste Alentejano e Costa Vicentina (PNSACV) (figura 2). Alguns inquéritos foram realizados em locais adjacentes ao PNSACV, nomeadamente no Cabo de Sines e em Vale Marim, e o estudo sobre os predadores de *P. lividus* foi realizado no porto de recreio de Sines.

Na costa alentejana, são predominantes os substratos rochosos onde podem ser encontrados exemplares de *P. lividus* ao longo de toda a sua extensão. Esta costa tem uma orientação norte-sul e é, desse modo, exposta à ondulação dominante de noroeste. O clima nesta região é mediterrânico, com uma forte influência marítima. Aqui, assim como ao longo de toda a costa atlântica da Europa, ocorre um regime semidiurno de marés simétricas, *i.e.*, verificam-se, em cada dia lunar, duas marés altas e duas marés baixas (Marta-Almeida & Dubert, 2006), atingindo uma amplitude máxima de 3.5-4 m durante as marés de primavera (Araújo *et al.*, 2005).

O PNSACV localiza-se na zona litoral do sudoeste de Portugal continental e estende-se desde a ribeira da Junqueira, em São Torpes, até à praia de Burgau, no Algarve, totalizando cerca de 130 km de costa com uma faixa marítima de 2 km de largura, e compreendendo territórios nos concelhos de Aljezur, de Odemira, de Sines e de Vila do Bispo. O PNSACV tem uma extensa zona costeira alcantilada e arenosa, com cerca de 60 567 ha de área terrestre e 28 858 ha de área marítima e possui uma grande diversidade paisagística e ecológica, apresentando uma linha de costa caracterizada, genericamente, por arribas elevadas, cortadas por barrancos profundos, pequenas praias, ribeiras e linhas de águas temporárias, estuários e sapais que albergam uma grande diversidade de habitat (Resolução do Conselho de Ministros n.º 11-B/2011, de 4 de fevereiro).

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

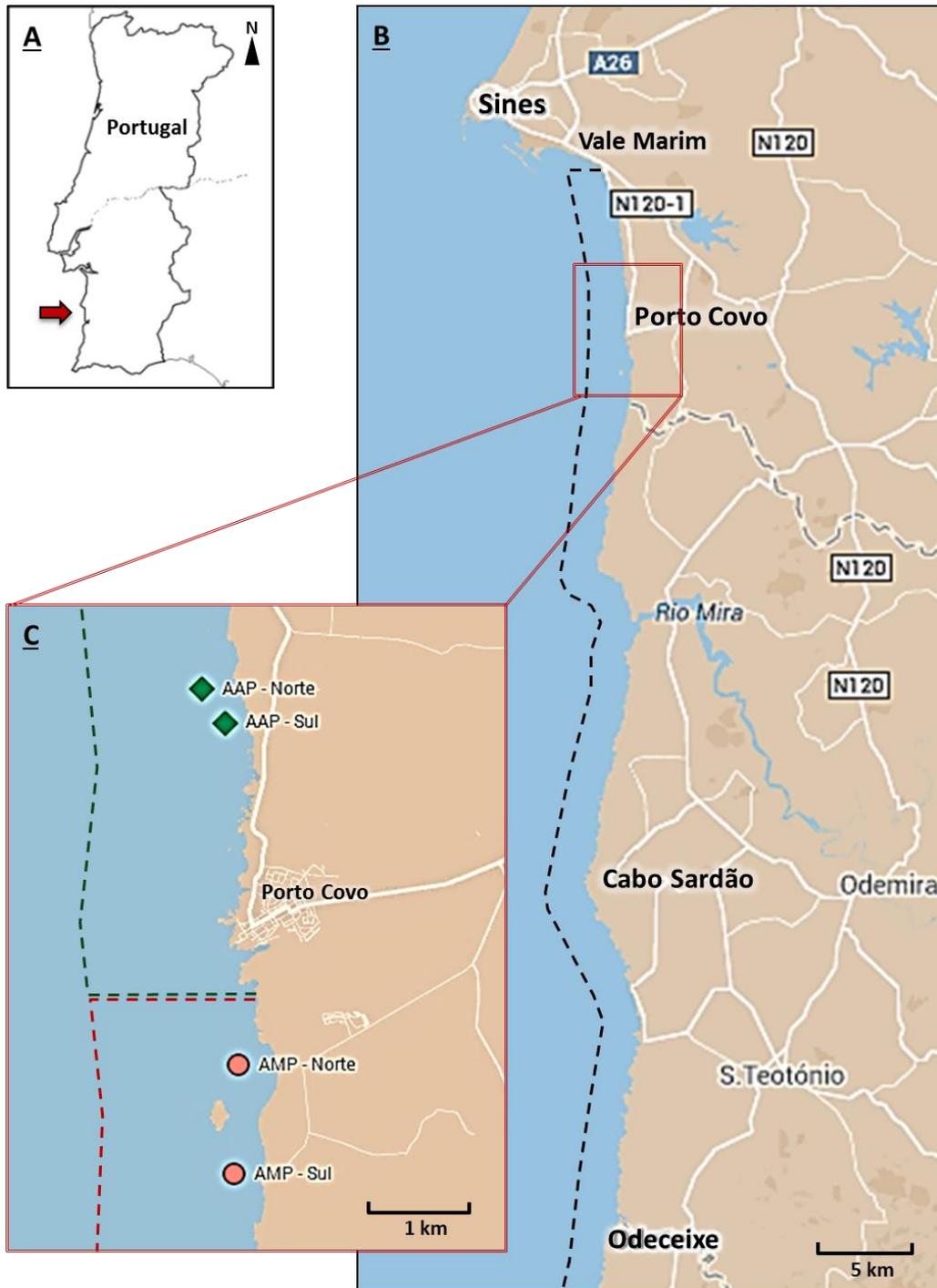


Figura 2: Área de estudo. **A:** localização da área de estudo em Portugal continental; **B:** costa alentejana, onde decorreram os vários estudos deste trabalho; **C:** localização das áreas de amostragem consideradas no estudo dos padrões de distribuição e abundância. A Praia do Burrinho é uma área de proteção complementar (área com atividade pesqueira - AAP) e a Ilha do Pessegueiro é uma área de proteção parcial do tipo I (área marinha protegida - AMP). Foram aleatoriamente considerados dois locais em cada área (Norte e Sul). Coordenadas geográficas: AAP Norte - 37° 52.437'N, 8° 47.927'W; AAP Sul - 37° 52.248'N, 8° 47.788'W; AMP Norte - 37° 50.171'N, 8° 47.888'W; AMP Sul - 37° 49.677'N, 8° 47.756'W. Legenda: --- limites da área marinha do PNSACV; --- limites da área com estatuto de proteção complementar; --- limites da área com estatuto de proteção parcial do tipo I.

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

Em 2011 foram criadas áreas com diferentes regimes de proteção na parte fluvial e marinha do PNSACV, definidas como: áreas de proteção total, áreas de proteção parcial do tipo I, áreas de proteção parcial do tipo II e áreas de proteção complementar (Resolução do Conselho de Ministros n.º 11-B/2011, de 4 de fevereiro). No âmbito deste trabalho é importante destacar as áreas de proteção parcial do tipo I e as áreas de proteção complementar. Nas primeiras são proibidas quaisquer atividades extrativas humanas (excetuando a apanha comercial do percebe nas arribas da costa), nas quais estão incluídas, entre outras, as áreas envolventes da Ilha do Pessegueiro. Nas segundas, a pesca recreativa e comercial é permitida com algumas restrições, sendo interditos os atos e atividades listadas no artigo 59º do regulamento do Plano de ordenamento deste parque natural (Resolução do Conselho de Ministros n.º 11-B/2011, de 4 de fevereiro) (e.g. segundo a alínea o) do n.º 1 deste artigo, é interdita, no PNSACV, a pesca comercial por arte de arrasto, nomeadamente a ganchorra e o arrasto de fundo).

3.2. Populações de ouriços-do-mar e dos seus predadores e presas

3.2.1. Padrões de distribuição e abundância: efeito da proteção

Esta fase do projeto consistiu num estudo de observação dos padrões de distribuição e abundância das populações de *P. lividus* e dos seus predadores (invertebrados e peixes) e presas (comunidade de macroalgas). Este estudo foi efetuado com recurso a mergulho com escafandro autónomo entre 7.5 e 11.7 m de profundidade (ajustada ao Zero Hidrográfico). Os trabalhos de amostragem foram sobretudo de observação não destrutiva, tendo sido possível, em todas as situações, a identificação taxonómica dos organismos *in situ*.

O estudo teve como base a comparação de diferentes grupos de organismos entre uma área com regime de proteção parcial do tipo I – Ilha do Pessegueiro – e uma área com regime de proteção complementar – Praia do Burrinho (fator proteção; fixo e ortogonal). Ao longo deste trabalho, a Ilha do Pessegueiro será designada de área marinha protegida (AMP) e a Praia do Burrinho de área com atividade pesqueira (AAP). Em cada referida área foram considerados aleatoriamente dois locais de amostragem, um localizado a norte e outro a sul, separados entre si por algumas centenas de metros: 404 m na AAP e 938 m na AMP (fator local; aleatório e aninhado no fator proteção). A localização das áreas e locais de amostragem estão representadas na figura 2C. O número de réplicas (N) variou consoante o grupo de organismos estudados: *P. lividus* e outros macroinvertebrados de mobilidade reduzida (N=4), predadores de *P. lividus* - peixes e mariscos (N=4) - e macroalgas (N=6).

P. lividus e outros macroinvertebrados de mobilidade reduzida

Para a amostragem do ouriço-do-mar *P. lividus*, foram identificados e contados todos os indivíduos desta espécie ao longo de um transecto em faixa (Bakus, 2006), com 20 m de comprimento e 2 m de largura, definido por uma fita métrica colocada no fundo rochoso. Além disso, foi registado o tamanho (cuja variável foi o diâmetro equatorial medido com uma craveira, sendo utilizada a precisão de 1 mm) dos primeiros 25 indivíduos observados em cada réplica, assim como o micro-habitat onde se encontravam (buraco, fresta ou livre). Na mesma unidade de amostragem foram contabilizadas outras espécies de macroinvertebrados de mobilidade reduzida que coexistem com *P. lividus*, tais como equinodermes (outras espécies de ouriço-do-mar, estrelas-do-mar, holotúrias, ofiurídeos) e moluscos gastrópodes. Na amostragem destes organismos, foram contabilizados apenas os indivíduos mais conspícuos (>1cm), tendo sido evitados frestas, buracos e paredes verticais. O número de réplicas foi de quatro em cada local.

Predadores de *P. lividus*

Na área de estudo, alguns dos potenciais predadores de *P. lividus* são peixes (e.g. *Diplodus* spp., *Balistes capriscus*, *Coris julis*), equinodermes (estrelas-do-mar; e.g. *Marthasterias glacialis*), crustáceos (e.g. *Necora puber*), moluscos cefalópodes (*Octopus vulgaris*) e, possivelmente, alguns moluscos gastrópodes (e.g. *Charonia lampas*) (Boudouresque & Verlaque, 2007).

Para estudar estes organismos, foram realizadas duas amostragens diferentes: uma para avaliar a abundância de peixes ao longo de transectos em faixa; e outra para estudar a abundância de mariscos e peixes presentes em frestas.

Na primeira, os peixes foram amostrados em transectos em faixa com 20 m de comprimento e 2 m de largura (Bakus, 2006). Ao longo de cada transecto foram identificados (até ao nível taxonómico mais baixo possível) e contados todos os peixes crípticos e não crípticos observados, tendo sido estimada visualmente a dimensão de cada peixe observado, classificando-o em pequeno, médio ou grande. Os limites das classes dimensionais variaram consoante o *taxon* identificado (tabela 12 no anexo II). No caso das espécies em que está definido um tamanho mínimo (Tm) para a pesca (comercial e lúdica), as classes dimensionais foram as seguintes: pequeno - com dimensão inferior a Tm; médio - com dimensão igual ou maior que Tm e menor que 2Tm; grande - com dimensão igual ou maior que 2Tm. No caso das espécies em que não está definido um tamanho mínimo para a pesca, foi considerado o seu tamanho máximo (TM) e as classes dimensionais foram as seguintes: pequeno - com dimensão inferior a TM/3; médio - com dimensão igual ou maior que TM/3 e menor que 2(TM/3); grande - com dimensão igual ou maior que 2(TM/3). Em cada local foram aleatoriamente amostradas quatro réplicas.

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

Na segunda, a amostragem de mariscos e peixes foi realizada em frestas de fundos rochosos, com o auxílio de uma lanterna. Foram procuradas as seguintes espécies que podem ocorrer neste habitat, e são potenciais predadores de ouriços-do-mar e/ou exploradas pela pesca: os crustáceos decápodes *Homarus gammarus*, *Necora puber*, *Maja brachydactyla*, *Palinurus elephas* e *Scyllarus arctus*; os moluscos cefalópodes *Octopus vulgaris* e *Sepia officinalis*; e os peixes *Conger conger* e *Muraena helena*. Em cada réplica foram amostradas 10 a 11 frestas, aleatoriamente escolhidas numa área cuja dimensão não foi determinada e variou consoante a abundância e distribuição das frestas encontradas (a amostragem de cada réplica terminou quando o número de 10 a 11 frestas foi atingido). As frestas amostradas têm condições físicas consideradas normais para o refúgio, durante o dia, dos referidos crustáceos e moluscos, e dos peixes *C. conger* e *M. helena*, que se traduzem na posse de luminosidade reduzida ou inferior à que ocorre fora da fresta, e de uma altura máxima geralmente inferior a 50 cm. Cada fresta amostrada possuía um tamanho que permite albergar um ou mais indivíduos de uma ou mais das espécies de marisco procuradas e dos peixes *C. conger* e *M. helena*, sendo o seu comprimento (dimensão maior da abertura) geralmente inferior a 2 m e a altura máxima geralmente inferior a 50 cm. Em cada fresta foram identificados (até à espécie, sempre que possível) e contados os exemplares de mariscos e peixes observados, distinguindo visualmente os indivíduos em três classes dimensionais (pequenos, médios e grandes) segundo os mencionados critérios utilizados na amostragem de peixes em transectos em faixa (tabela 13 no anexo II). Em cada local foram aleatoriamente amostradas quatro réplicas.

Macroalgas

A estimativa da percentagem de cobertura de macroalgas e invertebrados sésseis conspícuos (como esponjas e ascídias) foi efetuada com recurso a um quadrado de 50x50 cm (figura 3). Este quadrado está dividido em 25 quadrículas iguais, representando cada uma 4% da área total do quadrado. Em cada quadrícula foi atribuído um valor de percentagem de cobertura entre 0-4 para cada grupo ou *taxon*. A percentagem de cobertura total por quadrado de cada grupo/*taxon* foi então estimada pelo somatório desse valor. No caso dos grupos/*taxa* cuja área total ocupou menos de ¼ de uma quadrícula foi atribuído o valor arbitrário de <1% à respetiva percentagem de cobertura. Para a utilização deste método foram escolhidas aleatoriamente seis réplicas em cada local de amostragem, sempre em superfícies horizontais, tendo-se evitado superfícies demasiado rugosas, com frestas ou presença de areia.

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

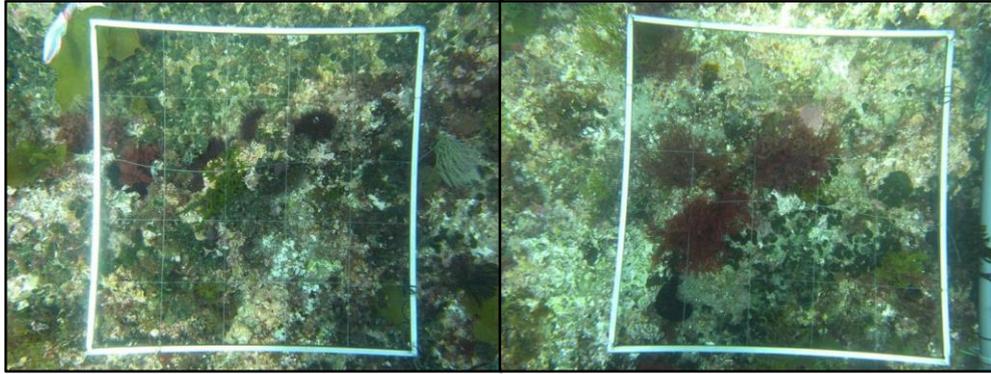


Figura 3: Quadrados de amostragem de 50x50cm colocados no substrato rochoso para a amostragem de grupos morfofuncionais de algas e de invertebrados sésseis. Cada uma das 25 quadrículas do quadrado de amostragem representa 4% de cobertura.

As macroalgas foram amostradas com base em grupos morfofuncionais: algas filamentosas (*e.g. Cladophora spp., Rhodothamniella spp., Polysiphonia spp.*), folhosas moles (*e.g. Asparagopsis armata, Dictyota dichotoma, Sphaerococcus coronopifolius, Plocamium cartilagineum*), folhosas duras (*Corallina spp., Jania rubens*), encrustantes duras (*Lithothamnia, Mesophyllum lichenoides, Peyssonnelia*), encrustantes moles (*Codium adhaerens*) e cespitosas (*e.g. Ceramium spp.*). Estas últimas são geralmente de pequenas dimensões, tendem a formar tapetes densos e abrangem uma ou várias espécies de algas epilíticas e epífitas (Hackney *et al.*, 1989). Os grupos morfofuncionais considerados foram adaptados de diversos estudos (*e.g. Steneck & Watling, 1982; Littler & Littler, 1984; Steneck & Dethier, 1994; Figueiredo et al., 2004; Villamor & Becerro, 2010*) e são amplamente utilizados, correspondendo significativamente a características ecológicas específicas (Littler & Littler, 1984).

Os invertebrados sésseis conspícuos foram identificados em grandes grupos taxonómicos: Annelida, Anthozoa, Ascidiacea, Cirripedia, Echinodermata, Hydrozoa e Porifera.

Além das macroalgas e invertebrados sésseis, foi também contabilizada a percentagem de cobertura de elementos abióticos, nomeadamente a rocha livre, detritos e a areia. A rocha livre é definida como uma superfície rochosa sem organismos macroepibentónicos. Foram chamados de detritos a sedimentos muito finos depositados sobre o substrato ou sobre os organismos que são facilmente removidos com a agitação da água. A areia, por outro lado, neste estudo foi associada aos sedimentos mais grosseiros que os detritos, que não são facilmente removidos com a agitação da água.

Topografia do substrato

As variáveis abióticas referentes às características físicas do substrato foram medidas na mesma linha de transecto com 20m de comprimento utilizada para amostrar *P. lividus* e macroinvertebrados de mobilidade reduzida.

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

Em cada transecto foi descrito o tipo de substrato e estimada a rugosidade do mesmo. A descrição do substrato consistiu no registo da extensão do tipo de fundo dominante, sendo considerados as seguintes categorias: plataforma rochosa, rochas soltas com mais de 1 m de comprimento, rochas soltas com menos de 1 m de comprimento, cascalho e areia. A rugosidade do substrato foi estimada com base no método *chain-and-tape* (Risk, 1972), cujo valor de índice é calculado pela razão entre a distância linear entre o ponto inicial e final de uma corrente moldada ao substrato (cujo valor é inferior ou igual ao do comprimento do transecto) e o comprimento do transecto (valor fixo). O valor do respetivo índice de rugosidade do substrato varia entre 0 e 1, sendo que quanto mais próximo o valor de for de zero, mais irregular é a superfície. O número de réplicas foi de quatro.

Análise de dados

Os dados da densidade de *P. lividus* e do índice de rugosidade do substrato foram analisados com análises de variância (ANOVA), segundo Underwood (1997), a partir do *software* GMAV5 for Windows (Institute of Marine Ecology, University of Sydney). A homogeneidade das variâncias foi testada com o teste de Cochran e os dados foram transformados sempre que necessário. Além disso, foram realizados testes de comparação múltipla de médias de Student-Newman-Keuls (SNK) sempre que apropriado, com base em Underwood (1997). O delineamento utilizado foi o seguinte: fator proteção (fixo, ortogonal e com dois níveis - AMP e AAP) e fator local (aleatório, aninhado ao fator proteção, com dois níveis).

Para verificar se existiam diferenças ao nível da comunidade entre as áreas com diferente regime de proteção os dados biológicos deste estudo foram analisados por técnicas de análise multivariada baseadas em Clarke & Warwick (2001) e Anderson *et al.* (2008), a partir do *software* Primer 6 + PERMANOVA (Clarke & Gorley, 2006). A partir da matriz de dados brutos de cada grupo de *taxa* (macroinvertebrados, peixes, mariscos e macroalgas), os dados foram transformados com raiz quadrada e foram calculadas as respetivas matrizes de similaridade com base no coeficiente de Bray-Curtis (Bray & Curtis, 1957). Com base nessas matrizes de similaridade, foi utilizada a técnica de ordenação multidimensional no espaço (MDS) para observar, num gráfico em 2D, os padrões de estrutura das comunidades relativamente aos fatores em estudo: proteção (fixo, ortogonal e com dois níveis - AMP e AAP) e local (aleatório, aninhado no fator proteção, com dois níveis). Além disso, para os casos em que o valor de *stress* do MDS era razoável, foi também realizada uma técnica de classificação - dendrograma (CLUSTER). Nesses casos é aconselhável a interpretação conjunta do gráfico de MDS e do dendrograma (Clarke & Warwick, 2001). De modo a verificar se existiam efeitos significativos nestes fatores, foi realizada uma análise multivariada de variância com permutações – PERMANOVA (Anderson, 2001). Por fim, para auxiliar na interpretação destes resultados foi também realizado o teste complementar

PERMDISP, com base na mesma matriz de similaridade (Anderson, 2006). Este teste analisa a homogeneidade das dispersões multivariados dentro de cada grupo e serve para compreender se as diferenças significativas observadas na PERMANOVA são devidas à dissimilaridade entre grupos ou à variação da dispersão dentro dos mesmos.

3.2.2. Inquéritos a pescadores e mergulhadores da costa alentejana

Entre os meses de abril e novembro de 2013 foram realizados inquéritos individuais a vários grupos de pessoas que, direta ou indiretamente, lidam com os ouriços-do-mar: pescadores lúdicos (N=35) e comerciais (N=6), e um mergulhador recreativo. A maioria dos pescadores lúdicos foi inquirida aleatoriamente no local de atividade (antes, durante ou depois da mesma), na área geográfica compreendida entre o Cabo de Sines (37° 57'N, 8° 53'O) e o Cabo Sardão (37° 36'N, 8° 48'O), compreendendo cerca de 45 km de costa. Os pescadores comerciais foram abordados aleatoriamente no porto de pesca de Sines e apenas duas pessoas foram inquiridas em local e hora marcados – um mergulhador recreativo e um pescador lúdico (pescador submarino).

O questionário (anexo I) divide-se em quatro partes:

- (A) Padrão de atividade, captura e abundância de ouriços-do-mar** - atividades exercidas, em que locais, há quanto tempo e com que frequência; se capturam ouriços-do-mar e para que fim o realizam; noção da variação da abundância, tamanho e captura dos ouriços-do-mar; locais onde a apanha é mais intensa; alturas do ano em que a apanha é mais intensa;
- (B) Biologia e ecologia de ouriços-do-mar** - perceção acerca das cadeias tróficas e do papel ecológico dos ouriços-do-mar na costa alentejana; conhecimento de *urchin barrens* e da sua existência nalgum local; conhecimento de quais os predadores e presas dos ouriços-do-mar;
- (C) Efeitos diretos e indiretos da pesca e o papel das áreas marinhas protegidas** - noção de que as áreas protegidas protegem as comunidades de efeitos diretos e efeitos indiretos da pesca;
- (D) Dados pessoais** (sexo, idade, naturalidade e residência).

A maior parte das questões colocadas foi de resposta semifechada e aberta, sendo algumas de resposta fechada. O inquérito foi acompanhado por dois mapas que serviram para auxiliar a resposta dos inquiridos nos casos em que era necessário assinalar locais específicos (perguntas 4, 5, 11, 18.2 e 21.1). Cada inquérito teve a uma duração aproximada de 15 minutos.

Os dados recolhidos nos inquéritos foram analisados de forma descritiva, tendo sido calculada a percentagem de cada resposta ou grupo de respostas.

3.3. Potencial herbívoro de *Paracentrotus lividus*

De modo a avaliar o papel de *P. lividus* como herbívoro sobre a comunidade de macroalgas e em como este era influenciado pela predação sobre *P. lividus*, foi realizada uma experiência manipulativa *in situ* com jaulas de rede fixas ao substrato subtidal rochoso, cujo delineamento permitiu manipular a presença/ausência de ouriços-do-mar e a presença/ausência de predadores de *P. lividus*. Esta experiência foi efetuada com recurso a mergulho com escafandro autónomo entre 2.8 e 3.4 m de profundidade (ajustada ao Zero Hidrográfico), numa área perto da Praia do Burrinho, nas coordenadas coincidentes com um dos pontos de amostragem do estudo dos padrões de distribuição e abundância: “AAP - Norte” (37° 52.437'N, 8° 47.927'W) (figura 2).

Delineamento e execução da experiência

No delineamento desta experiência foram considerados dois fatores: um fator relativo à presença/ausência da predação sobre *P. lividus* – fator predação – e outro relativo à presença/ausência de *P. lividus* – fator herbivoria (figura 4). O fator predação é ortogonal e fixo, tendo sido considerados três níveis: jaulas (J), que correspondem à colocação de jaulas de rede fechadas que excluem grande parte da predação sobre *P. lividus* (sobretudo de indivíduos que não são pequenos, atendendo a que a malha quadrada da rede das jaulas tinha 2 cm de largura; ver a seguir), assim como a macroherbivoria de algas por outros animais; controlos à jaula (CJ), que incluem a colocação de jaulas de rede parcialmente fechadas, que permitem a entrada e saída de predadores de ouriços-do-mar e de algas, e permitem verificar se existem efeitos da manipulação sobre o sistema; e controlos (C), que correspondem a áreas marcadas sem jaula, onde pode ocorrer predação de *P. lividus* e de algas. O fator herbivoria é ortogonal e fixo e tem dois níveis: tratamento com *P. lividus* (+), onde são mantidos os ouriços-do-mar desta espécie que estão presentes no substrato (cerca de 3 exemplares por réplica); e tratamento sem *P. lividus* (-), onde são removidos todos os ouriços-do-mar presentes.

Foram realizados mergulhos prévios de prospeção da zona de forma a encontrar uma área adequada para a execução da experiência, a uma profundidade onde *P. lividus* ocorre com maior abundância (± 3 m). As jaulas foram colocadas aleatoriamente em zonas de substrato horizontal que contivessem pelo menos 3 exemplares de *P. lividus*. Foi mantida alguma distância entre as réplicas, que variou entre 0.5 e 18.5 m (figura 5).

As jaulas foram construídas em forma de igloo, com cerca de 50 cm de altura e 2500 cm² de área de base (figuras 5 e 6). A estrutura da jaula foi construída com tubos de policloreto de polivinila (PVC) de 20mm de diâmetro, unidos por assessórios de PVC, tais como joelhos a 90° e uniões em T, e colados com cola própria para PVC. A

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

estrutura foi então forrada exteriormente por rede plástica verde com malha quadrada de 20 mm de largura, que foi fixa à mesma com abraçadeiras plásticas e cosida com linha de *nylon*. No caso dos tratamentos com jaula, as estruturas de PVC foram forradas totalmente com rede e, no caso dos controlos à jaula, a estrutura foi fechada parcialmente, de modo a permitir a entrada e saída de predadores (figura 6). As jaulas foram, então, fixadas ao substrato através de abraçadeiras plásticas, atravessando o canto de cada jaula e camarões fixos no substrato. Os camarões foram aparafusados em buracos, com buchas, previamente feitos na rocha com um berbequim pneumático. Tal berbequim foi adaptado para uso subaquático, tendo sido acoplado a um regulador e garrafa de ar comprimido de mergulho autónomo (PACOLE ADR 4201; 3/8"; 1800 rpm). Cada jaula foi devidamente etiquetada. Cada controlo consistiu numa área marcada com dois camarões fixos ao substrato, correspondendo estes aos cantos opostos de um hipotético quadrado com área de base igual à das jaulas. Num dos camarões foi colocada uma fita sinalizadora, de forma a ser facilmente localizado, e uma etiqueta.

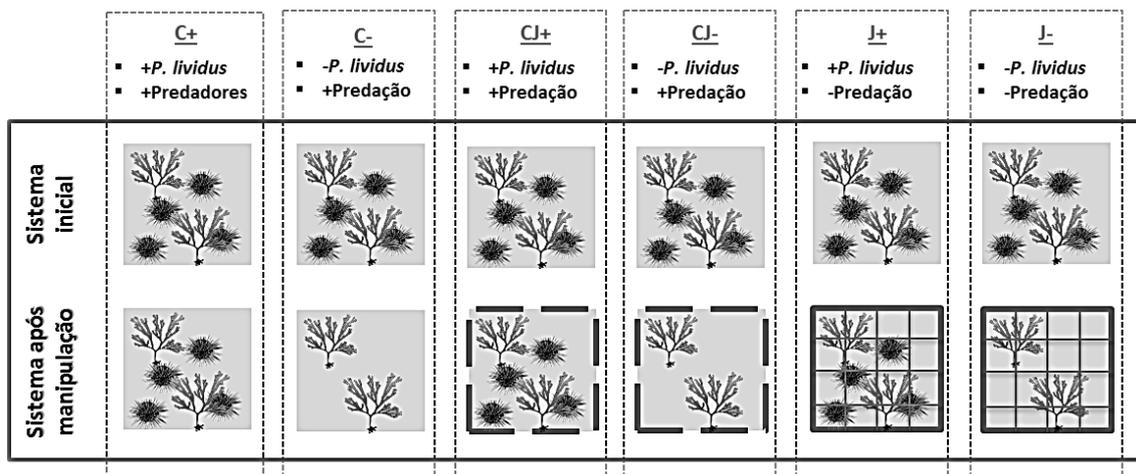


Figura 4: Tratamentos considerados nos dois fatores do estudo manipulativo sobre o potencial herbívoro de *P. lividus*: predação e herbivoria. Legenda: C – controlo; CJ – controlo à Jaula; J – jaula; “+” – com; “-” – sem. Descrição dos tratamentos: “C+” – controlo com *P. lividus*; “C-” – controlo com exclusão de *P. lividus*; “CJ+” – controlo à jaula com *P. lividus*; “CJ-” – controlo à jaula com exclusão de *P. lividus*; “J+” – jaula com *P. lividus*; “J-” – jaula com exclusão de *P. lividus*.

De forma a identificar variações da percentagem de cobertura de macroalgas entre tratamentos, foram realizadas amostragens em duas datas diferentes: uma após a colocação das jaulas no fundo rochoso (T_{inicial}: 16-07-2013) e outra ao fim de 58 dias (T_{final}: 11-09-2013). Na monitorização em T_{final} verificou-se que as jaulas estavam em bom estado. Contudo, numa tentativa de monitorização no dia 11 de outubro de 2013 (88 dias após o início da experiência) não foi encontrada alguma jaula, sendo possível que o desaparecimento destas estruturas tenha sido provocado por agitação marítima ocorrida após o dia 11 de setembro de 2013.

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

A amostragem foi realizada com quadrados de 50×50 cm, sendo a metodologia utilizada e os grupos morfofuncionais de macroalgas os mesmos da amostragem de macroalgas do estudo dos padrões de distribuição e abundância (ver secção 3.2.1). Juntamente com as macroalgas, foram também identificados invertebrados sésseis conspícuos (*e.g.* ascídias, esponjas) nos mesmos quadrados de amostragem, tendo sido agrupados em grandes grupos taxonómicos.



Figura 5: Alguns detalhes da logística da experiência. **A:** 12 jaulas de rede acabadas de construir. **B:** mergulhador a montar a estrutura no fundo rochoso. **C:** detalhe do interior de uma jaula parcialmente fechada. **D:** jaulas fixas ao fundo rochoso.

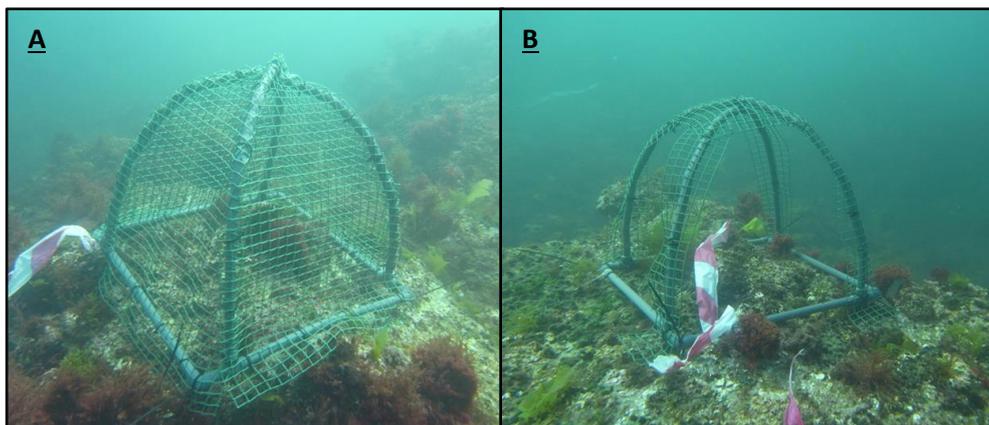


Figura 6: Jaulas de rede fixas ao fundo rochoso. **A:** jaula totalmente fechada (jaula). **B:** jaula parcialmente fechada (controlo à jaula).

Análise de dados

Os dados foram analisados de forma univariada e multivariada.

A análise univariada consistiu em análises de variância (ANOVA) realizadas individualmente para cada grupo morfofuncional de algas, utilizando o seguinte delineamento: fator predação (ortogonal, fixo, com três níveis - controlo, controlo à jaula e jaula) e fator herbivoria (ortogonal, fixo, com dois níveis - sem *P. lividus* e com *P. lividus*). Foram realizadas análises separadas dos dados de Tinicial e Tfinal, de forma a verificar se ocorreriam respostas do sistema à manipulação (Tfinal), garantindo que não existiam diferenças em Tinicial. Foi testada a homogeneidade das variâncias pelo teste de Cochran e os dados foram transformados sempre que apropriado. Além disso, foram realizados testes de comparação múltipla de médias de Student-Newman-Keuls (SNK) sempre que necessário. Estas análises foram realizadas a partir do *software* GMAV5 for Windows (Institute of Marine Ecology, University of Sydney) e baseadas em Underwood (1997).

Foram também utilizadas técnicas de análise multivariada ao nível da comunidade de macroalgas e macroinvertebrados sésseis conspícuos. Essas análises foram realizadas a partir do *software* Primer 6 + PERMANOVA (Clarke & Gorley, 2006) e basearam-se em Clarke & Warwick (2001) e Anderson *et al.* (2008). Tal como para as análises univariadas, nesta também foram realizadas análises separadas dos dados de Tinicial e Tfinal. O delineamento utilizado foi igual ao das análises univariadas acima descrito. Os dados foram transformados com raiz quadrada e foram calculadas as respetivas matrizes de similaridade com base no coeficiente de Bray-Curtis (Bray & Curtis, 1957). Com base nas matrizes de similaridade foi utilizada a técnica de ordenação multidimensional no espaço (MDS) relativamente aos fatores em estudo: predação e herbivoria. De modo a verificar se existiam efeitos significativos entre os níveis destes fatores e da sua respetiva interação foi realizada uma análise multivariada de variância com permutações - PERMANOVA (Anderson, 2001). Por fim, para ajudar na interpretação destes resultados foi também realizado o teste complementar PERMDISP, com base na mesma matriz de similaridade (Anderson, 2006). Os dados da percentagem de cobertura de *P. lividus* foram removidos destas análises, de forma a não influenciarem os resultados devido à manipulação direta (remoção de *P. lividus* entre Tinicial e Tfinal) mas sim pelos efeitos indiretos da mesma (influência da herbivoria dos ouriços-do-mar sobre as comunidade de algas).

3.4. Predadores de *Paracentrotus lividus*

Neste estudo foi realizada a observação de espécies predadoras de *P. lividus* com o auxílio de uma câmara de vídeo (GoPro HERO3+ Black Edition). Em zonas rochosas intertidais da costa alentejana foram previamente recolhidos vários exemplares de *P.*

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

lividus, de diferentes tamanhos, e de buracos ou frestas onde habitualmente se encontram. Posteriormente, os exemplares foram separados consoante o seu diâmetro equatorial, com o auxílio de uma bitola, em três classes dimensionais: pequeno (<10 mm), médio (10-40 mm) e grande (>40 mm), e foram transplantados para substratos artificiais do porto de recreio de Sines (37° 57.013'N, 8° 51.992'W). Foi escolhido este local para a realização da experiência em questão devido às suas vantagens logísticas (proximidade do laboratório) e por se tratar de um ambiente confinado, sem a perturbação da ondulação e correntes. Além disso, neste local é comum observar-se uma grande abundância de peixes de diferentes espécies que são comuns em toda a costa sudoeste de Portugal (observação pessoal). Foram então realizadas filmagens desses ouriços-do-mar com a câmara fixa ao substrato a partir de mergulho com escafandro autónomo em zonas com 5 a 10 m de profundidade. Cada filmagem teve uma duração aproximada de 15 minutos, tendo sido realizadas, no mesmo dia, três filmagens em locais aleatórios na área de estudo. Em cada filmagem foram disponibilizados 5 exemplares de *P. lividus* de cada classe dimensional considerada. Os mergulhadores mantiveram alguma distância do local de filmagem (>5 m) de forma a não afetar o comportamento dos predadores deste ouriço-do-mar.

Na terceira e última filmagem foram também disponibilizados exemplares de *P. lividus* em que as placas do esqueleto foram previamente partidas no local, de forma a observar espécies que são atraídas por ouriços-do-mar assim partidos e deles se alimentam (“scavengers”).

Posteriormente, no laboratório foram observadas as filmagens e identificadas as espécies que predaram os ouriços-do-mar disponibilizados e o modo como se alimentaram dos mesmos. Foram considerados quatro grupos de espécies observadas a interagir com *P. lividus*: (1) espécies que tentaram alimentar-se de *P. lividus*, mas não conseguiram; (2) espécies que conseguiram quebrar as placas do esqueleto de *P. lividus* e se alimentaram de ouriços-do-mar disponibilizados; (3) espécies que se alimentaram de exemplares de *P. lividus* cujas placas do esqueleto não tinham sido previamente quebradas pelos mergulhadores; e (4) espécies que se alimentaram de exemplares de *P. lividus* cujas placas do esqueleto tinham sido previamente quebradas pelos mergulhadores. Este estudo foi apenas descritivo, tendo sido compilada uma lista de espécies pertencentes aos diferentes grupos considerados.

4. Resultados

4.1. Populações de ouriços-do-mar e dos seus predadores e presas

4.1.1. Padrões de distribuição e abundância: efeito da proteção

4.1.1.1. População de *Paracentrotus lividus*

A densidade média global de *P. lividus* foi de 0.74 ± 0.14 indivíduos/m² (média \pm erro padrão). Os valores de densidade média variaram de local para local mas, de uma forma geral, observaram-se densidades médias mais elevadas na AAP (local norte: 0.43 ± 0.18 ind./m²; local sul: 1.58 ± 0.14 ind./m²; média \pm erro padrão) que na AMP (local norte: 0.28 ± 0.09 ind./m²; local sul: 0.69 ± 0.06 ind./m²; média \pm erro padrão). Estas diferenças não foram consideradas significativas na respetiva ANOVA, pelo que a hipótese de um efeito da proteção marinha na densidade de ouriços-do-mar não foi suportada. Na mesma análise, o local foi o único fator significativo, o que sugere que a variação é sobretudo a pequena escala espacial (tabela 1).

Em relação ao tipo de micro-habitat, verificou-se que cerca de 95.8% do total de exemplares de *P. lividus* estavam abrigados em frestas ou buracos, estando livres apenas 4.2%. Ao ser realizada uma análise desta distribuição entre as áreas com diferente regime de proteção, verificou-se que não ocorreram diferenças significativas da percentagem de indivíduos livres ($P > 0.05$; resultados não apresentados), embora os valores na AAP fossem maiores (7.3%) do que na AMP (0.7%).

Tabela 1: Análise de variância da abundância de *P. lividus* (N=4) amostrada em transectos de 20x2m² em relação aos fatores em estudo: proteção (Pr); local (Lo), aninhado no fator proteção. Legenda: g.l. – grau de liberdade; SQ – soma dos quadrados; MQ – média dos quadrados; n.s. – diferença não significativa ($P \geq 0.05$).

Abundância de <i>P. lividus</i>					
Teste de Cochran: C= 0.4959 (n.s.); sem transformação dos dados					
Origem da variação	g.l.	SQ	QM	F	P
Pr	1	1722.25	1722.25	0.73	0.484
Lo(Pr)	2	4747.25	2373.625	23.28	0.0001
RES	12	1223.5	101.9583		
TOT	15	7693			

O diâmetro dos exemplares de *P. lividus* variou entre 13 e 74 mm, com uma média global de 49.96 ± 24.12 mm (média \pm erro padrão), num total de 307 exemplares medidos (em algumas réplicas foram observados menos de 25 exemplares de *P. lividus* e, por esse motivo, o somatório das réplicas de todos os locais não atinge os 400 indivíduos). Os gráficos da estrutura dimensional revelaram a mesma classe modal nas duas áreas com diferente regime de proteção - 50-59mm (figura 7). No

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

entanto, a AAP apresentou uma maior proporção de *P. lividus* nas duas classes dimensionais entre 40 e 59mm, enquanto na AMP os ouriços-do-mar estão mais distribuídos pelas diferentes classes, existindo uma maior proporção nas classes mais pequenas comparativamente à AAP.

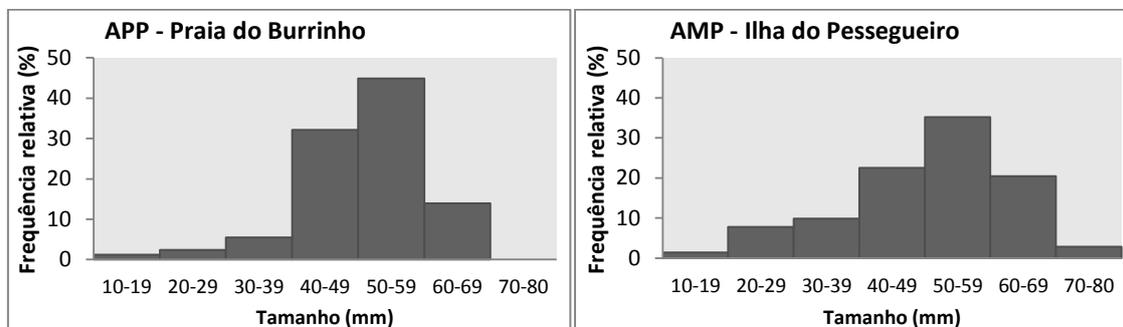


Figura 7: Estrutura dimensional (diâmetro equatorial) da população de *P. lividus* na Praia do Burrinho (AAP) e na Ilha do Pessegueiro (AMP).

4.1.1.2. Estrutura da comunidade

De forma a analisar o efeito da AMP sobre os ouriços-do-mar e os seus predadores e presas, a estrutura das comunidades foi analisada de forma multivariada, considerando os seguintes grupos de organismos: macroinvertebrados, peixes, mariscos e macroalgas.

Nos gráficos de ordenação por MDS (figuras 8, 9, 11 e 12) e dendrogramas (figuras 10 e 13) obtidos na análise dos diferentes grupos de *taxa*, verifica-se alguma separação dos pontos referentes às áreas com diferente regime de proteção nas comunidades de macroinvertebrados, macroalgas e peixes. O mesmo não se verifica para a comunidade de mariscos. No entanto, nas análises multivariadas de variância (PERMANOVA) realizadas, não se verificaram diferenças significativas no fator proteção em nenhum destes grupos de *taxa* (tabelas 2 e 3). Por outro lado, com a exceção da comunidade de mariscos amostrada em frestas, verificaram-se diferenças significativas entre locais nos restantes grupos, o que evidencia alguma ocorrência de variabilidade a esta escala espacial.

Os valores médios de abundância (\pm erro padrão) dos diferentes *taxa* e de outros elementos identificados em cada grupo de organismos estudados são apresentados nas tabelas 14 a 17 do anexo III.

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

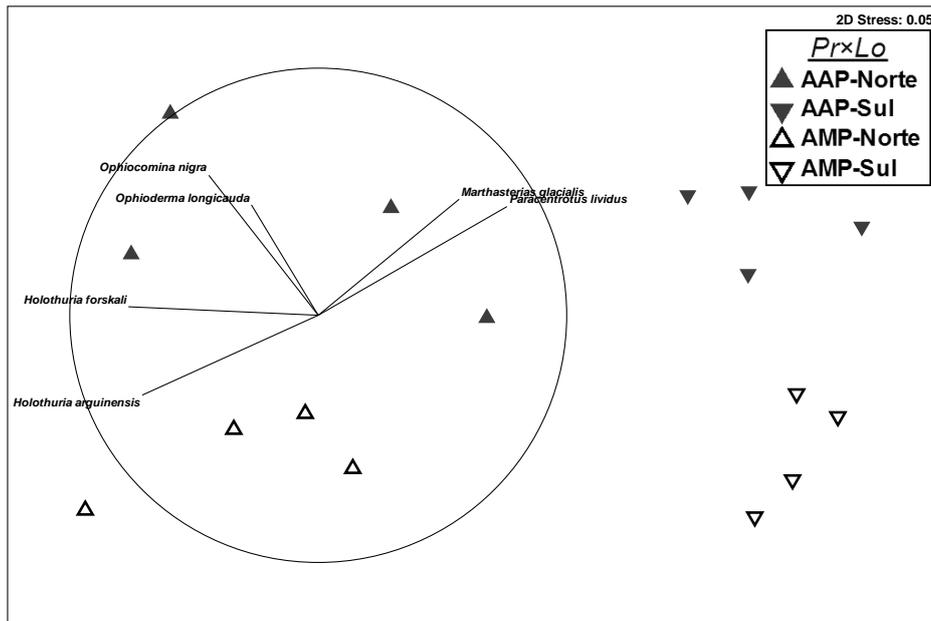


Figura 8: Ordenação de MDS referente à análise da estrutura da comunidade de macroinvertebrados de mobilidade reduzida amostrada com transectos de 20x2 m² em relação aos fatores proteção (Pr) e local (Lo), com a representação dos grupos mais correlacionados com os eixos (correlação de Pearson>0,5). Diagrama efetuado a partir da respetiva matriz de abundância de *P. lividus* e macroinvertebrados de mobilidade reduzida, com base no coeficiente de similaridade de Bray-Curtis e em dados transformados por raiz quadrada. AAP – área com atividade pesqueira (Praia do Burrinho); AMP – área marinha protegida (Ilha do Pessegueiro).

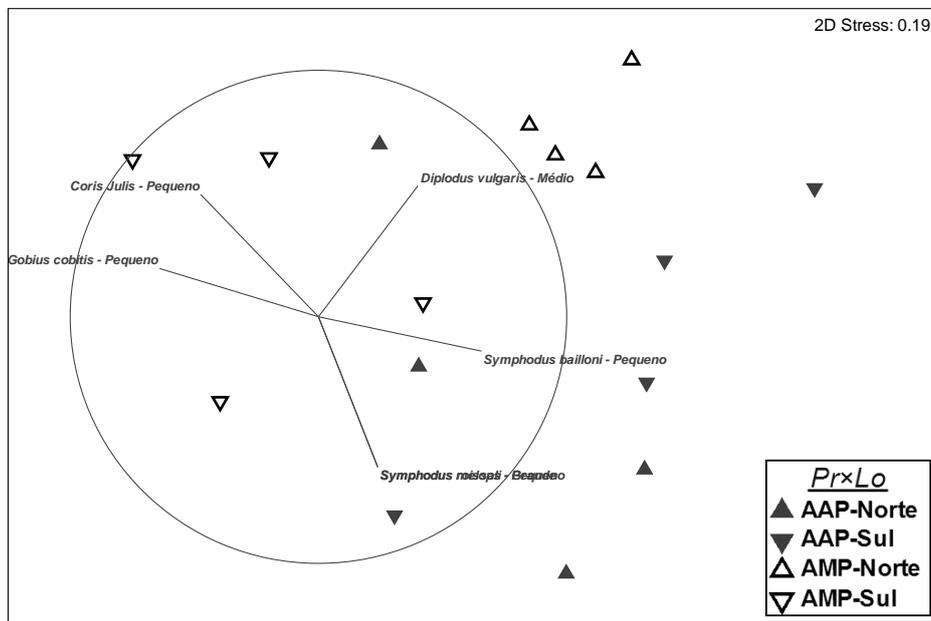


Figura 9: Ordenação de MDS referente à análise da estrutura da comunidade de peixes amostrada com transectos de 20x2 m² em relação aos fatores proteção (Pr) e local (Lo), com a representação dos grupos mais correlacionados com os eixos (correlação de Pearson>0,65). Diagrama efetuado a partir da respetiva matriz de abundância de peixes, com base no coeficiente de similaridade de Bray-Curtis e em dados transformados por raiz quadrada. Legenda: AAP – área com atividade pesqueira (Praia do Burrinho); AMP – área marinha protegida (Ilha do Pessegueiro).

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

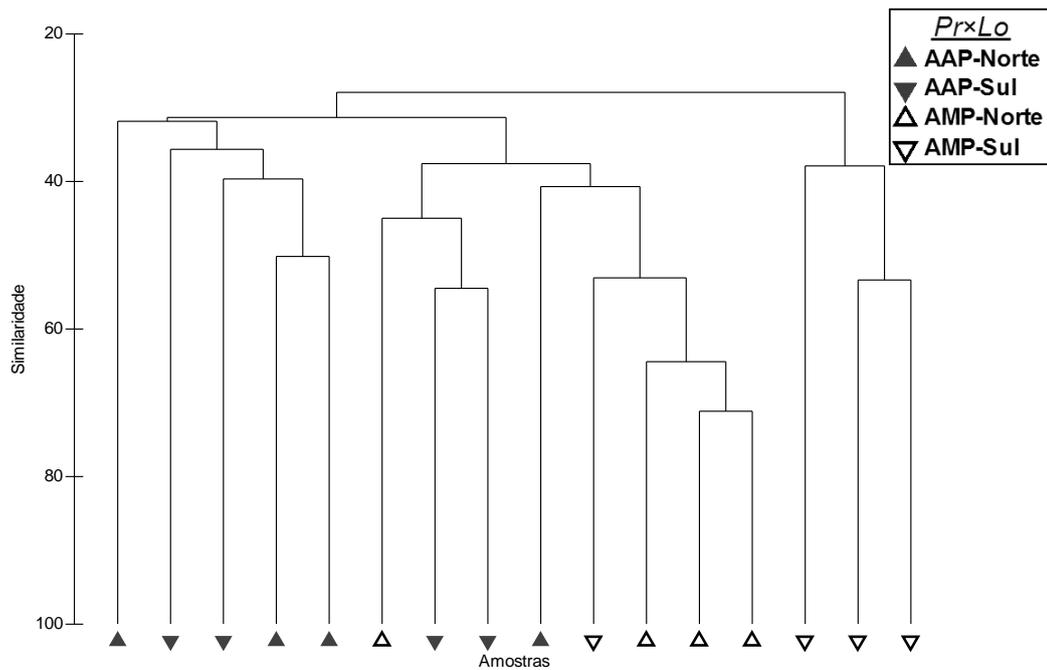


Figura 10: Dendrograma (CLUSTER) referente à análise da estrutura da comunidade de peixes amostrada com transectos de 20x2 m² em relação aos fatores proteção (Pr) e local (Lo). Diagrama efetuado a partir da respetiva matriz de abundância de peixes, com base no coeficiente de similaridade de Bray-Curtis e em dados transformados por raiz quadrada. AAP – área com atividade pesqueira (Praia do Burrinho); AMP – área marinha protegida (Ilha do Pessegueiro).

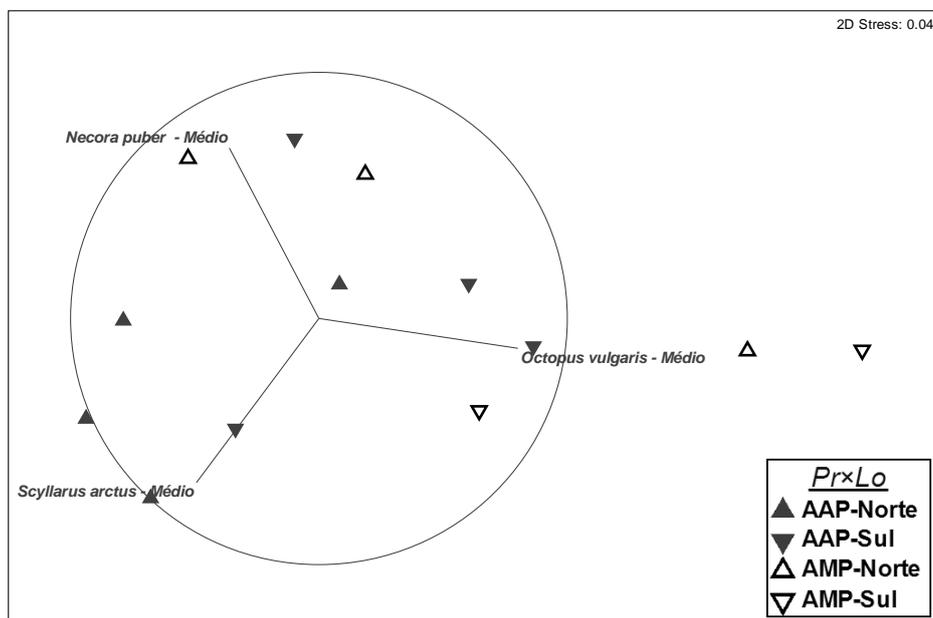


Figura 11: Ordenação de MDS referente à análise da estrutura da comunidade de mariscos e peixes amostrada em frestas em relação aos fatores proteção (Pr) e local (Lo), com a representação dos grupos mais correlacionados com os eixos (correlação de Pearson>0,75). Diagrama efetuado a partir da respetiva matriz de abundância de mariscos e peixes (número médio de indivíduos por fresta), com base no coeficiente de similaridade de Bray-Curtis e em dados transformados por raiz quadrada. AAP – área com atividade pesqueira (Praia do Burrinho); AMP – área marinha protegida (Ilha do Pessegueiro).

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

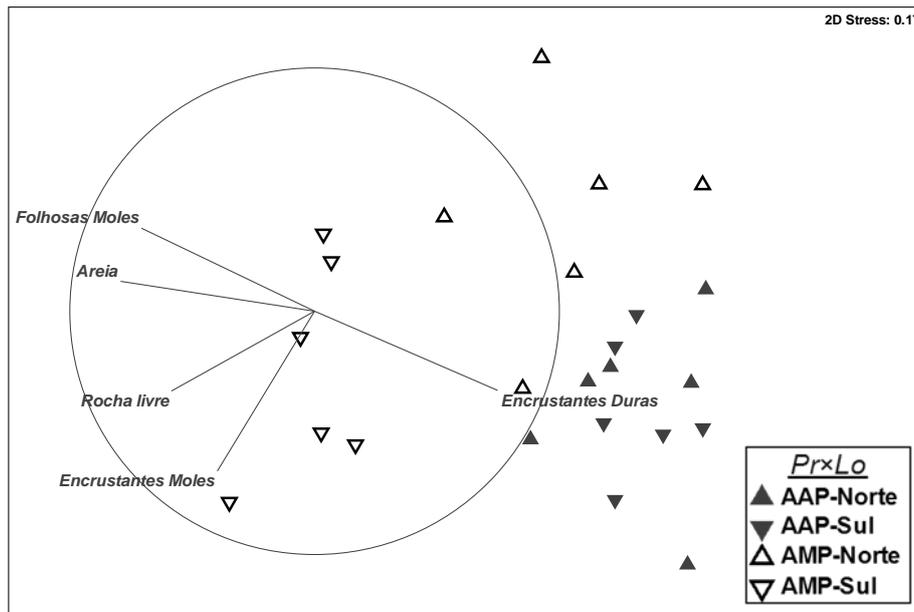


Figura 12: Ordenação de MDS referente à análise da estrutura da comunidade de macroalgas e invertebrados sésseis conspícuos amostrada com um quadrado de 50x50 cm em relação aos fatores proteção (Pr) e local (Lo), com a representação dos grupos mais correlacionados com os eixos (correlação de Pearson > 0,5). Diagrama efetuado a partir da respetiva matriz de percentagem de cobertura de macroalgas, invertebrados sésseis conspícuos e elementos abióticos, com base no coeficiente de similaridade de Bray-Curtis e em dados transformados com raiz quadrada. Legenda: AAP – área com atividade pesqueira (Praia do Burrinho); AMP – área marinha protegida (Ilha do Pessegueiro).

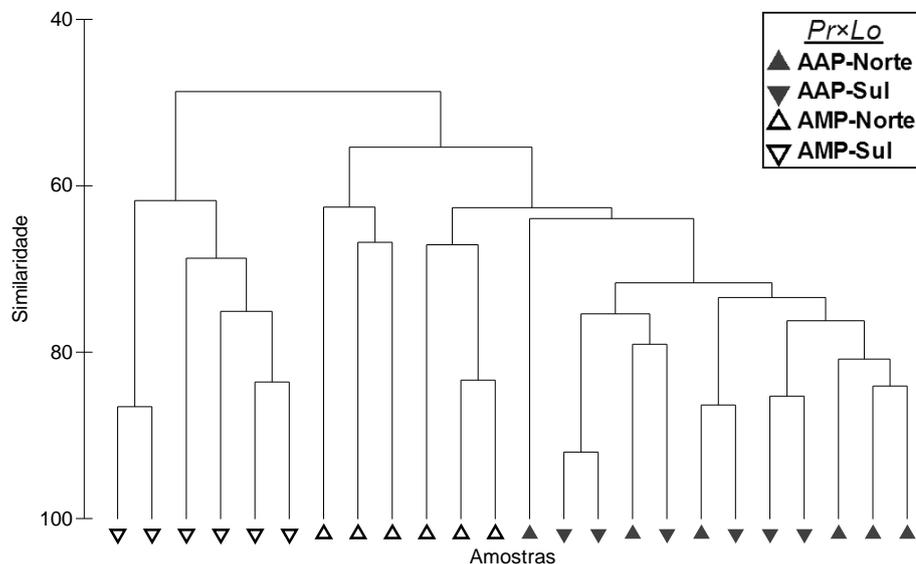


Figura 13: Dendrograma (CLUSTER) referente à análise da estrutura da comunidade de macroalgas e invertebrados sésseis conspícuos amostrada com um quadrado de 50x50 cm em relação aos fatores proteção (Pr) e local (Lo). Diagrama efetuado a partir da respetiva matriz de percentagem de cobertura de macroalgas, invertebrados sésseis conspícuos e elementos abióticos, com base no coeficiente de similaridade de Bray-Curtis e em dados transformados por raiz quadrada. Legenda: AAP – área com atividade pesqueira (Praia do Burrinho); AMP – área marinha protegida (Ilha do Pessegueiro).

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

Tabela 2: Análises multivariadas de variância com permutações (PERMANOVA) da abundância de macroinvertebrados, peixes e mariscos (N=4) em relação aos fatores: proteção (Pr); local (Lo), aninhado ao fator proteção. Análises efetuadas com base no coeficiente de similaridade de Bray-Curtis. Legenda: g.l. – graus de liberdade; SQ – soma dos quadrados; MQ – média dos quadrados; MC – com testes de Monte Carlo.

Origem da variação	g.l.	Abundância de Macroinvertebrados PERMDISP(Lo(Pr)): P(perm)=0.215; transformação dos dados com raiz quadrada				Abundância de Peixes PERMDISP(Lo(Pr)): P(perm)=0.159; transformação dos dados com raiz quadrada				Abundância de Mariscos e Peixes em Frestas PERMDISP(Lo(Pr)): P(perm)=0.729; Transformação dos dados com raiz quadrada			
		SQ	QM	Pseudo-F	P(MC)	SQ	QM	Pseudo-F	P(MC)	SQ	QM	Pseudo-F	P(MC)
Pr	1	1627.9	1627.9	0.2673	0.7908	5365.2	5365.2	1.3641	0.271	5201.6	5201.6	1.1749	0.3904
Lo(Pr)	2	12180	6090	28.238	0.001	7866.4	3933.2	2.3091	0.015	9042.6	4521.3	1.498	0.206
Res	12	2588	215.67			20440	1703.4			27165	3018.3		
Total	15	16396				33672				41246			

Tabela 3: Análise multivariada de variância com permutações (PERMANOVA) da percentagem de cobertura de macroalgas e invertebrados sésseis conspícuos (N=6), em relação aos fatores: proteção (Pr); local (Lo), aninhado ao fator proteção. Análise efetuada com base no coeficiente de similaridade de Bray-Curtis. Legenda: g.l. – graus de liberdade; SQ – soma dos quadrados; MQ – média dos quadrados; MC – com testes de Monte Carlo.

Origem da variação	g.l.	Percentagem de Cobertura de Macroalgas PERMDISP(Lo(Pr)): P(perm)=0.946; transformação dos dados por raiz quadrada			
		SQ	QM	Pseudo-F	P(MC)
Pr	1	5316.9	5316.9	1.9545	0.165
Lo(Pr)	2	5445.7	2722.8	2.9836	0.011
Res	21	19164	912.58		
Total	24	29940			

4.1.1.3. Topografia do substrato

As áreas estudadas têm características físicas semelhantes, atendendo a que os valores do índice de rugosidade do substrato não variaram significativamente a esta escala (figura 14 e tabela 4). Além disso, também não aparentam que existissem variações entre áreas relativamente ao tipo de substrato dominante nos transectos (figura 15).

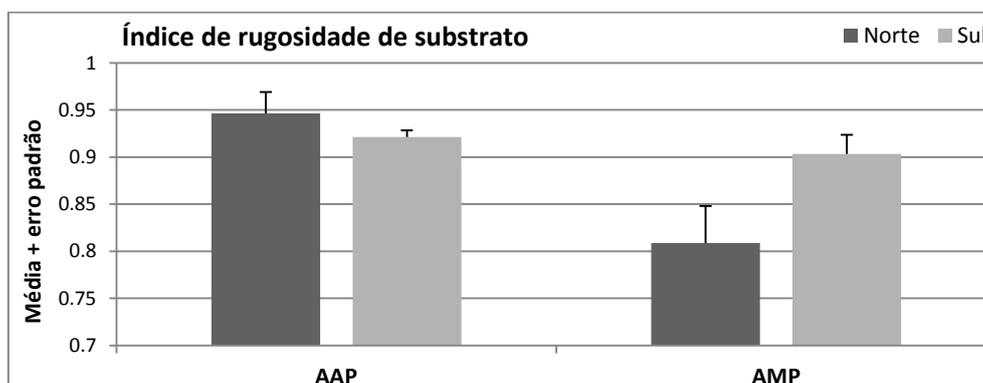


Figura 14: Variação do valor médio (+ erro padrão) do índice de rugosidade do substrato medido em transectos de 20x2m² em cada área com diferente regime de proteção e local (N=4). Legenda: AAP – área com atividade pesqueira (Praia do Burrinho); AMP – área marinha protegida (Ilha do Pessegueiro).

Tabela 4: Análise de variância do índice de rugosidade do substrato (N=4) medido em transectos de 20x2 m² em relação aos fatores em estudo: proteção (Pr); local (Lo), aninhado no fator proteção. Legenda: g.l. – graus de liberdade; SQ – soma dos quadrados; MQ – média dos quadrados; n.s. – diferença não significativa (P≥0.05).

		Índice de rugosidade do substrato			
		Teste de Cochran: C=0.6130 (n.s.); sem transformação dos dados			
Origem da variação	g.l.	SQ	QM	F	P
Pr	1	0.0243	0.0243	2.55	0.2514
Lo(Pr)	2	0.0191	0.0095	3.78	0.0535
Res	12	0.0303	0.0025		
Total	15	0.0737			

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

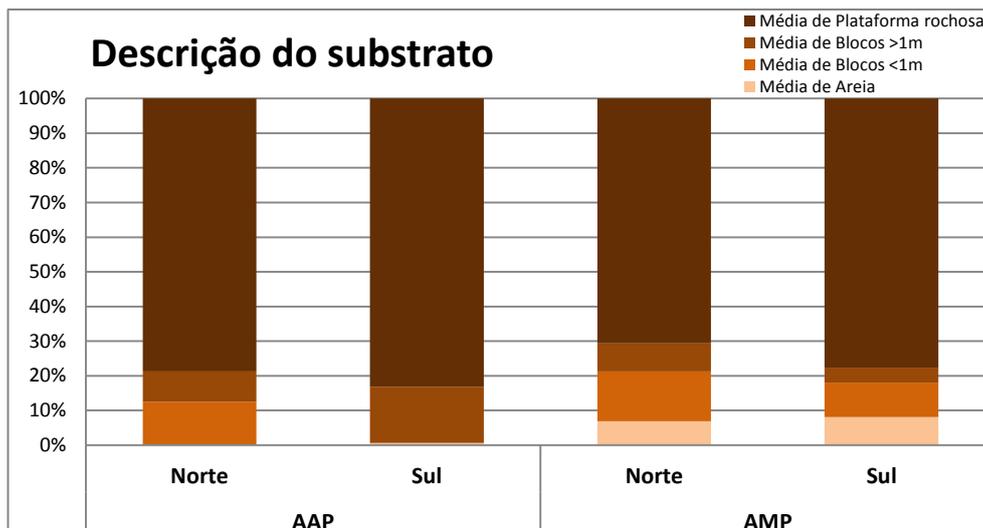


Figura 15: Variação dos valores de percentagem média de cada tipo de substrato descrito nos transectos de 20x2m² em cada área com diferente regime de proteção e local (N=4). Legenda: AAP – área com atividade pesqueira (Praia do Burrinho); AMP – área marinha protegida (Ilha do Pessegueiro).

4.1.2. Inquéritos a pescadores e mergulhadores da costa alentejana

Padrão de atividade, captura e abundância de ouriços-do-mar

No período de amostragem considerado foram realizados 42 inquéritos no total. A totalidade das pessoas inquiridas pertencia ao sexo masculino. De todos, cerca de 54.8% (N=42) tinha um trabalho profissional ativo enquanto 42.9% se encontravam desempregados/reformados, sendo que um inquirido não respondeu à respetiva questão. Grande parte dos inquiridos é natural do concelho de Sines (42.9%; N=42), sendo os restantes de Odemira (11.9%), Santiago do Cacém (7.1%) e de outros concelhos compreendidos entre o Algarve e Lisboa (33.3%); 4.8% não responderam à respetiva questão. Quanto à residência atual, 59.5% (N=42) das pessoas inquiridas residiam no concelho de Sines, 14.3% em Santiago do Cacém e 11.9% em Odemira, sendo as restantes (9.5%) residentes noutros concelhos (Grândola, Aljustrel, Ferreira do Alentejo e Sintra); 4.8% não responderam à respetiva questão.

Das 42 pessoas inquiridas, cerca de 64.2% tinham como tipo de atividade pesqueira mais frequente a pesca à linha a partir de terra, seguindo-se a apanha lúdica de marisco com 14.3% das pessoas e a pesca comercial também com 14.3%. Das restantes, apenas uma tinha como principal atividade pesqueira a pesca à linha embarcada (2.4%), outra a pesca submarina (2.4%) e, por fim, uma realizava mergulho com escafandro autónomo (2.4%). Algumas pessoas também exerciam uma segunda atividade pesqueira com menor frequência (N=19). A ordenação dessa segunda atividade pesqueira mais frequente foi semelhante à obtida na principal atividade.

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

Quando inquiridas relativamente à frequência com que exercem as principais atividades pesqueiras (N=42), cerca de 28.6% das pessoas afirmaram que as realizavam pontualmente. A resposta mais frequente a seguir foi “sempre que o mar o permite”, com 23.8%, seguindo-se de “semanalmente”, com 21.4%. As restantes pessoas afirmaram que exerciam as atividades diariamente (9.5%), mensalmente (7.1%), quinzenalmente (4.8%) ou sazonalmente (2.4%), sendo que uma não respondeu à respetiva questão (2.4%).

Relativamente à questão sobre há quanto tempo exercem as referidas atividades pesqueiras, metade das pessoas (50.0%; N=42) afirmou que o fazem “há mais de 20 e menos de 40 anos” e cerca de 35.7% afirmaram que exerciam a atividade há mais de 40 anos. Os restantes inquiridos responderam que exercem estas atividades há menos de 20 anos (11.9%), sendo que um não respondeu à respetiva questão (2.4%).

Em relação à apanha de ouriços-do-mar, mais de metade das pessoas afirmou que apanha este marisco (66.7%; N=42). Destas (N=28), a grande maioria referiu que captura os exemplares de ouriço-do-mar em emersão (85.8%), na zona intertidal rochosa, sendo que apenas 7.1% o faz em imersão (apneia) e cerca de 7.1% o faz das duas formas. As zonas que estas pessoas referiram utilizar comumente na captura de ouriços-do-mar estão representadas no mapa da figura 16. De uma forma geral, as zonas referidas correspondem aos substratos rochosos do Cabo de Sines, da área compreendida entre Vale Marim e Porto Covo, Praia do Queimado (na zona fora da área protegida), Almogrove, Cabo Sardão (zonas a norte, fora da área protegida), Entrada da Barca e da área compreendida entre Zambujeira do Mar e Odeceixe.

A totalidade das pessoas que apanha ouriços-do-mar afirmou que o produto desta atividade se destina a consumo próprio e não à venda ou exportação comercial (N=28). Do mesmo modo, estas pessoas afirmaram que exercem esta atividade puramente por lazer (100%; N=28), não representando uma componente importante para a sua alimentação ou para a sua economia.

Quando confrontados com a pergunta relativa à sua opinião acerca da variação da quantidade de ouriços-do-mar desde que praticam a sua atividade pesqueira (N=42), quase metade dos inquiridos respondeu que esta quantidade tem diminuído (45.3%), seguindo-se os que afirmaram que é aproximadamente igual (33.3%) e os que responderam que tem aumentado (9.5%), sendo que 11.9% não responderam a esta questão (figura 17). As principais causas apontadas pelos inquiridos para a diminuição da quantidade de ouriços-do-mar (N=19) são a poluição (47.3%) e o assoreamento do substrato duro (31.6%), tendo sido também mencionadas a redução de alimento (algas; 10.5%) e a apanha direta (5.3%); uma pessoa não respondeu a esta questão (5.3%).

Em relação à pergunta sobre a variação do tamanho dos ouriços-do-mar (N=42), a maior parte das pessoas respondeu que este se tem mantido aproximadamente igual desde que pratica a sua atividade pesqueira (57.2%), seguindo-se os que não tinham opinião formada (23.8%) e, por fim, os que responderam que tem diminuído (19.0%)

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

(figura 17). Nenhum dos inquiridos respondeu que o tamanho dos ouriços-do-mar tem aumentado na costa alentejana. Dos que responderam que a quantidade diminuiu (N=8), 37.5% atribuíram a causa desta variação ao assoreamento do substrato duro, 25.0% à poluição e 25.0% à redução de alimento (algas); uma pessoa não respondeu a esta questão (12.5%).

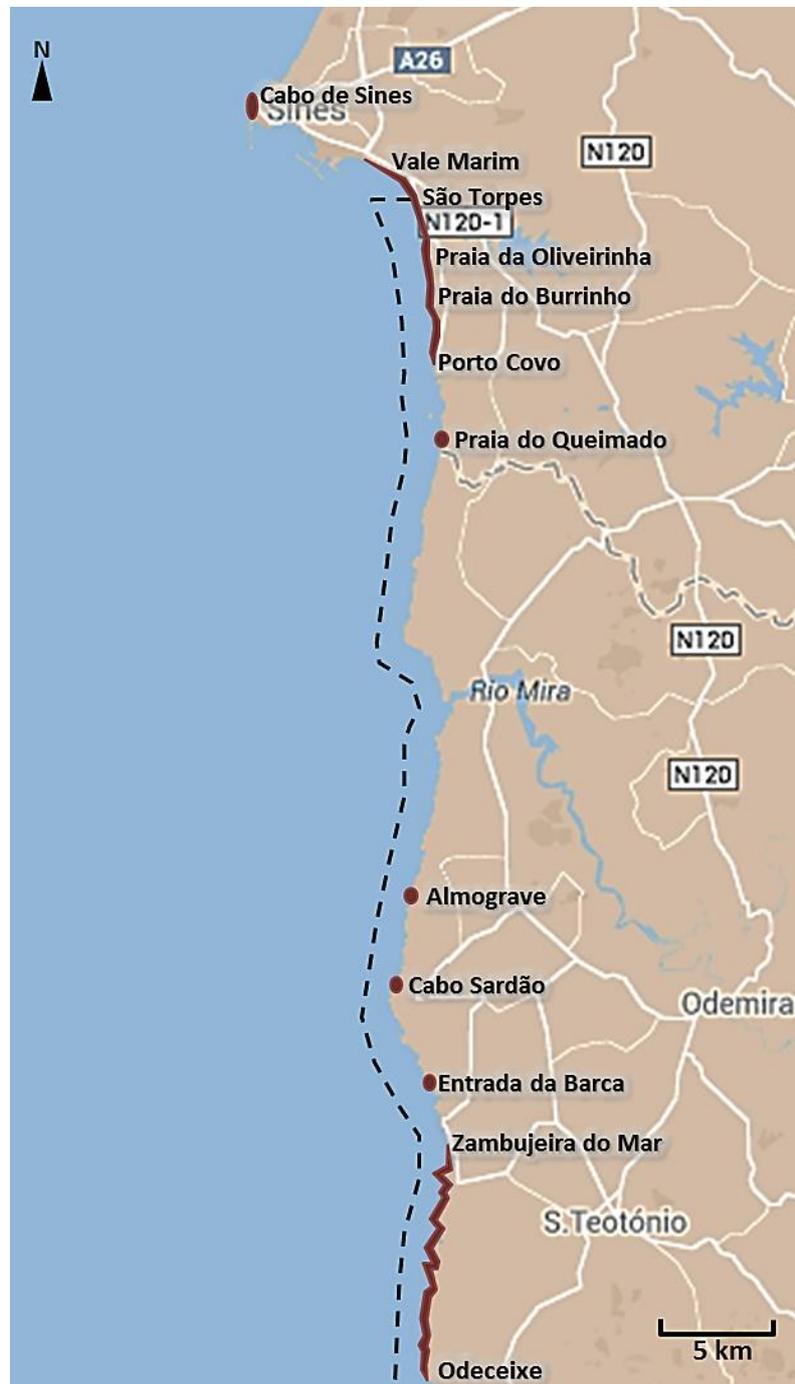


Figura 16: Zonas da costa alentejana onde os inquiridos referiram que capturam ouriços-do-mar. As manchas vermelhas representam locais referidos isoladamente pelos inquiridos ou a menção de uma determinada área costeira composta por vários locais. A linha a tracejado corresponde ao limite da área marinha do PNSACV.

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

Mais de metade das pessoas inquiridas acerca da variação da intensidade da apanha de ouriços-do-mar na costa alentejana afirmou que a mesma tem diminuído desde que pratica a sua atividade pesqueira (59.6%; N=42). As restantes não responderam (21.4%) ou afirmaram que a apanha se tem mantido aproximadamente igual (19.0%) (figura 17). A legislação em vigor na altura do inquérito e aplicável à apanha lúdica de ouriços-do-mar consiste na principal causa atribuída pelos inquiridos para a diminuição da intensidade da apanha de ouriços-do-mar (40.0%; N=25). Este grupo de inquiridos afirmou que as pessoas evitam apanhar ouriços-do-mar porque apenas é permitido capturar 2 kg diários de crustáceos e outros mariscos (onde se incluem os ouriços-do-mar) por pessoa no PNSACV, o que não é compensatório, visto que no ouriço-do-mar apenas se aproveitam as gónadas para a alimentação humana, o que corresponde a uma pequena percentagem do peso total de cada exemplar. Outra causa, também mencionada por vários inquiridos, foi a perda de hábitos ou tradições (24.0%). Segundo os mesmos, a apanha deste marisco era realizada com maior frequência por pessoas de gerações mais antigas, tendo sido várias vezes afirmado que “os mais novos não apanham este marisco porque hoje em dia têm outras atividades/distrações”. Por fim, alguns inquiridos também afirmaram que a diminuição da intensidade desta apanha se deve à menor quantidade e/ou qualidade dos exemplares de ouriço-do-mar (20.0%). Os restantes atribuíram outras causas (12.0%) e um (4.0%) não respondeu a esta questão.

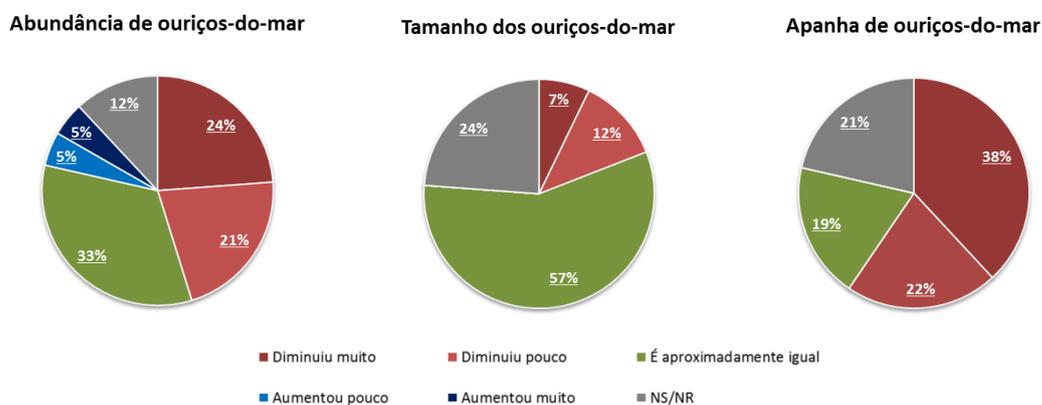


Figura 17: Percentagem de respostas acerca da perceção dos inquiridos sobre a variação da abundância, do tamanho e da intensidade da apanha de ouriços-do-mar na costa alentejana desde que praticam a sua atividade pesqueira (N=42).

A grande maioria dos inquiridos afirmou que existem locais da costa alentejana onde a apanha de ouriços-do-mar é mais intensa (92.9%; N=42). Os respetivos locais estão representados na figura 18. De uma forma geral, as zonas indicadas correspondem às zonas rochosas do Cabo de Sines, à área compreendida entre Vale Marim e Porto Covo, Praia do Queimado (zona fora da área protegida), Praia do Malhão, Vila Nova de Milfontes, Praia dos Nascedios e à área compreendida entre Almogrove e Zambujeira do Mar.

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental



Figura 18: Zonas na costa alentejana onde os inquiridos consideram que a apanha de ouriços-do-mar é mais intensa. As manchas vermelhas representam locais referidos isoladamente pelos inquiridos ou a menção de uma determinada área costeira composta por vários locais. A linha a tracejado corresponde ao limite da área marinha do PNSACV.

Dos 42 inquiridos, 92.9% afirmaram que existe uma altura do ano em que a apanha de ouriços-do-mar é mais intensa. Desses (N=39), a maioria afirmou que essa altura do ano é na semana santa (Páscoa) (76.9%), quando tradicionalmente ocorre um evento designado de “ouriçada” em que as pessoas se juntam num convívio e degustam ouriços-do-mar assados, previamente capturados na baixa-mar do próprio dia ou de dias anteriores. Uma menor quantidade de pessoas (12.8%) referiu que a

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

altura do ano em que há maior apanha de ouriços é no intervalo de tempo entre os meses de dezembro e abril, quando, segundo os mesmos, as gónadas estão maiores e mais saborosas. Os restantes (10.3%) referiram que a apanha é sazonal, mas as suas respostas variaram bastante.

Quando questionados sobre se, na opinião dos mesmos, existem diferentes espécies de ouriços-do-mar na costa alentejana, 38.1% dos inquiridos responderam que sim e a mesma proporção respondeu que não, sendo que 23.8% não responderam a esta questão. Aos que responderam que sim, foi perguntado como faziam essa distinção e 75.0% (N=16) afirmaram que as distinguem pela sua coloração externa, sendo que 25.0% as distinguem pelo tamanho dos espinhos.

Biologia e ecologia de ouriços-do-mar

Entrando numa parte do inquérito sobre a perceção acerca das relações ecológicas dos ouriços-do-mar, a primeira questão centrou-se sobre no alimento deste invertebrado. Das 42 pessoas inquiridas, 54.8% referiram que as algas são o principal alimento dos ouriços-do-mar. As restantes respostas variaram bastante, sendo que alguns inquiridos referiram que os ouriços-do-mar são filtradores, outros afirmaram que podem ser necrófagos, houve quem referisse que se alimentam de cracas e mexilhão, e alguns mencionaram que se alimentam de tudo o que estiver disponível.

Em relação aos predadores de ouriços-do-mar, foi realizada, em primeiro lugar, uma pergunta de resposta aberta sobre a perceção dos inquiridos acerca deste assunto. Alguns inquiridos deram múltiplas respostas, pelo que o total da percentagem das mesmas ultrapassa 100%. Dessa forma, das 42 pessoas inquiridas, 38.1% afirmaram que o sargo-legítimo (*Diplodus sargus*) é um potencial predador de ouriços-do-mar. As restantes respostas e respetivas percentagens podem ser observadas na tabela 5.

Depois da questão anterior, foi colocada uma questão de resposta semifechada em que foi perguntado se cada um dos *taxa* listados seria ou não um potencial predador de ouriços-do-mar. De todos os inquiridos, 88.1% disseram que o sargo-legítimo é um potencial predador deste marisco. As restantes respostas estão representadas na tabela 6.

Mais de metade das pessoas inquiridas consideraram que os predadores não controlam a abundância de ouriços-do-mar (59.6%; N=42), 21.4% não responderam e apenas 19.0% afirmaram que sim à mesma questão. Por outro lado, quando questionados se os ouriços-do-mar têm um papel importante sobre a estrutura da comunidade de algas (N=42), as respostas “sim” e “não” tiveram a mesma proporção (40.5%), sendo que 19.0% não responderam.

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

Tabela 5: Respostas dos inquiridos acerca da sua perceção sobre que animais são predadores de ouriços-do-mar (N=42). Muitos inquiridos deram respostas múltiplas pelo que a percentagem total das respostas ultrapassa 100%. Pergunta 15.1 do inquérito; resposta aberta (ver anexo I).

Resposta	Nº. de respostas	% (dos 42 inquiridos)
Sargo-legítimo (<i>Diplodus sargus</i>)	16	38.1%
Polvo (<i>Octopus vulgaris</i>)	11	26.2%
“Todos os peixes”	7	16.7%
Dourada (<i>Sparus aurata</i>)	6	14.3%
Estrelas-do-mar (e.g. <i>Marthasterias glacialis</i>)	6	14.3%
Robalo (<i>Dicentrarchus labrax</i>)	3	7.1%
Pargos (<i>Pagrus</i> spp.)	2	4.8%
Bodião (<i>Labrus bergylta</i>)*	2	4.8%
Moluscos gastrópodes (e.g. <i>Charonia lampas</i>)	2	4.8%
Pampo (<i>Balistes capriscus</i>)	1	2.4%
Lontra (<i>Lutra lutra</i>)	1	2.4%

*Na costa alentejana, este nome comum é frequentemente utilizado para referir a espécie indicada. No entanto, essa associação pode variar, correspondendo o nome comum por vezes a outras espécies da família Labridae.

Tabela 6: Respostas dos inquiridos acerca da sua perceção sobre que animais são predadores de ouriços-do-mar (N=42). Muitos inquiridos deram respostas múltiplas pelo que a percentagem total das respostas ultrapassa 100%. Pergunta 15.2 do inquérito; resposta semifechada (ver anexo I).

Resposta	Nº. de respostas	% (dos 42 inquiridos)
Sargo-legítimo (<i>Diplodus sargus</i>)	37	88.1%
Pampo (<i>Balistes capriscus</i>)	29	69.0%
Sargo-safia (<i>Diplodus vulgaris</i>)	26	61.9%
Estrelas-do-mar (e.g. <i>Marthasterias glacialis</i>)	21	50.0%
Moluscos gastrópodes (e.g. <i>Charonia lampas</i>)	15	35.7%
Crustáceos (e.g. <i>Necora puber</i>)	10	23.8%
Polvo (<i>Octopus vulgaris</i>)	3	7.1%
Dourada (<i>Sparus aurata</i>)	2	4.8%
Bodião (<i>Labrus bergylta</i>)*	2	4.8%
Robalo (<i>Dicentrarchus labrax</i>)	2	4.8%
Pargo (<i>Pagrus</i> spp.)	1	2.4%
Lontra (<i>Lutra lutra</i>)	1	2.4%

* Na costa alentejana, este nome comum é frequentemente utilizado para referir a espécie indicada. No entanto, essa associação pode variar, correspondendo o nome comum por vezes a outras espécies da família Labridae.

Pouco mais de metade das pessoas inquiridas não tinha conhecimento de fundos rochosos dominados por algas encrustantes calcárias (*urchin barrens*) (57.1%; N=42). Depois de uma conversa em que foi explicado o que são os *urchin barrens* e tendo sido exibida uma fotografia de um fundo deste género, as pessoas foram questionadas se já tinham observado este tipo de fundo na costa alentejana e a maior parte afirmou não ter conhecimento do mesmo (69.0%; N=41). Aos que afirmaram ter conhecimento de tal tipo de fundo (N=11), foi questionado onde tinham feito essas observações. As respostas a esta questão foram variadas e cada pessoa deu uma resposta diferente

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

(exceto sobre a Praia do Burrinho, que foi referida duas vezes), não havendo muito consenso nem certeza na afirmação por parte dos inquiridos. Nestas respostas, os locais referidos são os seguintes: Cabo de Sines, molhes do porto de Sines, Praia do Burrinho, entre a Ilha do Pessegueiro e a Praia do Burrinho, Amoreiras, entre o norte da Praia da Samouqueira e a Pedra da Casca, Malhão e Almogrove.

Foi também perguntado aos inquiridos se costumam amanharr o peixe que capturam ou de que se alimentam (N=42), sendo que a grande maioria respondeu que sim (90.5%). A esses foi perguntado se costumam observar vestígios de ouriços-do-mar no estômago dos peixes que amanharr (N=38), tendo 69.0% respondido positivamente. Foi então perguntado em que espécies de peixes encontraram esses vestígios e, de todos os inquiridos, 93.1% (N=29) mencionaram o sargo-legítimo. Os restantes *taxa* mencionados estão representadas na tabela 7.

Tabela 7: *Taxa* referidos pelos inquiridos nos quais foram encontrados vestígios de ouriços-do-mar nos conteúdos estomacais quando amanharrados após captura (N=29). Muitos inquiridos deram respostas múltiplas pelo que a percentagem total das respostas ultrapassa 100%. Pergunta 19.2 do inquirido; resposta aberta (ver anexo I).

Nome comum	<i>Taxa</i> Nome científico	Nº. de respostas	% (dos 29 inquiridos)
Sargo-legítimo	<i>Diplodus sargus</i>	27	93.1%
Dourada	<i>Sparus aurata</i>	11	37.9%
Sargo-safia	<i>Diplodus vulgaris</i>	8	27.6%
Bodião*	<i>Labrus bergylta</i>	8	27.6%
Robalo	<i>Dicentrarchus labrax</i>	2	6.9%
Burrinho*	<i>Symphodus melops</i>	2	6.9%
Pampo	<i>Balistes capriscus</i>	2	6.9%
Pargo	<i>Pagrus pagrus</i>	2	6.9%
Moreia	<i>Muraena helena</i>	1	3.4%
Peixe-rei	<i>Coris julis</i>	1	3.4%
Caboze	<i>Gobius</i> spp.; <i>Parablennius</i> spp.	1	3.4%
Tainha	Várias espécies (e.g. <i>Chelon labrosus</i> ; <i>Liza</i> spp.)	1	3.4%

*Na costa alentejana, este nome comum é frequentemente utilizado para referir o *taxon* ou *taxa* indicados. No entanto, essa associação pode variar, correspondendo o nome comum por vezes a outras espécies da família Labridae.

Efeitos diretos e indiretos da pesca e o papel das áreas marinhas protegidas

A maioria dos inquiridos (73.8%; N=42) considerou que a pesca na costa alentejana não tem influência sobre a densidade e o tamanho dos ouriços-do-mar. Apenas 14.3% afirmaram que sim e 11.9% não responderam a esta questão.

Quase três quartos dos inquiridos (73.8%; N=42) afirmaram ter conhecimento de que o plano de ordenamento do PNSACV inclui, desde 2011, diferentes regimes de proteção marinha. Quando solicitados a identificar quais as áreas e regimes desta proteção que conheciam (N=27), a maioria das pessoas só conhecia a área protegida

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

mais próxima da sua localização habitual de atividade de pesca/mergulho, como é o caso da Ilha do Pessegueiro, com 70.4% das respostas, da Pedra do Burrinho com 22.2%, e do Cabo Sardão, com 14.8%. Apenas 11.1% das pessoas tinha conhecimento de todas as áreas e regimes de proteção marinha em vigor no PNSACV.

Por fim, as duas últimas questões incidiram sobre o efeito de proteção das áreas marinhas protegidas sobre os recursos em geral e, especificamente, sobre os ouriços-do-mar. Na primeira, mais de metade das pessoas considerou que as AMP têm um efeito positivo sobre os recursos marinhos (66.6%; N=42), enquanto 31.0% afirmaram que não e apenas uma pessoa não respondeu (2.4%). No entanto, muitos afirmaram que apenas ocorrerão benefícios se as leis forem cumpridas, o que, segundo os mesmos, não acontece porque ocorre alguma pesca clandestina nessas áreas. Na segunda, metade das pessoas afirmaram que as AMP protegem os ouriços-do-mar (52.4%; N=42), quase metade respondeu que não (42.8%) e 4.8% não responderam.

4.2. Potencial herbívoro de *Paracentrotus lividus*

Os dados referentes a este estudo foram analisados de forma univariada e multivariada.

Nas análises de variância univariadas (ANOVA), com a exceção das algas encrustantes duras, não se verificaram diferenças significativas em algum grupo morfofuncional de algas nos dados de Tinicial (tabela 8). Da mesma forma, nos dados de Tfinal também não se verificaram diferenças significativas (tabela 9). Estes resultados sugerem que não existe um efeito significativo, à escala temporal estudada, da herbivoria e da predação sobre a percentagem de cobertura de macroalgas. Os gráficos da variação da percentagem média de cobertura em Tinicial e Tfinal e em cada tratamento dos fatores considerados estão representados na figura 19.

Além das análises univariadas feitas a cada grupo morfofuncional de macroalgas, foram também realizadas análises multivariadas ao nível das comunidades de macroalgas e macroinvertebrados de mobilidade reduzida. Desse modo, depois de uma análise multivariada de variância (PERMANOVA) realizada apenas aos dados de Tinicial em que não foram encontradas diferenças significativas entre os níveis dos fatores proteção e herbivoria, foi realizada outra análise apenas aos dados de Tfinal (tabela 10). Na respetiva PERMANOVA também não foram encontradas diferenças significativas nos fatores em estudo, o que sugere que não existem efeitos dos mesmos na estrutura da comunidade à escala temporal estudada. Se tal tivesse acontecido, provavelmente teriam sido detetadas diferenças em Tfinal após não terem sido detetadas em Tinicial (de forma a ser garantido que antes da manipulação, em Tinicial, não existiam diferenças significativas). Por fim, nos gráficos de ordenação de MDS realizados separadamente a Tinicial e a Tfinal também não é evidente alguma diferença entre tratamentos (figura 20).

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

Tabela 8: Análises de variância e testes SNK da percentagem de cobertura de cada grupo morfofuncional de macroalgas (filamentosas, folhosas duras, folhosas moles, encrustantes moles, encrustantes duras e cespitosas) (N=3) amostrada em quadrados de 50x50cm em Tinicial, em relação aos fatores em estudo: predação (Pr) e herbivoria (He). Legenda: g.l. - graus de liberdade; SQ - soma dos quadrados; MQ - média dos quadrados; n.s. - diferença não significativa ($P \geq 0.05$); “>” - diferença significativa ($P < 0.05$); J - jaulas; CJ - controlos à jaula; C – controlos.

		Filamentosas Teste de Cochran: C=0.5211 (n.s.); transformação dos dados por Ln(X+1)				Folhosas duras Teste de Cochran: C=0.4860 (n.s.); sem transformação dos dados				Folhosas Moles Teste de Cochran: C=0.5050 (n.s.); sem transformação dos dados			
Origem da variação	g.l.	SQ	MQ	F	P	SQ	MQ	F	P	SQ	MQ	F	P
Pr	2	0.4870	0.2435	0.31	0.7381	24.3333	12.1667	2.05	0.1719	229.0000	114.5000	2.28	0.1451
He	1	0.0637	0.0637	0.08	0.7802	4.5000	4.5000	0.76	0.4013	174.2222	174.2222	3.47	0.0873
PrxHe	2	1.6976	0.8488	1.09	0.3686	30.3333	15.1667	2.55	0.1193	5.4444	2.7222	0.05	0.9475
RES	12	9.3813	0.7818			71.3333	5.9444			603.3333	50.2778		
TOT	17	11.6296				130.5000				1012.0000			

		Encrustantes duras Teste de Cochran: C=0.2929 (n.s.); sem transformação dos dados				Encrustantes moles Teste de Cochran: C=0.4587 (n.s.); sem transformação dos dados				Cespitosas Teste de Cochran: C=0.5128 (n.s.); sem transformação dos dados			
Origem da variação	g.l.	SQ	MQ	F	P	SQ	MQ	F	P	SQ	MQ	F	P
Pr	2	473.4444	236.7222	3.75	0.0544	411.4444	205.7222	2.43	0.1303	30.1111	15.0556	0.46	0.6410
He	1	636.0556	636.0556	10.07	0.0080	43.5556	43.5556	0.51	0.4872	4.5000	4.5000	0.14	0.7168
PrxHe	2	535.4444	267.7222	4.24	0.0405	560.7778	280.3889	3.31	0.0718	44.3333	22.1667	0.68	0.5252
RES	12	758.0000	63.1667			1017.3333	84.7778			391.3333	32.6111		
TOT	17	2402.9444				2033.1111				470.2778			

SNK	Pr(He)
	Com <i>P. lividus</i> : (J=C)>CJ
	Sem <i>P. lividus</i> : J=CJ=C
	He(Pr)
	Jaulas; Controlos: Com <i>P. lividus</i> > Sem <i>P. lividus</i>
	Controlos à jaula: Com <i>P. lividus</i> = Sem <i>P. lividus</i>

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

Tabela 9: Análises de variância da percentagem de cobertura de cada grupo morfofuncional de macroalgas (filamentosas, folhosas duras, folhosas moles, encrustantes moles, encrustantes duras e cespitosas) (N=3) amostrada em quadrados de 50x50cm em Tfinal, em relação aos fatores em estudo: predação (Pr) e herbivoria (He). Legenda: g.l. - graus de liberdade; SQ - soma dos quadrados; MQ - média dos quadrados; n.s. - diferença não significativa (P≥0.05).

		Filamentosas Teste de Cochran: C=0.2560 (n.s.); transformação dos dados por Ln(X+1)				Folhosas duras Teste de Cochran: C=0.5063 (n.s.); transformação dos dados por Ln(X+1)				Folhosas Moles Teste de Cochran: C=0.3212 (n.s.); sem transformação dos dados			
Origem da variação	g.l.	SQ	MQ	F	P	SQ	MQ	F	P	SQ	MQ	F	P
Pr	2	24.3333	12.1667	0.43	0.6574	0.3042	0.1521	0.09	0.9103	212.3333	106.1667	1.42	0.2801
He	1	88.8889	88.8889	3.17	0.1001	0.5544	0.5544	0.35	0.5677	296.0556	296.0556	3.95	0.0701
PrxHe	2	8.7778	4.3889	0.16	0.8566	5.4220	2.7110	1.69	0.2258	81.4444	40.7222	0.54	0.5942
RES	12	336.0000	28.0000			19.2650	1.6054			898.6667	74.8889		
TOT	17	458.0000				25.5457				1488.5000			

		Encrustantes duras Teste de Cochran: C=0.9073 (P<0.01); sem transformação dos dados				Encrustantes moles Teste de Cochran: C=0.4310 (n.s.); sem transformação dos dados				Cespitosas Teste de Cochran: C=0.3497 (n.s.); sem transformação dos dados			
Origem da variação	g.l.	SQ	MQ	F	P	SQ	MQ	F	P	SQ	MQ	F	P
Pr	2	1067.4444	533.7222	1.51	0.2597	154.1111	77.0556	0.66	0.5337	115.1111	57.5556	1.42	0.2806
He	1	512.0000	512.0000	1.45	0.2517	37.5556	37.5556	0.32	0.5805	8.0000	8.0000	0.20	0.6653
PrxHe	2	240.3333	120.1667	0.34	0.7182	144.1111	72.0556	0.62	0.5548	49.3333	24.6667	0.61	0.5611
RES	12	4237.3333	353.1111			1396.6667	116.3889			488.0000	40.6667		
TOT	17	6057.1111				1732.4444				660.4444			

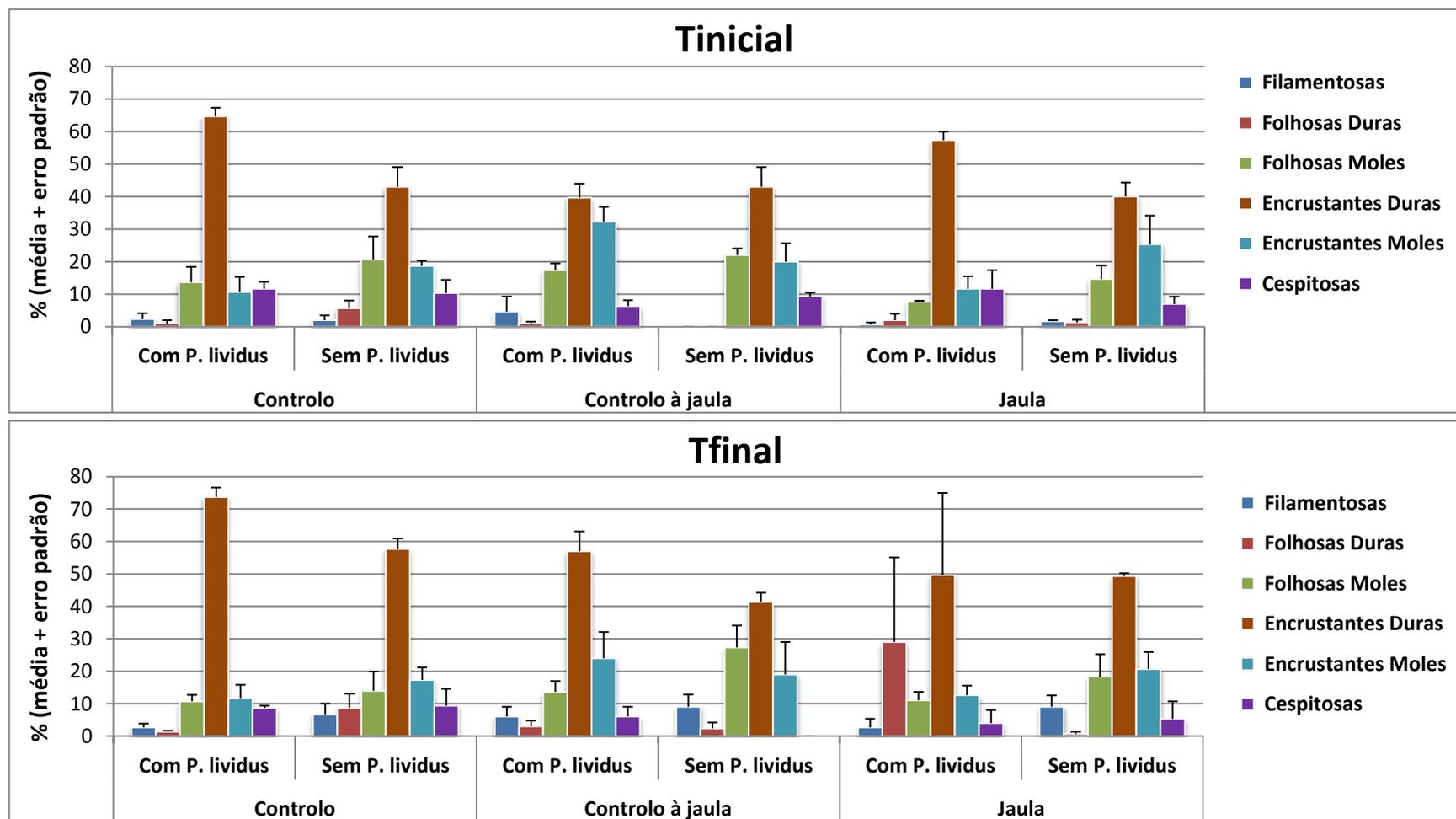


Figura 19: Variação dos valores médios (\pm erro padrão) da percentagem cobertura de cada grupo morfofuncional de algas, amostrada por um quadrado de 50x50cm, em cada tratamento do fator predação (controlos, controlos à jaula e jaulas) e do fator herbivoria (com e sem *P. lividus*), e em Tinicial (figura de cima) e Tfinal (figura de baixo).

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

Tabela 10: Análises multivariadas de variância com permutações (PERMANOVA) da percentagem de cobertura das comunidades biológicas (macroalgas e invertebrados de mobilidade reduzida) amostradas em Tinicial e Tfinal (N=3), em relação aos fatores predação (Pr) e herbivoria (He). Análise efetuada com base no coeficiente de similaridade de Bray-Curtis. Legenda: g.l. – graus de liberdade; SQ – soma dos quadrados; MQ – média dos quadrados.

		Comunidades Biológicas em Tinicial PERMDISP(Pr×He): P(perm)= 0.408; transformação dos dados por raiz quadrada				Comunidades Biológicas em Tfinal PERMDISP(Pr×He): P(perm)= 0.02; transformação dos dados por raiz quadrada			
Origem da Variação	g.l.	SQ	MQ	Pseudo-F	P(perm)	SQ	MQ	Pseudo-F	P(perm)
Pr	2	732.49	366.25	1.869	0.062	1137.5	568.76	1.2623	0.334
He	1	257.06	257.06	1.3118	0.294	874.19	874.19	1.9402	0.141
Pr×He	2	618.52	309.26	1.5782	0.125	705.46	352.73	0.78286	0.623
Res	12	2351.6	195.96			5406.8	450.57		
Total	17	3959.6				8124			

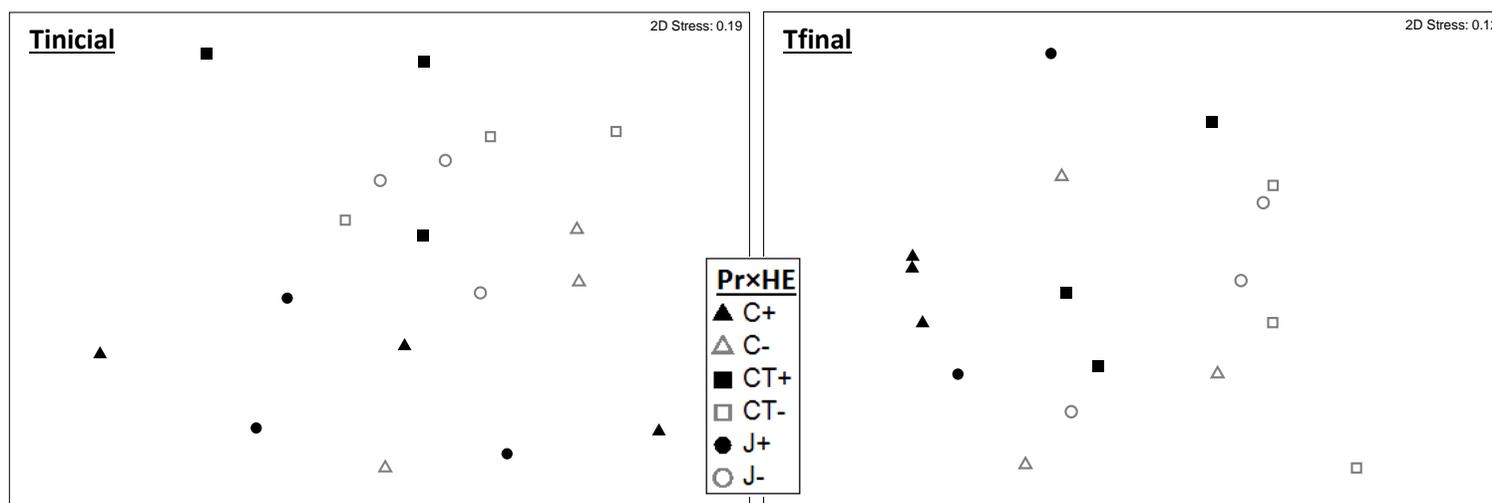


Figura 20: Ordenações de MDS referentes à análise da estrutura das comunidades biológicas (macroalgas e invertebrados de mobilidade reduzida) amostradas em Tinicial (esquerda) e Tfinal (direita), em relação aos fatores predação (Pr) e herbivoria (He). Diagramas efetuados a partir das matrizes de percentagem de cobertura de macroalgas e invertebrados de mobilidade reduzida de Tinicial e Tfinal, com base no coeficiente de similaridade de Bray-Curtis e em dados transformados por raiz quadrada. Legenda: C – controlos; CT – controlos à jaula; J – jaulas; “+” – presença de *P. lividus*; “-” – ausência de *P. lividus*.

4.3. Predadores de *Paracentrotus lividus*

Nas filmagens realizadas no porto de recreio de Sines foram observadas 10 espécies de peixes (tabela 11), sendo que nenhuma espécie de macroinvertebrado se aproximou dos ouriços-do-mar durante as filmagens.

Duas espécies tentaram quebrar os ouriços-do-mar *P. lividus* - *Diplodus vulgaris* e *Gobius xanthocephalus* - mas apenas o esparídeo *D. vulgaris* conseguiu efetivamente quebrar os exemplares de dimensões médias (aproximadamente 30 mm) (figura 21). Para o conseguir, *D. vulgaris* começou por virar o ouriço-do-mar ao contrário, colocando-o com a parte oral virada para cima. De seguida, investiu sobre o mesmo quebrando as suas placas do esqueleto nessa zona mais frágil. Com isso, as partes comestíveis do ouriço-do-mar ficaram expostas e disponíveis para o peixe se alimentar.

Observou-se também o labrídeo *Coris julis* a se alimentar de exemplares inteiros de *P. lividus* de pequenas dimensões (<10 mm) usando sucção (figura 21).

Foram disponibilizados exemplares de *P. lividus* cujas placas do esqueleto foram previamente partidas para verificar que outras espécies se alimentam de restos de ouriços-do-mar (*scavengers*). Além de *D. vulgaris* e *C. julis*, foram também observados *Parablennius pilicornis* e *G. xanthocephalus* a se alimentarem desses restos.

Tabela 11: Lista de espécies de peixes observadas nas filmagens de *P. lividus* no porto de recreio de Sines e o modo como cada uma se alimentou ou se tentou alimentar dos ouriços-do-mar disponibilizados pelos mergulhadores.

Família	Espécie	Tentou alimentar-se de <i>P. lividus</i> sem sucesso	Conseguiu quebrar <i>P. lividus</i>	Alimentou-se de <i>P. lividus</i> inteiro	Alimentou-se de restos de <i>P. lividus</i>
Blenniidae	<i>Parablennius pilicornis</i>	-	-	-	Sim
Gobiidae	<i>Gobius xanthocephalus</i>	Sim	-	-	Sim
	<i>Pomatoschistus pictus</i>	-	-	-	-
Labridae	<i>Coris julis</i>	-	-	Sim	Sim
	<i>Ctenolabrus rupestris</i>	-	-	-	-
	<i>Boops boops</i>	-	-	-	-
	<i>Diplodus cervinus</i>	-	-	-	-
Sparidae	<i>Diplodus sargus</i>	-	-	-	-
	<i>Diplodus vulgaris</i>	-	Sim	-	Sim
	<i>Sarpa salpa</i>	-	-	-	-

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

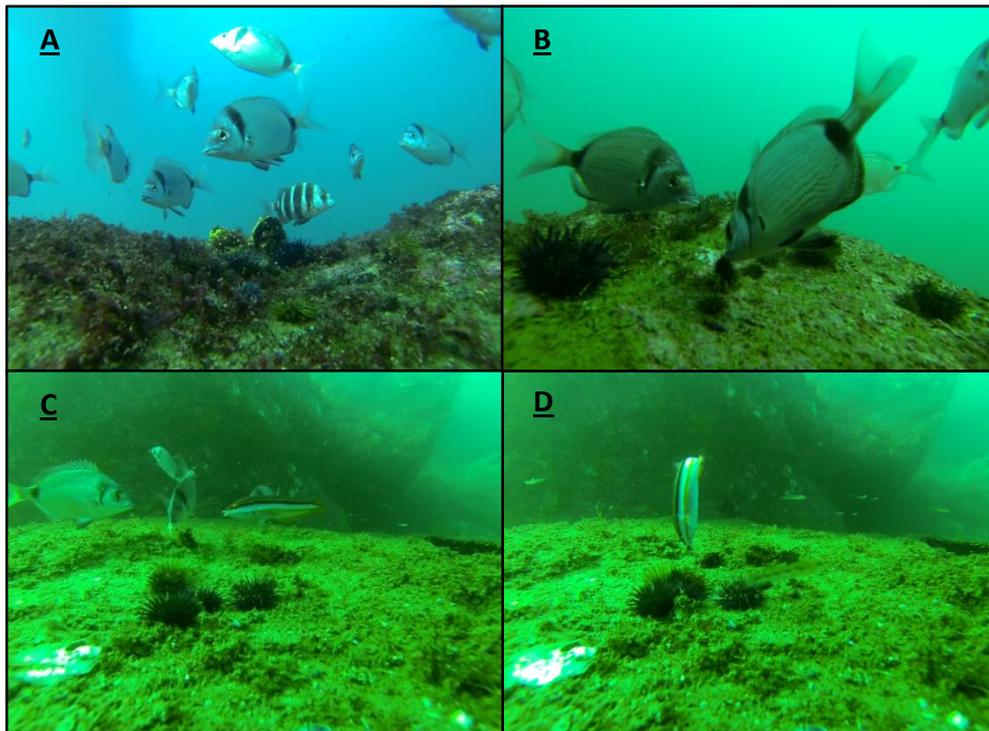


Figura 21: Representação de algumas observações realizadas durante as filmagens subaquáticas dos predadores de *P. lividus*. **A:** vários indivíduos do género *Diplodus* a circundarem os ouriços-do-mar após a colocação dos mesmos. **B:** *D. vulgaris* e tentar quebrar um exemplar de *P. lividus*. **C:** *D. vulgaris* a alimentar-se de um exemplar de *P. lividus* após ter quebrado as suas placas do esqueleto. **D:** *C. julis* a alimentar-se de um exemplar pequeno de *P. lividus* inteiro.

5. Discussão

5.1. Populações de ouriços-do-mar e dos seus predadores e presas

5.1.1. Padrões de distribuição e abundância: efeito da proteção

5.1.1.1. População de *Paracentrotus lividus*

Em várias regiões de climas temperados (e.g. Sala *et al.*, 1998a) e subtropicais (e.g. Clemente *et al.*, 2009), os ouriços-do-mar podem influenciar fortemente a estrutura das comunidades bentónicas e, em alguns casos, causar a transição de comunidades de macroalgas folhosas para comunidades dominadas por macroalgas encrustantes (*urchin barrens*).

Neste estudo, a densidade média global de *P. lividus* foi de 0.74 ± 0.14 indivíduos/m² (média \pm erro padrão). Este valor é relativamente baixo em relação a locais no Mar Mediterrâneo onde ocorrem fundos rochosos dominados por algas encrustantes. Por exemplo, Guidetti *et al.* (2004) observaram valores médios de densidade de *P. lividus* no sudoeste de Itália que variaram entre 12 e 15 indivíduos/m² e Gianguzza *et al.* (2006) observaram valores de 4.0 indivíduos/m² em áreas com atividade pesqueira na ilha de Ustica, em Sicília. Em ambos os exemplos existiam habitat com a presença de *urchin barrens*. Muitos autores referem que o que causa a mudança de um comportamento críptico e pouco ativo para um papel de herbivoria mais intenso nos ouriços-do-mar, é o aumento abrupto dos seus valores de densidade (Bulleri *et al.*, 1999; ver Norderhaug & Christie, 2009). De facto, noutros estudos, a transformação de habitat dominados por macroalgas em *urchin barrens* foi observada quando a densidade de ouriços-do-mar excedeu um limite entre 7 e 9 indivíduos/m² (ver Guidetti & Sala, 2007 e suas referências). Além disso, Verlaque (1987), em estudos *in situ*, mostrou que acima de uma densidade de 16-20 indivíduos/m² (exemplares com 5 cm de diâmetro), *P. lividus* pode causar esta transformação de habitat. Segundo Ruitton *et al.* (2000), esse limiar de densidade pode variar com a profundidade, na sequência da redução de algas com a mesma, e consoante a presença de outros herbívoros (peixes ou outros invertebrados). Com as baixas densidades de *P. lividus* observadas no presente estudo é possível presumir que as mesmas não sejam suficientes para despoletar um comportamento herbívoro mais ativo destes animais e, dessa forma, é provável que atualmente não haja *urchin barrens* na região estudada.

As densidades de *P. lividus* observadas neste estudo diferiram dos resultados de Jacinto *et al.* (2013) que, para a mesma região, estimou uma densidade média de 7.8 ± 7.33 indivíduos por quadrado de 0.25 m² (média \pm desvio padrão). Estas diferenças podem dever-se ao facto das técnicas de amostragem usadas diferirem entre si. Enquanto no presente estudo a amostragem foi realizada com transectos em faixa,

contabilizando os exemplares mais conspícuos (>1cm de diâmetro), em Jacinto *et al.* (2013) a amostragem (que incluiu exemplares com menos de 1 cm de diâmetro) foi feita aleatoriamente com quadrados de 0.25 m², sendo, desse modo, realizada uma contagem mais minuciosa comparativamente à realizada no presente estudo. Além disso, a diferença entre as profundidades amostradas em Jacinto *et al.* (2013) (3-6 m) e o presente estudo (7.5 e 11.7 m) pode contribuir para essa variação de densidade, visto que esta espécie de ouriço-do-mar ocorre preferencialmente em habitat pouco profundos (Mamede, 2011; Jacinto *et al.*, 2013).

É comum existir uma menor densidade de ouriços-do-mar em áreas protegidas em relação a áreas onde existe atividade pesqueira (Guidetti, 2006). Tal situação sucede porque em áreas marinhas protegidas (AMP) onde as atividades extrativas humanas são proibidas ou fortemente condicionadas é de esperar que ocorram mais e maiores predadores (*e.g.* peixes, mariscos) que controlam a abundância e estrutura dimensional de populações de ouriços-do-mar e, nas áreas onde existe atividade pesqueira, pressupõe-se que não ocorra este controlo (Shears & Babcock, 2002). Contudo, no presente estudo não se verificaram diferenças significativas de densidade de *P. lividus* entre as duas áreas com diferente regime de proteção, embora se tenham observado valores mais elevados na AAP (Praia do Burrinho) do que na AMP (Ilha do Pessegueiro) (estas áreas foram consideradas semelhantes no que diz respeito às características físicas amostradas - índice de rugosidade e descrição do substrato). Desse modo, não foi suportada a hipótese de um efeito da proteção marinha na densidade de ouriços-do-mar. Na análise realizada foram apenas detetadas diferenças significativas a nível local, o que sugere que a variação que ocorre é sobretudo a pequena escala espacial, que poderá ser devida a outros fatores que influenciem a variação a essa escala (*e.g.* rugosidade do substrato; disponibilidade de alimento).

Em relação ao tamanho dos indivíduos medidos, a classe modal foi, em ambas as áreas, a que compreende os valores entre 50 e 59 mm. No entanto, a AMP teve uma maior proporção de indivíduos pertencentes a classes dimensionais mais pequenas em relação à AAP. Este facto pode revelar um maior sucesso no recrutamento ou no estabelecimento de *P. lividus* juvenis na AMP. Um fator que pode contribuir para esse sucesso é a disponibilidade de habitat, que, neste estudo pode relacionar-se com a rugosidade do substrato. A rugosidade do substrato desempenha um papel importante no fornecimento de abrigo a *P. lividus*, especialmente onde a pressão predatória é elevada, permitindo assim a estruturação das populações (Ceccherelli *et al.*, 2009). No entanto, os valores do respetivo índice não variaram significativamente entre áreas, o que significa que o mesmo poderá não ser ideal para relacionar a rugosidade do substrato com os processos de recrutamento e estabelecimento de *P. lividus*.

De todos os exemplares de *P. lividus* em que foi registado o tipo de micro-habitat onde se encontravam, cerca de 96% estavam abrigados em frestas ou buracos. Este resultado pode corroborar as observações feitas por Jacinto *et al.* (2013) sobre o comportamento críptico que esta espécie adota na costa em questão. Fatores como a

predação e o hidrodinamismo podem estar a fazer com que *P. lividus* se mantenha abrigado nestes micro-habitat em vez de se mover livremente pelo substrato enquanto se alimenta de algas folhosas. Contudo, é importante frisar que esta situação pode não ser estática ao longo do tempo. Em dias com menor agitação marítima e/ou com uma menor intensidade predatória, estes ouriços-do-mar podem sair dos abrigos e ter um comportamento mais ativo.

A percentagem de indivíduos abrigados em frestas e buracos não variou significativamente entre as duas áreas com diferente regime de proteção. Se tal tivesse acontecido e se a proporção de indivíduos abrigados tivesse sido maior na AMP, poderia ser uma evidência de uma maior intensidade predatória dentro dessa área protegida, que geralmente faz com que uma maior proporção de ouriços-do-mar se abrigue para fugir à predação (*e.g.* Gianguzza *et al.*, 2010). Por outro lado, poderia ser também uma evidência de diferenças no regime hidrodinâmico, sendo que este fator também tem um importante papel sobre a abundância e distribuição da população de *P. lividus*, e pode ser responsável pelo comportamento críptico desta espécie (Jacinto *et al.*, 2013). Este ouriço-do-mar ocorre preferencialmente em habitat mais turbulentos, onde geralmente apresenta uma maior abundância, oferecendo uma grande resistência à força exercida pela água (Alves *et al.*, 2001; Tuya *et al.*, 2007).

5.1.1.2. Estrutura da comunidade

As áreas marinhas protegidas, além de protegerem diretamente as populações da pesca, são também estabelecidas com os objetivos de proteger e restaurar o habitat, assim como as comunidades e as interações ecológicas entre os seus componentes (Micheli *et al.*, 2004). Para além disso, são também criadas com o intuito de repor populações reduzidas em áreas adjacentes, através da exportação de larvas, juvenis e adultos (Micheli *et al.*, 2004).

Nas análises estatísticas realizadas não se verificaram diferenças significativas entre a AMP e a AAP em nenhum dos grupos de *taxa* estudados. Tal como foi observado na análise da densidade de *P. lividus*, apenas se verificaram diferenças significativas entre locais na maioria dos grupos, o que revela que outras fontes de variação importantes poderão ter atuado a uma menor escala (*e.g.* rugosidade do substrato, disponibilidade de alimento). Estes resultados não suportam a primeira hipótese biológica (“existem diferenças significativas nas comunidades biológicas entre a AMP e a AAP, ocorrendo um padrão de diferenças oposto em cada um dos três níveis tróficos”), pelo que a mesma é rejeitada.

No projeto “PROTECT - estudos científicos para a proteção marinha na costa alentejana” foram realizadas monitorizações semelhantes das comunidades subtidais em 2011 e 2012, e considerando as AMP da Ilha do Pessegueiro e do Cabo Sardão. A maioria dos respetivos resultados foi concordante com os resultados do presente

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

estudo, em que também não se observaram diferenças significativas entre áreas com diferente regime de proteção ao nível da comunidade de peixes (comunicação pessoal de J. J. Castro).

A resposta das comunidades face ao efeito de uma AMP pode estar relacionada com a duração da proteção e o tamanho da mesma, sendo que, no caso dos peixes, a redução da mortalidade pela pesca depende também dos seus movimentos e migrações (Mosquera *et al.*, 2000). Visto que a criação das áreas protegidas é relativamente recente no PNSACV (existe regulamentação desde 2011 no que diz respeito a restrições impostas à pesca comercial e lúdica, e desde 2009 no respeitante à pesca lúdica), é possível que os seus efeitos sobre as comunidades biológicas ainda não se estejam a manifestar de forma significativa e mensurável com as técnicas de amostragem utilizadas. Guidetti & Sala (2007) mostraram, a partir de uma meta-análise, que a recuperação das comunidades de peixes está relacionada com a idade da reserva quando avaliadas ao nível de grupos funcionais. Além disso, Russ & Alcalá (2004) sugeriram que a duração da proteção até ser atingida a totalidade de benefícios nos ecossistemas é de cerca de 15-40 anos. Também Micheli *et al.* (2004) verificaram que a abundância de grandes peixes carnívoros aumenta gradualmente até pelo menos 25 anos depois da criação da reserva.

Os resultados mencionados sugerem que o efeito da proteção na AMP considerada (Ilha do Pessegueiro) poderá ainda não estar a causar efeitos benéficos sobre as comunidades biológicas. De qualquer forma, no delineamento deste estudo apenas foi considerada uma AMP e uma APP. Desse modo, qualquer variação detetada seria exclusivamente desta AMP, não sendo possível associar essas diferenças ao efeito da proteção marinha de todas as áreas protegidas da costa alentejana. Além disso, qualquer diferença detetada poderia ser devida a outros fatores além da proteção que causassem variações entre comunidades de áreas com diferente regime de proteção. Para testar concretamente os efeitos da proteção na costa alentejana e distinguir os fatores atuantes, deveria ter sido considerada uma maior replicação espacial, realizando o estudo em mais áreas protegidas além da Ilha do Pessegueiro.

Em estudos do género é também aconselhável que haja alguma replicação temporal, em que sejam realizadas monitorizações com uma periodicidade definida (anual, sazonal) para verificar o efeito da proteção marinha ao longo do tempo. A avaliação e gestão de AMP devem reconhecer que, embora possam ocorrer respostas de organismos de crescimento rápido pouco tempo após o estabelecimento das reservas, a recuperação de comunidades inteiras e do funcionamento do ecossistema (*e.g.* os efeitos *top-down*) provavelmente exigirá mais tempo (Micheli *et al.*, 2004).

Por fim, os resultados acima mencionados, com a comparação de áreas com diferentes estatutos de proteção, não indicam a existência de interações fortes entre os três níveis tróficos. Essas interações seriam evidentes se tivessem ocorrido diferenças significativas entre as áreas com diferente regime de proteção e se as mesmas seguissem padrões de diferenças opostos para cada grupo trófico: maior

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

densidade e tamanho de predadores na AMP, uma menor densidade e tamanho de ouriços-do-mar na AAP e uma maior cobertura de macroalgas na AMP.

5.1.2. Inquéritos a pescadores e mergulhadores da costa alentejana

Algumas espécies de ouriço-do-mar são exploradas em todo o mundo pelo elevado interesse no consumo alimentar das suas gónadas. O ouriço-do-mar *P. lividus* é conhecido pelo distinto aroma e agradável sabor das suas gónadas que, tanto cozinhadas como cruas, são consideradas uma iguaria gastronómica em várias partes do mundo (Lawrence, 2007).

No presente estudo foram realizados inquéritos na costa alentejana a pescadores lúdicos e comerciais, e a mergulhadores com o intuito de avaliar a sua perceção acerca de vários aspetos de âmbito ecológico e económico.

Em primeiro lugar, relativamente à abundância de ouriços-do-mar, a maior parte dos inquiridos mencionou que a mesma tem diminuído desde que pratica a sua atividade. A principal causa apontada para essa diminuição é a poluição causada pelas diversas indústrias da região. De facto, em Sines ocorrem potenciais fontes de poluição crónica que podem ter algum impacto sobre as comunidades biológicas, tais como a descarga de águas residuais domésticas e industriais, descargas de águas de arrefecimento e aquecimento (central termoelétrica EDP e Terminal de Gás Natural Liquefeito, respetivamente) e derrames acidentais nas operações portuárias e de navegação no porto de Sines (CIEMAR, 2012; CIEMAR, 2013). A segunda causa mais apontada para a diminuição da abundância destes organismos corresponde às alterações na dinâmica dos sedimentos, que causam o assoreamento parcial ou total do substrato rochoso. Desse modo, os ouriços-do-mar mais comuns no habitat intertidal e subtidal pouco profundo desta região (pertencentes à espécie *P. lividus*) não se conseguem fixar ao substrato arenoso e são, por sua vez, levados pela força das correntes. Segundo alguns pescadores da zona, o assoreamento tem vindo a ocorrer com maior intensidade nos últimos anos. De facto, a construção do porto de Sines em 1973 e as obras mais recentes (*e.g.* prolongamento do molhe leste de proteção do Terminal XXI) podem alterar o regime de dinâmica dos sedimentos por servirem de obstáculo às correntes dominantes de norte. Por fim, em relação ao tamanho dos ouriços-do-mar, segundo a maior parte dos inquiridos, não aparenta existir uma variação significativa ao longo do tempo, pelo que muitos referiram que as variações que se verificam são naturais e sazonais.

A apanha de ouriço-do-mar é uma atividade de marisqueio intertidal ou subtidal, geralmente exercida com bicheiro ou faca no litoral alentejano (Castro, 2004). No presente estudo constatou-se que mais de metade das pessoas inquiridas costuma capturar ouriços-do-mar sendo que a maioria o faz no habitat intertidal rochoso. Contudo, a apanha desses animais aparenta ser complementar a outras atividades que

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

são realizadas durante a baixa-mar (apanha de outros mariscos, apanha de isco). Além disso, todos os inquiridos afirmaram que esta atividade não era importante para a sua economia ou alimentação, sendo realizada puramente por lazer. Alguns mencionaram que este marisco, para além da alimentação, também é utilizado como isco ou engodo para a pesca à linha, o que era mais comum antigamente.

Quando foram questionados acerca da variação da intensidade da apanha de ouriços-do-mar desde que praticam a sua atividade, a maioria dos inquiridos afirmou que é uma atividade em declínio, o que reforça a ideia anterior. Os dois motivos principais que foram mencionados como responsáveis para o declínio desta atividade são a legislação em vigor e a perda de hábitos/tradições. Em relação ao primeiro, como já foi referido, os inquiridos mencionaram a legislação em vigor do PNSACV na altura do inquérito (Portaria 143/2009, de 5 de fevereiro, alterada pela Portaria 458-A/2009, de 4 de maio, e pela Portaria 115-A/2011, de 24 de março) que define o peso total autorizado de capturas diárias de crustáceos e outros organismos por praticante em 2 kg. Segundo os mesmos, o peso máximo de 2 kg de ouriços-do-mar não é compensatório visto que neste marisco apenas se aproveitam as gónadas para a alimentação, o que corresponde a uma pequena percentagem do peso total de cada exemplar. O segundo motivo tem a ver com a perda de hábitos ou tradições que as pessoas tinham no passado, quando iam exclusivamente apanhar ouriços-do-mar. A justificação feita por alguns inquiridos para essa perda de hábitos foi o facto dos jovens atualmente terem outras ocupações nos tempos livres, sendo esta uma atividade que é praticada por pessoas de uma faixa etária mais velha.

Castro (2004) referiu que a apanha de ouriços-do-mar é frequentemente praticada por grupos de familiares e/ou amigos que, após a apanha, costumam cozinhar e comer as gónadas dos ouriços-do-mar em confraternizações ao ar livre, sobretudo em feriados ou fins de semana. O mesmo autor referiu que esta atividade é mais intensa durante a primavera e, especialmente, na Páscoa nas chamadas “ouriçadas”. No presente estudo, a maioria dos inquiridos também afirmou que a apanha deste marisco é realizada com maior frequência na Páscoa, o que reforça a ideia de que a componente lúdica e tradicional desta exploração é importante.

Nas perguntas relacionadas com os predadores de ouriços-do-mar, a espécie mais comumente referida foi o sargo-legítimo (*D. sargus*). Além disso, quando questionados acerca de quais as espécies de peixe que continham nos seus conteúdos estomacais vestígios de ouriços-do-mar (quando amanhadas), a grande maioria dos inquiridos referiu também o sargo. Na verdade, o sargo constitui uma das espécies consideradas mais importantes como predadora de ouriços-do-mar (Sala & Zabala, 1996; Sala, 1997; Sala *et al.*, 1998b; Guidetti, 2004; Hereu *et al.*, 2005; Guidetti *et al.*, 2005; Guidetti, 2006) (ver secção 5.3). A maior frequência de respostas sobre o sargo, comparativamente a outras espécies, pode estar relacionada com o facto de esta espécie ser uma das mais capturadas pelos pescadores. A dourada (*S. aurata*), embora não tenha sido das espécies com uma maior frequência de respostas nas questões

sobre a predação, foi a que teve o segundo maior número de respostas na pergunta sobre os conteúdos estomacais. Sendo esta espécie um esparídeo muito semelhante às espécies do género *Diplodus*, também pode ser um eficaz controlador das populações de ouriços-do-mar. De facto, existem vários registos da dourada como predador de ouriços-do-mar (Sala *et al.*, 1998b; Guidetti *et al.*, 2005). O sargo-safia (*D. vulgaris*) também foi mencionado e, embora com uma menor frequência de respostas nas primeiras questões, foi a terceira espécie mais mencionada na questão dos conteúdos estomacais. Tal como o sargo, a referida espécie também está descrita como um eficaz predador de ouriços-do-mar (*e.g.* Sala, 1997). Os assuntos relacionados com os peixes predadores de *P. lividus* são aprofundados com maior detalhe na secção 5.3.

Quanto aos invertebrados, o polvo (*O. vulgaris*), as estrelas-do-mar e os moluscos gastrópodes também foram mencionados, tendo os dois primeiros uma maior frequência de respostas. A estrela-do-mar *Marthasterias glacialis* é considerada uma predadora com a capacidade de influenciar a estrutura das populações de ouriços-do-mar (Bonaviri *et al.*, 2009). Em Boudouresque & Verlaque (2007) estão listadas como predadoras várias espécies de estrelas-do-mar (onde está incluída a espécie *M. glacialis*), o polvo e várias espécies de moluscos gastrópodes. Deste último grupo, os referidos autores incluem na lista de predadores de *P. lividus* a buzina (*C. lampas*), que também foi mencionada algumas vezes pelos pescadores no presente estudo.

Aparentemente, grande parte das pessoas inquiridas não tinha conhecimento acerca dos efeitos *top-down* entre os predadores de ouriços-do-mar, ouriços-do-mar e comunidade de algas, sendo que mais de metade considerou que os predadores não têm a capacidade de controlar a abundância de ouriços-do-mar. Além disso, as opiniões foram divididas em relação à influência dos ouriços-do-mar sobre a comunidade de algas. De facto, como já referido, estes três níveis tróficos podem ter importantes relações ecológicas entre si. Por outro lado, as opiniões podem não estar muito longe da verdade visto que, na costa alentejana, devido ao comportamento críptico aparentemente adotado pelos ouriços-do-mar, estas relações entre predadores, ouriços-do-mar e comunidade de algas podem ser pouco importantes, ao contrário do que acontece noutros locais do mundo com esta e outras espécies (*e.g.* Pederson & Johnson, 2006; Esclamado, 2006; Bonaviri *et al.*, 2009; Clemente *et al.*, 2010). O facto da maioria dos ouriços-do-mar observados no presente estudo estar sobretudo abrigada em frestas ou buracos contribui para esta explicação.

Relativamente a *urchin barrens*, mais de metade dos inquiridos (sendo a grande maioria pescadores) não tinha conhecimento deste tipo de fundos rochosos. Quando questionados se já tinham observado fundos deste género, apenas um terço dos inquiridos afirmou que sim. No entanto, as respostas foram muito variadas e pouco consistentes. Além disso, a maior parte das pessoas que afirmou que já tinham visto zonas semelhantes à descrita não tinha a certeza de que o que observou seria devido

ao efeito dos ouriços-do-mar, dado que não repararam em grandes quantidades de exemplares desta espécie nos referidos locais. Uma menor quantidade de inquiridos afirmou recordar-se de observar poças de maré na zona intertidal com uma grande quantidade de ouriços-do-mar que, embora de pequenas dimensões, tinham as características descritas de *urchin barren*. Esta situação é comum em algumas poças de maré de zonas intertidais (observação pessoal).

Embora grande parte dos inquiridos considerasse que as AMP têm um efeito positivo sobre as comunidades em geral, uma menor proporção considerou que as mesmas têm um efeito benéfico sobre os ouriços-do-mar. Uma justificação foi de que este recurso não beneficia dos efeitos da proteção, dado que a apanha é pouco intensa e é um recurso abundante. No entanto, o efeito da reserva pode ser benéfico no sentido em que a proteção dos predadores de ouriços-do-mar pode ajudar no controlo deste equinoderme, evitando eventuais surtos da sua população que podem gerar efeitos cascata (e.g. Sala & Zabala, 1996).

Tendo em conta os efeitos diretos e indiretos (captura de predadores) da exploração humana e a abundância geral desta espécie na região, é possível que a apanha de ouriços-do-mar não constitua perigo para a conservação deste recurso na costa alentejana (Castro, 2004). No presente estudo, alguns inquiridos referiram que devia ser permitida a captura de uma maior quantidade de ouriços-do-mar por pessoa/dia (este limite de 2 kg não foi alterado pela portaria em vigor desde janeiro de 2014 relativa à pesca lúdica; Portaria 14/2014, de 23 de janeiro), visto que, aparentemente, a apanha é mais intensa apenas na altura da Páscoa, enquanto que no resto do ano são poucas as pessoas que vão apanhar exclusivamente este marisco. Na verdade, Castro (2004) afirmou que, embora a predação humana de *P. lividus* seja intensa na Páscoa e praticada anualmente, é provável que, entre dois períodos de exploração, a sua abundância nos locais explorados seja reconstituída a partir do *stock* subtidal desta espécie, onde é abundante e quase inexplorada pelo Homem.

5.2. Potencial herbívoro de *Paracentrotus lividus*

As macroalgas desempenham um papel importante em habitat bentónicos de substrato duro de regiões temperadas e subtropicais, onde atuam como engenheiras do ecossistema (ver Jones *et al.*, 1994), sendo responsáveis pela fixação de carbono e fornecimento de energia para níveis tróficos superiores (Sangil *et al.*, 2012; Watt & Scrosati, 2013). Além disso, constituem um ambiente físico que suporta diferentes comunidades de invertebrados e vertebrados, muitos destes com valor económico para a pesca.

Os ouriços-do-mar estão entre os herbívoros mais eficientes em habitat marinhos bentónicos, tendo o potencial de afetar a estrutura das comunidades biológicas pela remoção da cobertura de macroalgas ou pelo impedimento do seu

estabelecimento (Benedetti-Cecchi *et al.*, 1998). Como já demonstrado, na amostragem de *P. lividus* do presente estudo verificou-se que o referido ouriço-do-mar apresentava uma baixa densidade (ver secção 5.1.1.1), sendo, desse modo, presumido que o seu papel como herbívoro em relação à comunidade de macroalgas bentónicas não seja muito importante na costa alentejana. No entanto, em estudos manipulativos realizados por Palacín *et al.* (1998) foi verificado que, mesmo em baixas densidades, *P. lividus* pode exercer um efeito perceptível na estrutura da comunidade de algas. Desse modo, é importante compreender concretamente qual é o papel deste herbívoro na estrutura da comunidade de macroalgas bentónicas da costa alentejana, com base em experiências manipulativas.

Neste estudo manipulativo, tanto nas análises univariadas como nas multivariadas, não se verificaram respostas do sistema a algum dos fatores considerados e na escala temporal estudada (58 dias). Depois de se verificar que não ocorriam, na maior parte dos casos, diferenças significativas entre tratamentos no início da experiência (T_{inicial}), foram analisados os dados obtidos no final da experiência (T_{final}). Nessas análises também não se verificou alguma variação significativa da percentagem de cobertura dos grupos morfofuncionais de algas e da estrutura da comunidade entre os diferentes tratamentos dos fatores herbivoria e predação. Esta ausência de diferenças significativas pode ser devida a dois motivos: (1) à ausência de um efeito herbívoro de *P. lividus* sobre as macroalgas; e (2) à insuficiência da duração da experiência para a deteção de efeitos significativos.

Estes resultados apoiam o que já foi discutido na secção 5.1.1.1 quanto ao papel passivo de *P. lividus* como herbívoro. Em vez de se alimentarem ativamente de algas folhosas, poderão ter um comportamento mais passivo, alimentando-se de algas à deriva enquanto estão abrigados nas frestas ou buracos do substrato (ver Jacinto *et al.*, 2013). De facto, a grande maioria dos ouriços-do-mar amostrados no estudo observacional dos padrões de distribuição e abundância (ver secção 4.1.1.1) estavam abrigados nesses micro-habitat. Este comportamento é muitas vezes associado à pressão predatória visto que, segundo Guidetti *et al.* (2003), quanto mais os ouriços-do-mar são suscetíveis à predação, maior é a tendência para se abrigarem nos seus refúgios. A predação pode, desse modo, afetar, não só a densidade, mas também o comportamento críptico desta espécie de equinoderme (Guidetti, 2004). O mecanismo pelo qual os ouriços-do-mar detetam os seus predadores ainda não é claro mas as suas respostas são provavelmente mediadas pela sensibilidade a estímulos bioquímicos, podendo estar relacionadas com a deteção de substâncias químicas libertadas pelos predadores durante os ataques predatórios (Kats & Dill, 1988; Hagen *et al.*, 2002). Contudo, os resultados desta experiência manipulativa não indicam que a predação esteja a causar um efeito inibitório sobre o potencial herbívoro de *P. lividus*. Por outro lado, fatores como o hidrodinamismo podem desempenhar esse efeito sobre o papel herbívoro dos ouriços-do-mar, fazendo com que os exemplares do referido equinoderme permaneçam em abrigos para resistir à força das correntes (Jacinto *et*

al., 2013). Com isto, estes resultados não corroboram a segunda hipótese biológica (“o papel herbívoro de *P. lividus* é influenciado pela sua exposição à predação, sendo que, quando fica livre da mesma, adquire um papel mais ativo como herbívoro em vez de um comportamento críptico que adota na presença de predadores”) pelo que a mesma é rejeitada.

Apesar dos efeitos *top-down* serem muito comuns na dinâmica de ecossistemas de fundos rochosos de outros locais do mundo, como no Mar Mediterrâneo (*e.g.* Giakoumi *et al.*, 2012) e em florestas de *kelp* (*e.g.* Tegner & Dayton, 2000; Byrnes *et al.* 2006; Norderhaug & Christie, 2009), os resultados do presente estudo sugerem que os referidos efeitos podem não ser importantes entre os predadores, ouriços-do-mar e comunidade de algas na costa estudada, provavelmente devido ao comportamento críptico de *P. lividus* como herbívoro.

Esta experiência manipulativa provavelmente necessitava de mais tempo de duração, de modo a ser obtida uma resposta mais concreta, e mensurável através das técnicas usadas, do sistema às manipulações efetuadas. Numa experiência *in situ* com jaulas semelhante à do presente trabalho, Alves *et al.* (2003) obtiveram resultados acerca da herbivoria de ouriço-do-mar *D. antillarum* em 4 meses após o início da mesma. No entanto, no presente trabalho, as condições marítimas não permitiram a continuidade desta experiência, tendo sido apenas possível atingir aproximadamente dois meses de duração.

Além disso, poderia ter sido importante identificar as macroalgas até ao menor nível taxonómico possível (espécie ou género), em vez de as mesmas terem sido agrupadas em grupos morfofuncionais, de forma a evidenciar eventuais preferências na dieta de *P. lividus*. Tal como noutras espécies de ouriço-do-mar (*e.g.* Tuya *et al.*, 2001; Souza *et al.*, 2008), *P. lividus* também consome preferencialmente determinados *taxa* de algas (ver Boudouresque & Verlaque, 2007). Essas preferências alimentares variam conforme a idade e o tamanho dos ouriços-do-mar, a disponibilidade de alimento, a morfologia geral e textura das algas, a facilidade com que o ouriço-do-mar pode alcançar o alimento, e a altura do ano (Paine & Vadas, 1969). Além disso, essa seletividade varia também com o facto de que alguns organismos fotossintéticos sintetizam metabólitos tóxicos ou repelentes (*e.g.* *Asparagopsis armata*, alga folhosa invasora e bastante abundante na área de estudo), variando ainda com a calcificação de macroalgas, que pode constituir um fator importante, uma vez que *P. lividus* evita a maioria das algas coralináceas (Paine & Vadas, 1969).

No presente estudo não foi tida em conta a competição de *P. lividus* com outros herbívoros nem os resultados evidenciaram alguma variação significativa que sugerisse a ocorrência de efeitos desses herbívoros sobre a comunidade de algas. No entanto, há que ter em conta outros grupos de organismos invertebrados e vertebrados que podem ter a capacidade de influenciar a estrutura da comunidade de produtores primários. No caso dos invertebrados, é comum coexistirem várias espécies de ouriços-do-mar herbívoros na mesma região. Contudo, na costa alentejana, a segunda espécie

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

de ouriço-do-mar que ocorre em maior abundância - *Sphaerechinus granularis* - encontra-se comumente em zonas mais profundas em relação a *P. lividus* e ao nível de profundidade amostrado no presente trabalho (Mamede, 2011; observação pessoal). Por esse motivo, e por apresentarem densidades geralmente baixas, é assumido que não devem consistir um potencial competidor visto que, em condições ilimitadas de recursos, os nichos alimentares e habitacionais provavelmente não se devem sobrepor (ver Alves *et al.*, 2001).

Enquanto os ouriços-do-mar e outros invertebrados são amplamente considerados como grandes herbívoros em sistemas de clima temperado, os peixes herbívoros são frequentemente referidos como tendo uma menor importância (Ruitton *et al.*, 2000). Contudo, certos peixes como a salema (*Sarpa salpa*) são considerados na bibliografia como importantes herbívoros, tendo a capacidade de influenciar a estrutura da comunidade de macroalgas (Verlaque, 1990; Havelange *et al.* 1997; Sala & Boudouresque, 1997). Além disso, os peixes do género *Diplodus* também têm um papel importante na comunidade de macroalgas (Hereu, 2006). Sendo omnívoros, estes peixes podem, por um lado, reduzir diretamente a biomassa de algas mas, como predadores, podem controlar as populações de ouriços-do-mar e, conseqüentemente, reduzir a pressão de herbivoria através de efeitos cascata (Hereu, 2006). Desse modo, os efeitos *top-down*, quando existentes, podem não seguir o modelo simplificado entre predadores, ouriços-do-mar e macroalgas, porque os próprios predadores de ouriços-do-mar ocupam mais do que um grupo trófico, podendo desempenhar um papel múltiplo enquanto se alimentam também de macroalgas (ver Sala & Boudouresque, 1997). Também Ruitton *et al.* (2000) sugeriram que, em áreas não protegidas, tanto os peixes como os invertebrados herbívoros podem controlar a comunidade de macroalgas embora a importância relativa de cada um possa variar consoante a profundidade, sendo os primeiros mais importantes no controlo de algas em zonas mais profundas. Contudo, os mesmos autores referiram que a importância dos peixes como herbívoros em áreas protegidas pode ser superior à dos ouriços-do-mar, pressupondo que a sua abundância e tamanho sejam maiores nestas áreas.

5.3. Predadores de *Paracentrotus lividus*

A predação é um dos mais fortes processos biológicos que afetam a estrutura das comunidades e a organização dos ecossistemas, podendo exercer uma influência importante sobre a distribuição e abundância das presas (Clemente *et al.*, 2007).

Os peixes têm sido relatados como o grupo mais importante e diversificado de predadores de ouriços-do-mar (Sala, 1997 e suas referências). Nas filmagens realizadas no presente estudo, foram identificadas apenas duas espécies que conseguiram efetivamente alimentar-se do ouriço-do-mar *P. lividus*: o esparídeo *D. vulgaris* e o

labrídeo *C. julis*. Embora muitas espécies sejam referidas como potenciais predadores de *P. lividus* na bibliografia (ver Boudouresque & Verlaque, 2007), alguns estudos recentes têm fornecido evidências de que apenas algumas são eficientes predadores, tendo a capacidade de influenciar os padrões de distribuição e abundância dos ouriços-do-mar. As espécies mais referidas dividem-se em dois grupos: as que se alimentam tanto de ouriços-do-mar adultos como de juvenis - *D. sargus*, *D. vulgaris* e *S. aurata* - e as que se alimentam apenas de indivíduos pequenos - *C. julis* e *Thalassoma pavo* (bodião-verde) (Sala & Zabala, 1996; Sala, 1997; Sala *et al.*, 1998b; Guidetti, 2004; Guidetti *et al.*, 2005; Hereu *et al.*, 2005; Guidetti, 2006). O primeiro grupo é constituído por peixes com grande importância económica em todo o mundo. Dessa forma, qualquer decréscimo na sua abundância (*e.g.* devido à pesca) pode acarretar consequências nas suas presas (ouriços-do-mar) e, conseqüentemente, em toda a comunidade bentónica de substratos rochosos. Desses, o esparídeo *D. sargus* foi observado nas filmagens do presente estudo, mas em nenhuma situação foi observado a alimentar-se dos exemplares de *P. lividus* disponibilizados. Esta observação não está de acordo com os resultados de outros estudos semelhantes, dado que se considera que esta espécie é um dos predadores mais importantes do ouriço-do-mar *P. lividus* (Sala & Zabala, 1996). Por exemplo, Figueiredo *et al.* (2005), por análises de conteúdos estomacais, identificaram os ouriços-do-mar como um importante componente da dieta de *D. sargus* em habitat costeiros dos Açores. Esta contradição entre o presente estudo e a bibliografia pode ser devida a várias situações: (1) a abundância de *D. sargus* era provavelmente mais pequena em relação a *D. vulgaris* no local onde foram realizadas as filmagens, permitindo, desse modo, que as poucas observações realizadas de peixes a quebrarem as placas do esqueleto de ouriços-do-mar fossem de *D. vulgaris*; (2) a proximidade dos mergulhadores da câmara de filmar pode ter influenciado de alguma forma o comportamento de *D. sargus*, contrariamente a *D. vulgaris*; (3) o número de observações pode não ter sido suficiente.

Para reduzirem a sua vulnerabilidade aos predadores, os ouriços-do-mar, como muitos animais, desenvolveram características físicas, químicas e comportamentais (Gianguzza *et al.*, 2010). Da mesma forma, os próprios predadores também desenvolveram estratégias para se conseguirem alimentar destas presas. A forma como cada predador se alimenta das presas depende, além de outros fatores, do tamanho de ambos (Guidetti, 2004; Sala, 1997). Nas filmagens realizadas, *D. vulgaris* foi observado a alimentar-se de *P. lividus* de dimensões médias (aproximadamente 30 mm de diâmetro equatorial) enquanto *C. julis* consumiu apenas exemplares pequenos (<10 mm). A espécie *D. vulgaris* conseguiu quebrar os exemplares desta espécie de ouriço-do-mar, partindo-os na sua parte oral, e *C. julis* alimentou-se de exemplares inteiros através de sucção. Estas técnicas de alimentação observadas correspondem pormenorizadamente ao descrito por Sala (1997) em relação às mesmas espécies.

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

No presente estudo observaram-se algumas espécies que se alimentaram de exemplares de *P. lividus* cujas placas do esqueleto foram previamente partidas pelos mergulhadores. Essas incluíram, além de *D. vulgaris* e *C. julis*, uma espécie do género *Parablennius* e o caboz *Gobius xanthocephalus*. Muitas das espécies mencionadas na literatura como consumidores de *P. lividus*, na verdade alimentam-se de restos de ouriços-do-mar já partidos por outras espécies, sendo estas designadas por *scavengers* (Sala, 1997). As mesmas obviamente não possuem a capacidade de controlar a abundância dos ouriços-do-mar. É importante, desse modo, fazer esta distinção em estudos deste tipo.

Nas filmagens realizadas não foi observada alguma espécie de invertebrado a alimentar-se de *P. lividus*. Em estudos futuros, é necessário ter em conta outros grupos de potenciais predadores de *P. lividus*, visto que, em situações onde há falta de predadores naturais e de exploração humana deste equinoderme, outros animais podem adquirir funções de predador-chave (*e.g.* estrela-do-mar *M. glacialis*, considerada uma espécie predadora com a capacidade de influenciar a estrutura das populações de ouriços-do-mar; Bonaviri *et al.*, 2009; ver também Pederson & Johnson, 2006). Em estudos do género seria importante captar os hábitos de alimentação de outros organismos invertebrados que são considerados potenciais predadores de *P. lividus* como estrelas-do-mar, crustáceos, polvos ou moluscos gastrópodes (ver Boudouresque & Verlaque, 2007). Para tal, as filmagens deveriam ser realizadas em vários locais com diferentes características (*e.g.* tipo de algas dominantes, tipo de substrato, rugosidade do substrato, etc...), de modo a captar o máximo de diversidade de habitat possível e em diferentes horas do dia, de modo a captar hábitos de alimentação de espécies com diferentes picos de atividade durante o dia e a noite. Além disso, os predadores de pequenas dimensões mais inconspícuos também podem ter um impacto semelhante ou ainda maior do que os grandes predadores, principalmente no período após o recrutamento de ouriços-do-mar, quando estes últimos estão mais vulneráveis (ver Norderhaug & Christie, 2009; Bonaviri *et al.*, 2012). Dessa forma, em estudos deste género também seria necessário ter em conta a micropredação.

O sucesso da predação de ouriços-do-mar pode estar relacionado com a rugosidade do substrato, sendo que a disponibilidade de abrigos tem demonstrado reduzir a vulnerabilidade à predação (Clemente *et al.*, 2007; Flukes *et al.*, 2012). Além disso, a força de adesão de *P. lividus* ao substrato também afeta a resistência contra os predadores. A mesma varia conforme a comunidade de algas dominante do substrato (maior força de adesão de ouriços-do-mar em fundos dominados por algas encrustantes; Gianguzza *et al.*, 2010) e conforme o micro-habitat onde se encontrem, visto que exemplares de *P. lividus* presentes em buracos têm uma maior força de adesão comparativamente a exemplares livres no substrato (Jacinto & Cruz, 2012). Nesta secção não foi realizada qualquer avaliação relativa à influência da topografia do

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

substrato na predação, embora em estudos semelhantes seja aconselhável ter esses fatores em conta.

Este estudo foi apenas descritivo, não tendo sido avaliada a pressão predatória sobre este ouriço-do-mar. Para tal, seria aconselhável a realização de experiências manipulativas *in situ* para determinar a taxa de sobrevivência de *P. lividus* em diferentes condições (*e.g.* dentro e fora de AMP, em diferentes tipos de micro-habitat). Um método frequentemente utilizado para esse fim é designado de *tethering*, que consiste numa avaliação da taxa de sobrevivência com base no número de exemplares de ouriços-do-mar predados num determinado período de tempo (ver Clemente *et al.*, 2007; 2009; Bonaviri *et al.*, 2009).

6. Conclusões

No presente estudo foi possível: (1) descrever algumas características acerca do papel ecológico do ouriço-do-mar *P. lividus*, tanto como presa como predador, investigando as relações entre os três níveis tróficos considerados; (2) estudar o efeito de uma área marinha protegida (Ilha do Pessegueiro) sobre as comunidades biológicas, comparando os diferentes grupos de organismos observados entre essa área e uma área com atividade pesqueira; e (3) obter as opiniões e percepções de pescadores e mergulhadores que interagem direta e indiretamente com o ouriço-do-mar *P. lividus*, acerca de várias questões de âmbito ecológico e económico.

O primeiro assunto a destacar diz respeito ao papel de *P. lividus* como herbívoro. Pelos resultados do estudo observacional dos padrões de distribuição e abundância de *P. lividus*, verificou-se que a grande maioria dos exemplares amostrados estava abrigada em buracos e frestas do substrato. Este resultado poderá indicar que este ouriço-do-mar tem um papel passivo como herbívoro, adotando um comportamento críptico em que permanece nesses abrigos e se alimenta de algas à deriva ou de macroalgas em áreas adjacentes aos mesmos, tal como previamente sugerido em estudos realizados na costa alentejana. Além disso, os resultados do estudo manipulativo sobre o potencial herbívoro desta espécie sugerem que *P. lividus* não aparenta ter um efeito significativo sobre a comunidade de macroalgas bentónicas, o que reforça a ideia anterior.

Na comparação entre uma área marinha protegida (Ilha do Pessegueiro) e uma área com atividade pesqueira (Praia do Burrinho) não foi observada alguma diferença significativa nos grupos de organismos estudados (macroalgas e macroinvertebrados bentónicos, e peixes). Foi sugerido que esta ausência de diferenças poderá ser devida à recente implementação desta área marinha protegida (três a cinco anos, consoante o tipo de pesca), sendo que os efeitos benéficos deste tipo de proteção costumam aumentar com o tempo de duração da mesma e serem mais evidentes após ter decorrido mais tempo.

Pela comparação de diferentes grupos de organismos entre áreas com diferente estatuto de proteção, não foi detetada alguma diferença que demonstrasse terem existido efeitos *top-down* evidentes entre os predadores de *P. lividus*, *P. lividus* e a comunidade de algas. A ausência dessas evidências poderá ser devida ao comportamento críptico que *P. lividus* aparentemente adota na costa em questão e à importância que pode ter nas suas relações tróficas com predadores e presas.

O aparente comportamento críptico de *P. lividus*, assim como as baixas densidades desse ouriço-do-mar obtidas neste estudo, indicam que a ocorrência de *urchin barrens* é inexistente ou muito reduzida e localizada em torno de refúgios de ouriços-do-mar, tal como sugerido anteriormente em estudos realizados na costa alentejana. Além disso, as respostas obtidas nos inquéritos acerca do conhecimento da

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

ocorrência deste tipo de fundo rochoso na costa alentejana são variadas e inconsistentes, corroborando essa presunção.

Relativamente aos predadores deste ouriço-do-mar, no estudo descritivo realizado com base em filmagens subaquáticas no habitat subtidal rochoso foi possível observar duas espécies a predação *P. lividus*. Essas espécies - *Diplodus vulgaris* e *Coris julis* - estão descritas na bibliografia como eficazes predadores de *P. lividus*, tendo a capacidade de controlar a sua população. Por outro lado, *Diplodus sargus*, uma espécie descrita na bibliografia como um importante predador de *P. lividus*, não foi observado em alguma situação a aproximar-se dos exemplares disponibilizados no presente estudo. A mesma situação verificou-se em relação a *Sparus aurata*. Nas perguntas realizadas nos inquéritos acerca dos predadores de *P. lividus*, as espécies mais comumente referidas incluem *D. sargus*, *D. vulgaris* e *S. aurata*, o que apoia o facto de estes esparídeos serem importantes predadores do ouriço-do-mar em estudo.

Em suma, os resultados das várias experiências do presente estudo indicam que na costa alentejana: (1) *P. lividus* aparenta ter um comportamento críptico e, por esse motivo, tem um efeito menos importante na estruturação da comunidade de macroalgas bentónicas; (2) a área marinha protegida considerada não aparenta, até à data, ter tido efeitos significativos sobre a abundância e/ou tamanho dos vários organismos estudados; (3) as espécies de peixe *D. vulgaris* e *C. julis*, abundantes na costa alentejana, poderão ser importantes predadores de *P. lividus*. Por fim (4), os resultados obtidos nos inquéritos indicam que nesta costa: a apanha recreativa de ouriços-do-mar é uma atividade frequente em habitat rochosos intertidais e subtidais pouco profundos durante o inverno e na primavera e, principalmente, na Páscoa; a ocorrência de *urchin barrens* não é conhecida pela maioria dos inquiridos; a grande maioria dos pescadores encontrou vestígios de ouriços-do-mar nos conteúdos estomacais de determinadas espécies de peixe (e.g. *D. sargus*, *D. vulgaris*, *S. aurata*).

7. Referências bibliográficas

- Alves, F.M.A., Chícharo, L.M., Serrão, E. & Abreu, A.D. (2001). Algal cover and sea urchin spatial distribution at Madeira Island (NE Atlantic). *Scientia Marina* **65**(4): 383-392.
- Alves, F.M.A., Chícharo, L.M., Serrão, E. & Abreu, A.D. (2003). Grazing by *Diadema antillarum* (Philippi) upon algal communities on rocky substrates. *Scientia Marina* **67**(3): 307-311.
- Anderson, M. J. (2001). A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology* **26**: 32-46.
- Anderson, M.J. (2006) Distance-based tests for homogeneity of multivariate dispersions. *Biometrics* **62**: 245-253.
- Anderson, M.J., Gorley, R.N. & Clarke, K.R. (2008). PERMANOVA+ for PRIMER: Guide to Software and Statistical Methods. PRIMER-E: Plymouth, UK.
- Araújo, R., Bárbara, I., Sousa-Pinto, I. & Quintino, V. (2005). Spatial variability of intertidal rocky shore assemblages in the northwest coast of Portugal. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **64**: 658-670.
- Bakus, G.J. (2006). Index, in Quantitative Analysis of Marine Biological Communities: Field Biology and Environment, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA. doi: 10.1002/9780470099186.index.
- 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). *Marine Ecology Progress Series* **163**: 203-211.
- Bertocci, I., Dominguez, R., Machado, I., Freitas, C., Godino, J.D., Sousa-Pinto, I., Gonçalves, M. & Gaspar, M.B. (2014). Multiple effects of harvesting on populations of the purple sea urchin *Paracentrotus lividus* in north Portugal. *Fisheries Research* **150**: 60-65.
- Bonaviri, C., Fernández, T.V., Badalamenti, F., Gianguzza, P., Lorenzo, M.D. & Riggio, S. (2009). Fish versus starfish predation in controlling sea urchin populations in Mediterranean rocky shores. *Marine Ecology Progress Series* **382**: 129-138.
- Bonaviri, C., Fernández, T.V., Fanelli, G., Badalamenti, F. & Gianguzza, P. (2011). Leading role of the sea urchin *Arbacia lixula* in maintaining the barren state in southwestern Mediterranean. *Marine Biology* **158**(11): 2505-2513.
- Bonaviri, C., Gianguzza, P., Pipitone, C. & Hereu, B. (2012). Micropredation on sea urchins as a potential stabilizing process for rocky reefs. *Journal of Sea Research* **73**: 18-23.
- Boudouresque, C.F. & Verlaque, M. (2007). Ecology of *Paracentrotus lividus*. In Lawrence, J.M. (2007). Edible Sea Urchins: Biology and Ecology. Second Edition. *Developments in Aquaculture and Fisheries Science* **37**.

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

- Bray, J.R. & Curtis, J.T. (1957). An ordination of the upland forest communities of the Southern Wisconsin. *Ecological Monographs* **27**: 225-349.
- Bulleri, F., Benedetti-Cecchi, L. & Cinelli, F. (1999). Grazing by the sea urchins *Arbacia lixula* L. and *Paracentrotus lividus* Lam. in the Northwest Mediterranean. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **241**: 81-95.
- Byrnes, J., Stachowicz, J.J., Hultgren, K.M., Hughes, A.R., Olyarnik, S.V. & Thornber, C.S. (2006). Predator diversity strengthens trophic cascades in kelp forests by modifying herbivore behavior. *Ecology Letters* **9**: 61-71.
- Cardona, L., Sales, M. & López, D. (2007). Changes in fish abundance do not cascade to sea urchins and erect algae in one of the most oligotrophic parts of the Mediterranean. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **72**: 273-282.
- Castro, J.J. (2004). Predação humana no litoral rochoso alentejano: caracterização, impacte ecológico e conservação. Tese de Doutoramento. Universidade de Évora.
- Ceccherelli, G., Pinna, S. & Sechi, N. (2009). Evaluating the effects of protection on *Paracentrotus lividus* distribution in two contrasting habitats. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **81**: 59-64.
- CIEMAR (2012). Substrato móvel subtidal. Monitorização de Ambientes Marinhos do Porto de Sines - MAPSi 2009/2011. Relatório final. Laboratório de Ciências do Mar da Universidade de Évora. 152 pp.
- CIEMAR (2013). Monitorização dos fatores ecológicos e biológicos marinhos - BioGNL. Terceiro Relatório Final. Laboratório de Ciências do Mar da Universidade de Évora. 128 pp.
- Clarke, K.R. & Warwick, R.M. (2001). Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation, 2nd edition. PRIMER-E, Plymouth.
- Clarke, K.R. & Gorley, R.N. (2006). PRIMER v6: User Manual/Tutorial. PRIMER-E, Plymouth.
- Clemente, S., Hernández, J.C., Toledo, K. & Brito, A. (2007). Predation upon *Diadema* aff. *antillarum* in barren grounds in the Canary Islands. *Scientia Marina* **71**(4): 745-754.
- Clemente, S., Hernández, J.C. & Brito, A. (2009). Evidence of the top-down role of predators in structuring sublittoral rocky-reef communities in a Marine Protected Area and nearby areas of the Canary Islands. *ICES Journal of Marine Science* **66**: 64-71.
- Clemente, S., Hernández, J.C., Rodríguez, A. & Brito, A. (2010). Identifying keystone predators and the importance of preserving functional diversity in sublittoral rocky-bottom areas. *Marine Ecology Progress Series* **413**: 55-67.

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

- Clemente, S., Hernández, J.C., Montañ-Moctezuma, G., Russell, M.P. & Ebert, T.A. (2013). Predators of juvenile sea urchins and the effect of habitat refuges. *Marine Biology* **160**: 579-590.
- Esclamado, N. (2006). Sea Urchin Predation in Misali Island Marine Park. ISP Collection. Paper 330. Disponível em WWW:<http://digitalcollections.sit.edu/isp_collection/330>.
- Estes, J.A. & Duggins, D.O. (1995). Sea otters and kelp forests in Alaska: generality and variation in a community ecological paradigm. *Ecological Monographs* **65**(1): 75-100.
- Estes, J.A., Tinker, M.T., Williams, T.M. & Doak, D.F. (1998). Killer Whale Predation on Sea Otters Linking Oceanic and Nearshore Ecosystems. *Science* **282**: 473-476.
- Figueiredo, M.A.O., Barreto, M.B.B. & Reis, R.P. (2004). Characterization of macroalgae in the marine communities of Cairuçu Environmental Protected Area, Parati, RJ - bases for future monitoring. *Revista Brasileira de Botânica* **27**(1): 11-17.
- Figueiredo, M., Morato, T., Barreiros, J., Afonso, P. & Santos, R.S. (2005). Feeding ecology of the white seabream, *Diplodus sargus*, and the ballan wrasse, *Labrus bergylta*, in the Azores. *Fisheries Research* **75**: 107-119.
- Flukes, E.B., Johnson, C.R. & Ling, S.D. (2012). Forming sea urchin barrens from the inside out: an alternative pattern of overgrazing. *Marine Ecology Progress Series* **464**: 179-194.
- Gago, J., Range, P. & Luis, O.J. (2003). Growth, reproductive biology and habitat selection of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in the coastal waters of Cascais, Portugal. In Féral, J.P., David, B. (Eds.). *Echinoderm Research 2001*. 269-276 pp.
- Giakoumi, S., Cebrian, E., Kokkoris, G.D., Ballesteros, E. & Sala, E. (2012). Relationships between fish, sea urchins and macroalgae: The structure of shallow rocky sublittoral communities in the Cyclades, Eastern Mediterranean. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **109**: 1-10.
- Gianguzza, P., Chiantore, M., Bonaviri, C., Cattaneo-Vietti, R., Vielmini, I. & Riggio, S. (2006). The effects of recreational *Paracentrotus lividus* fishing on distribution patterns of sea urchins at Ustica Island MPA (Western Mediterranean, Italy). *Fisheries Research* **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. *Marine Environmental Research* **70**: 82-86.
- Guidetti, P., Frascchetti, S., Terlizzi, A. & Boero, F. (2003). Distribution patterns of sea urchins and barrens in shallow Mediterranean rocky reefs impacted by the

- illegal fishery of the rock-boring mollusc *Lithophaga lithophaga*. *Marine Biology* **143**: 1135-1142.
- Guidetti, P. (2004). Consumers of sea urchins, *Paracentrotus lividus* and *Arbacia lixula*, in shallow Mediterranean rocky reefs. *Helgoland Marine Research* **58**: 110-116.
 - Guidetti, P., Terlizzi, A. & Boero, F. (2004). Effects of the edible sea urchin, *Paracentrotus lividus*, fishery along the Apulian rocky coast (SE Italy, Mediterranean Sea). *Fisheries Research* **66**: 287-297.
 - Guidetti, P., Bussotti, S. & 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. *Marine Environmental Research* **59**: 333-348.
 - Guidetti, P. (2006). Marine reserves reestablish lost predatory interactions and cause community changes in rocky reefs. *Ecological Applications* **16**(3): 963-976.
 - Guidetti, P. & Dulcic, J. (2007). Relationships among predatory fish, sea urchins and barrens in Mediterranean rocky reefs across a latitudinal gradient. *Marine Environmental Research* **63**: 168-184.
 - Guidetti, P. & Sala, E. (2007). Community-wide effects of marine reserves in the Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series* **335**: 43-56.
 - Guiomar, C. (1997). Aspectos da biologia e exploração do ouriço-do-mar *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) (Echinodermata: Echinoidea) na costa alentejana. Relatório de estágio profissionalizante da licenciatura em Biologia Aplicada aos Recursos Animais Marinhos. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. 64pp.
 - Hackney, J.M., Carpenter, R.C. & Adey, W.H. (1989). Characteristic adaptations to grazing among algal turfs on a Caribbean coral reef. *Phycology* **28**: 109-119.
 - Hagen, N.T., Andersen, A. & Stabell, O.B. (2002). Alarm responses of the green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*, induced by chemically labelled durophagous predators and simulated acts of predation. *Marine Biology* **140**: 365-374.
 - Havelange, S., Lepoint, G., Dauby, P. & Bouquegneau J.-M. (1997). Feeding of the sparid fish *Sarpa salpa* in a seagrass ecosystem: diet and carbon flux. *Marine Ecology* **18**(4): 289-297.
 - Hereu, B., Zabala, M., Linares, C. & Sala, E. (2005). The effects of predator abundance and habitat structural complexity on survival of juvenile sea urchins. *Marine Biology* **146**: 293-299.
 - Hereu, B. (2006). Depletion of palatable algae by sea urchins and fishes in a Mediterranean subtidal community. *Marine Ecology Progress Series* **313**: 95-103.

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

- 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. & Cruz, T. (2013). Patterns of abundance, population size structure and microhabitat usage of *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) in SW Portugal and NW Italy. *Marine biology* **160**(5): 1135-1146.
- Jackson, J.B.C., Kirby, M.X., Berger, W.H., Bjorndal, K.A. & outros (2001). Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems. *Science* **293**: 629-637.
- Jones, C.G., Lawton, J.H. & Shachak, M. (1994). Organisms as ecosystem engineers. *Oikos* **69**: 373-386.
- Kats, L.B. & Dill, L.M. (1998). The scent of death: Chemosensory assessment of predation risk by prey animals. *Écoscience* **5**(3): 361-394.
- Lawrence, J.M. (2007). Edible Sea Urchins: Biology and Ecology. Second Edition. *Developments in Aquaculture and Fisheries Science* **37**.
- Littler, M.M. & Littler, D.S. (1984). Relationships between macroalgal functional form groups and substrata stability in a sub-tropical rocky intertidal system. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **74**: 13-34.
- Mamede, N. (2011). Comunidades bentónicas do subtidal rochoso do Sudoeste Alentejano: análise de padrões de distribuição. Orientador: Teresa Cruz. Coorientador: David Jacinto. Projeto de Investigação em Ciências Biológicas II. Universidade de Évora. 21pp.
- Marta-Almeida, M. & Dubert, J. (2006). The structure of tides in the Western Iberian region. *Continental Shelf Research* **26**: 385-400.
- McClanahan, T.R. (1999). Predation and the Control of the Sea Urchin *Echinometra viridis* and Fleshy Algae in the Patch Reefs of Glovers Reef, Belize. *Ecosystems* **2**: 511-523.
- Micheli, F., Halpern, B.S., Botsford, L.W. & Warner, R.R. (2004). Trajectories and correlates of community change in no-take marine reserves. *Ecological Applications* **14**(6): 1709-1723.
- Mosquera, I., Côté, I.M., Jennings, S. & Reynolds, J.D. (2000). Conservation benefits of marine reserves for fish populations. *Animal Conservation* **4**, 321-332.
- Norderhaug, K.M. & Christie, H.C. (2009). Sea urchin grazing and kelp re-vegetation in the NE Atlantic. *Marine Biology Research* **5**: 515-528.
- Paine, R.T. & Vadas, R.L. (1969). The effects of grazing by sea urchins *Stongylocentrotus* spp. on benthic algal populations. *Limnology and oceanography* **14**: 710-719.

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

- 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. *Journal of Sea Research* **39**: 281-290.
- Pederson, H.G. & Johnson, C.R. (2006). Predation of the sea urchin *Heliocidaris erythrogramma* by rock lobsters (*Jasus edwardsii*) in no-take marine reserves. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **336**: 120-134.
- Portaria n.º 143/2009 de 5 de Fevereiro. Diário da República n.º25 – 1.ª série. Presidência do Conselho de Ministros e Ministérios da Defesa Nacional, do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, da Economia e da Inovação e da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas. Disponível em WWW:<URL:www.dre.pt>.
- Portaria n.º 458-A/2009 de 4 de maio. Diário da República n.º85 – 1.ª série. Presidência do Conselho de Ministros e Ministérios da Defesa Nacional, do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, da Economia e da Inovação e da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas. Disponível em WWW:<URL:www.dre.pt>.
- Portaria n.º 115-A/2011 de 24 de março. Diário da República n.º59 – 1.ª série. Presidência do Conselho de Ministros e Ministérios da Defesa Nacional, do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, da Economia e da Inovação e da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas. Disponível em WWW:<URL:www.dre.pt>.
- Portaria n.º 14/2014 de 23 de janeiro. Diário da República n.º16 – 1.ª série. Presidência do Conselho de Ministros e Ministérios das Finanças, da Defesa Nacional, da Economia, do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Agricultura e do Mar. Disponível em WWW:<URL:www.dre.pt>.
- Posey, M., Lindberg, W., Alphin, T. & Vose, F. (1996). Influence of storm disturbance on an offshore benthic community. *Bulletin of Marine Science* **59**(3): 523-529.
- Resolução do Conselho de Ministros n.º 11-B/2011 de 4 de fevereiro. Diário da República n.º25 – 1ª série. Disponível em WWW:<URL:www.dre.pt>.
- Risk, M.J. (1972). Fish diversity on a coral reef in the Virgin Islands. *Atoll Research Bulletin* **193**: 1-6.
- Ruitton, S., Francour, P. & Boudouresque, C.F. (2000). Relationships between Algae, Benthic Herbivorous Invertebrates and Fishes in Rocky Sublittoral Communities of a Temperate Sea (Mediterranean). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **50**: 217-230.
- Russ, G.R. & Alcala, A.C. (2004). Marine reserves: long-term protection is required for full recovery of predatory fish populations. *Oecologia* **138**: 622-627.

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

- Sala, E. & Zabala, M. (1996). Fish predation and the structure of the sea urchin *Paracentrotus lividus* populations in the NW Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series* **140**: 71-81.
- Sala, E. (1997). Fish predators and scavengers of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in protected areas of the north-west Mediterranean Sea. *Marine Biology* **129**: 531-539.
- Sala, E. & Boudouresque, C.F. (1997). The role of fishes in the organization of a Mediterranean sublittoral community. I: Algal communities. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **212**: 25-44.
- Sala, H., Ribes, M., Hereu, B., Zabala, M., Alvà, V., Coma, R. & Joaquim, A. (1998a). Temporal variability in abundance of the sea urchins *Paracentrotus lividus* and *Arbacia lixula* in the northwestern Mediterranean: comparison between a marine reserve and an unprotected area. *Marine Ecology Progress Series* **168**: 135-145.
- Sala, E., Boudouresque, C.F. & Harmelin-Vivien, M. (1998b). Fishing, Trophic Cascades, and the Structure of Algal Assemblages: Evaluation of an Old but Untested Paradigm. *Oikos* **82**(3): 425-439.
- Saldanha, L. (1974). Estudo do povoamento dos horizontes superiores da rocha litoral da costa da Arrábida (Portugal). *Arquivos do Museu Bocage, Lisboa, 2ª Série*, **5**(1): 1-382.
- Sangil, C., Clemente, S., Martín-García, L. & Hernández, J.C. (2012). No-take areas as an effective tool to restore urchin barrens on subtropical rocky reefs. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **112**: 207-215.
- Shears, N.T. & Babcock, R.C. (2002). Marine reserves demonstrate top-down control of community structure on temperate reefs. *Oecologia* **132**: 131-142.
- Siddon, C.E. & Witman, J.D. (2003). Influence of chronic, low-level hydrodynamic forces on subtidal community structure. *Marine Ecological Progress Series* **261**: 99-110.
- Souza, C.F., Oliveira, A.S. & Pereira, R.C. (2008). Feeding preference of the sea urchin *Lytechinus variegatus* (Lamarck, 1816) on seaweeds. *Brazilian Journal of Oceanography* **56**(3): 239-247.
- Steneck, R.S. & Watling, L. (1982). Feeding capabilities and limitation of herbivorous molluscs: a functional group approach. *Marine Biology* **68**: 299-319.
- Steneck, R.S. & Dethier, M.N. (1994). A functional group approach to the structure of algal-dominated communities. *Oikos* **69**: 476-498.
- Tegner, M.J. & Dayton, P.K. (2000). Ecosystem effects of fishing in kelp forest communities. *ICES Journal of Marine Science* **57**: 579-589.
- Trudgill, S.T., Smart, P.L., Friederich, H. & Crabtree, R.W. (1987). Bioerosion of intertidal limestone, Co. Clare, Eire.1. *Marine Geology* **74**: 85-98.

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

- 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., Martín, J.A., Reuss, G.M. & Luque, A. (2001). Food preferences of the sea urchin *Diadema antillarum* in Gran Canaria (Canary Islands, central-east Atlantic Ocean). *Journal of the Marine Biological Association of the UK* **81**: 845-849.
- Underwood, A.J. (1997). Experiments in ecology: their logical design and interpretation using analysis of variance. Cambridge University Press.
- Verlaque, M. (1987). Contribution à l'étude du phytobenthos d'un écosystème photophile thermophile marin en Méditerranée occidentale. Etude structurale et dynamique du phytobenthos et analyse des relations faune-flore. Tese de Doutoramento. Universidade de Aix-Marseille II. 396 pp.
- Verlaque, M. (1990). Relations entre *Sarpa salpa* (Linnaeus, 1758) (Téléostéen, Sparide), les autres poissons brouteurs et le phytobentos algal méditerranéen. *Oceanologica Acta* **13**(3): 373-388.
- Villamor, A. & Becerro, M.A. (2010). Matching spatial distributions of the sea star *Echinaster sepositus* and crustose coralline algae in shallow rocky Mediterranean communities. *Marine Biology* **157**: 2241-2251.
- Watt, C.A. & Scrosati, R.A. (2013). Bioengineer effects on understory species richness, diversity, and composition change along an environmental stress gradient: Experimental and mensurative evidence. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **123**: 10-18.
- Witman, J.D. & Dayton, P.K. (2001). Rocky Subtidal Communities. In Bertness, M.D., Gaines, S.D. & Hay, M.E. (2001). The Marine Community Ecology. *Sinauer Associates, Inc.*

8. Anexos

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

Anexo I: Modelo do questionário realizado a pescadores e mergulhadores na costa alentejana.

Nome do inquiridor: _____	Local: _____
Data: _____	Hora: _____

A. Padrão de atividade, captura e abundância de ouriços-do-mar

1. Tipo de atividade(s) que exerce (classificar as atividades que exerce com maior frequência: 1 – mais frequente):

Pesca lúdica	<input type="checkbox"/> Pesca profissional	Mergulho (sem pesca)
<input type="checkbox"/> Pesca à linha a partir de terra		<input type="checkbox"/> Profissional
<input type="checkbox"/> Pesca à linha embarcada		<input type="checkbox"/> Recreativo com escafandro autónomo
<input type="checkbox"/> Marisqueio		<input type="checkbox"/> Recreativo livre
<input type="checkbox"/> Pesca submarina		

2. Com que frequência costuma exercer esta(s) atividade(s) na costa alentejana? _____

3. Há quantos anos exerce esta(s) atividade(s) na costa alentejana? _____

4. Em que zonas da costa alentejana costuma exercer esta(s) atividade(s)? _____

(Assinalar no mapa 1 em anexo)

5. Costuma apanhar ouriços-do-mar na costa alentejana?

- Sim Não NS/NR

Se sim, diga como (em imersão/emersão) e onde _____

(Assinalar no mapa 1 em anexo)

6. Se respondeu que sim à pergunta anterior, diga a que fim se destinam os ouriços-do-mar por si capturados.

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Consumo próprio | <input type="checkbox"/> Exportação comercial |
| <input type="checkbox"/> Venda parcial ou total | <input type="checkbox"/> NS/NR |
| <input type="checkbox"/> Outro fim _____ | |

Se se destinam à venda ou exportação, a que preço vende atualmente cada kg de ouriços-do-mar? _____ (euros)

7. Se respondeu que sim à pergunta 5, diga se a apanha de ouriços-do-mar é importante para:

- | | |
|--|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> alimentação própria ou da sua família | <input type="checkbox"/> lazer |
| <input type="checkbox"/> a economia própria ou da sua família | <input type="checkbox"/> NS/NR |

8. Considera que, desde que pratica esta(s) atividade(s) na costa alentejana, a quantidade de ouriços-do-mar nesta costa tem:

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Diminuído muito | <input type="checkbox"/> Aumentado pouco |
| <input type="checkbox"/> Diminuído pouco | <input type="checkbox"/> Aumentado muito |
| <input type="checkbox"/> É aproximadamente igual | <input type="checkbox"/> NS/NR |

Diga porquê _____

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

9. Considera que, desde que pratica esta(s) atividade(s) na costa alentejana, o tamanho de ouriços-do-mar nesta costa tem:

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Diminuído muito | <input type="checkbox"/> Aumentado pouco |
| <input type="checkbox"/> Diminuído pouco | <input type="checkbox"/> Aumentado muito |
| <input type="checkbox"/> É aproximadamente igual | <input type="checkbox"/> NS/NR |

Diga porquê _____

10. Desde que pratica esta(s) atividade(s), a intensidade da apanha de ouriços-do-mar na costa alentejana tem:

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Diminuído muito | <input type="checkbox"/> Aumentado pouco |
| <input type="checkbox"/> Diminuído pouco | <input type="checkbox"/> Aumentado muito |
| <input type="checkbox"/> É aproximadamente igual | <input type="checkbox"/> NS/NR |

Diga porquê _____

11. Acha que existem locais da costa alentejana onde a apanha de ouriços-do-mar é mais intensa?

- | | | |
|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> NS/NR |
|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|

Se sim, diga onde _____ (Assinalar no mapa 1 em anexo)

12. Acha que existem alturas do ano em que a apanha de ouriços-do-mar na costa alentejana é mais intensa?

- | | | |
|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> NS/NR |
|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|

Se sim, diga quando _____

13. Considera que existem diferentes tipos de ouriço-do-mar na costa alentejana?

- | | | |
|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> NS/NR |
|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|

Se sim, em que consistem as diferenças entre esses tipos? _____

B. Biologia e ecologia de ouriços-do-mar

14. Na sua opinião, de que se alimentam os ouriços-do-mar que conhece na costa alentejana?

15.1. Na sua opinião, que animais podem ser predadores de ouriços-do-mar?

15.2. Considera que algum dos seguintes animais se alimenta de ouriços-do-mar?

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Sargo (sargo-legítimo) | <input type="checkbox"/> Pampo (peixe-porco, cangulo) |
| <input type="checkbox"/> Safia (sargo-safia) | <input type="checkbox"/> Estrelas-do-mar |
| <input type="checkbox"/> Moluscos gastrópodes. Quais? _____ | <input type="checkbox"/> Crustáceos. Quais? _____ |
| <input type="checkbox"/> Outros _____ | |

16. Considera que os predadores podem controlar a abundância de ouriços-do-mar?

- | | | |
|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> NS/NR |
|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|

17. Considera que os ouriços-do-mar podem controlar a abundância e o tipo de algas que vivem agarradas às rochas?

- | | | |
|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> NS/NR |
|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|

18.1. Conhece fundos rochosos dominados por algas encrustantes calcárias (*urchin barren*)?

- | | | |
|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> NS/NR |
|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|

18.2. Já viu ou tem conhecimento de ocorrer algum fundo deste tipo na costa alentejana?

- | | | |
|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> NS/NR |
|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|

Se sim, diga onde _____ (Assinalar no mapa 1 em anexo)

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

19.1. Costuma amarrar o peixe que captura ou de que se alimenta?

- Sim Não NS/NR

19.2. Se sim, quando o faz costuma observar vestígios de ouriços-do-mar no estômago de peixes?

- Sim Não NS/NR

Se sim, em que espécie(s) de peixe fez estas observações? _____

C. Efeitos diretos e indiretos da pesca e o papel das áreas marinhas protegidas

20. Na sua opinião, a pesca na costa alentejana pode reduzir a densidade e o tamanho de ouriços-do-mar?

- Sim Não NS/NR

Se sim, diga porquê _____

21.1. Tem conhecimento de que o plano de ordenamento do Parque Natural do Sudoeste Alentejano e Costa Vicentina (PNSACV) inclui desde 2011 diferentes regimes de proteção marinha?

- Sim Não NS/NR

Se sim, diga quais são os regimes de proteção marinha que conhece no PNSACV e onde se localizam as respetivas áreas protegidas. _____

(Assinalar no mapa 2 em anexo)

21.2. Na sua opinião, as áreas marinhas protegidas do PNSACV têm protegido os recursos vivos?

- Sim Não NS/NR

Diga porquê _____

21.3. Considera que as áreas marinhas protegidas do PNSACV têm ou podem vir a ter algum efeito sobre a abundância de ouriços-do-mar neste parque natural?

- Sim Não NS/NR

Se sim, diga porquê _____

D. Dados pessoais:

22. Idade: _____ anos. 23. Atividade profissional: _____

24. Naturalidade (concelho): _____ 25. Residência (concelho): _____

26. Género

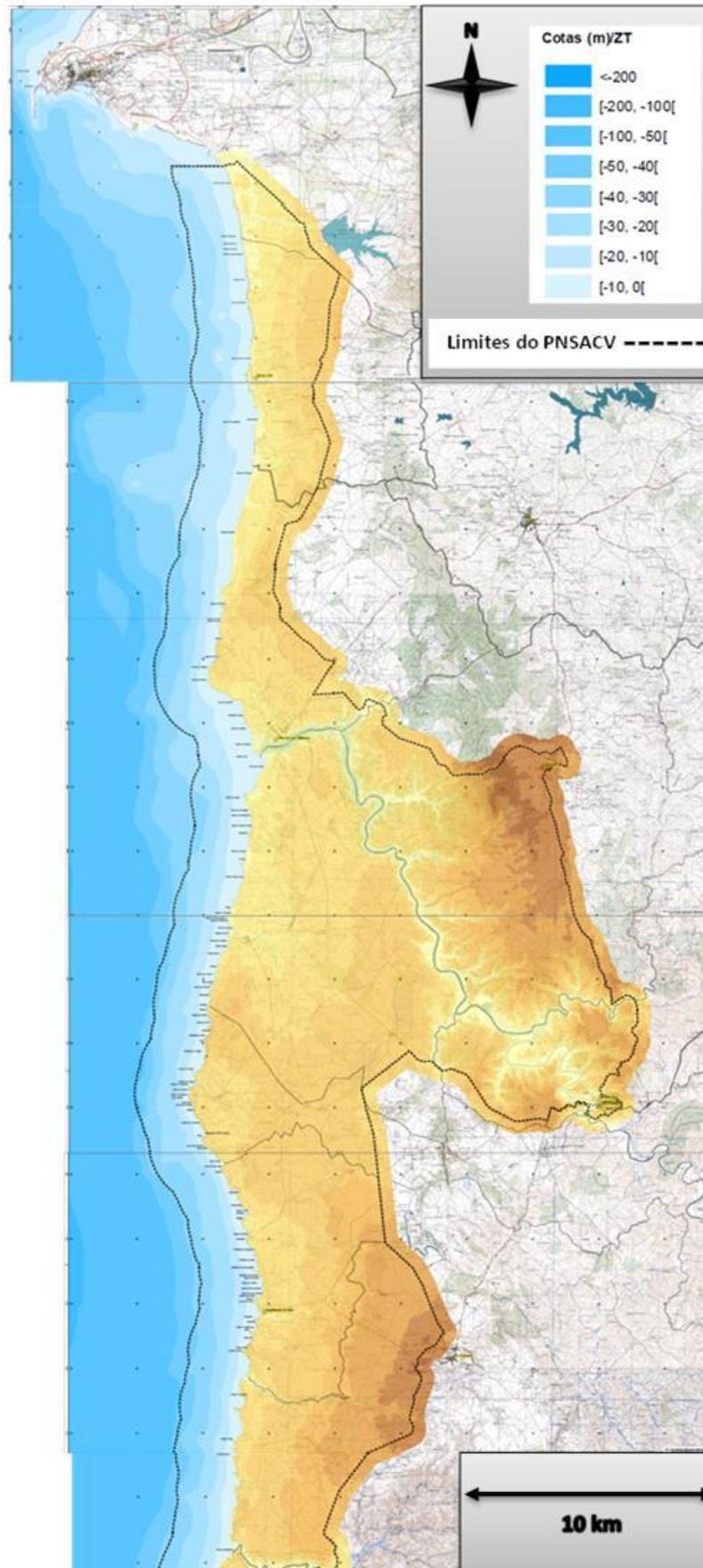
- Masculino Feminino

Muito obrigado pela sua colaboração.

NS/NR – Não sabe/Não responde

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

Mapa da costa alentejana com a representação das cotas batimétricas e os limites do PNSACV (questões 4, 5, 11 e 18.2)



Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

Anexo II – Classes dimensionais consideradas na amostragem dos taxa de peixes e mariscos no estudo de populações de ouriços-do-mar e dos seus predadores e presas.

Tabela 12: Classes dimensionais consideradas na amostragem de peixes em transectos em faixa no estudo dos padrões de distribuição e abundância.

Espécies		Classe dimensional (cm)		
		Pequeno	Médio	Grande
Não crípticos	<i>Aphia minuta</i>	<1.9	1.9-3.9	>3.9
	<i>Balistes capriscus</i>	<20	20-40	>40
	<i>Boops boops</i>	<15	15-30	>30
	<i>Centrolabrus exoletus</i>	<4.3	4.3-8.6	>8.6
	<i>Chelon labrosus</i>	<20	20-40	>40
	<i>Coris Julis</i>	<8.3	8.3-16.7	>16.7
	<i>Dicentrarchus labrax</i>	<36	36-72	>72
	<i>Dicentrarchus punctatus</i>	<36	36-72	>72
	<i>Diplodus annularis</i>	<15	15-30	>30
	<i>Diplodus bellottii</i>	<15	15-30	>30
	<i>Diplodus cervinus</i>	<15	15-30	>30
	<i>Diplodus puntazzo</i>	<15	15-30	>30
	<i>Diplodus sargus</i>	<15	15-30	>30
	<i>Diplodus vulgaris</i>	<15	15-30	>30
	<i>Gobiusculus flavescens</i>	<2	2-4	>4
	<i>Labrus bergylta</i>	<20	20-40	>40
	<i>Labrus mixtus</i>	<11.7	11.7-23.3	>23.3
	<i>Liza aurata</i>	<20	20-40	>40
	<i>Liza ramada</i>	<20	20-40	>40
	<i>Lithognathus mormyrus</i>	<18.3	18.3-36.7	>36.7
	<i>Mullus surmuletus</i>	<18	18-36	>36
	<i>Oblada melanura</i>	<10	10-20	>20
	<i>Pagellus acarne</i>	<18	18-36	>36
	<i>Pagrus pagrus</i>	<20	20-40	>40
	<i>Sarpa salpa</i>	<18	18-36	>36
	<i>Serranus atricauda</i>	<11.7	11.7-23.3	>23.3
	<i>Serranus cabrilla</i>	<13.3	13.3-26.6	>26.6
	<i>Sparus aurata</i>	<19	19-38	>38
	<i>Spondylisoma cantharus</i>	<23	23-46	>46
	<i>Syngnathus acus</i>	<15	15-30	>30
<i>Trisopterus luscus</i>	<17	17-34	>34	
Crípticos	<i>Apletodon dentatus</i>	<1.3	1.3-2.6	>2.6
	<i>Callionymus lyra</i>	<10	10-20	>20
	<i>Callionymus reticulatus</i>	<3.7	3.7-7.3	>3.7
	<i>Conger conger</i>	<58	58-116	>116
	<i>Ctenolabrus rupestris</i>	<6	6-12	>12
	<i>Gaidropsarus mediterraneus</i>	<8.3	8.3-16.6	>16.6
	<i>Gobius cobitis</i>	<9	9-18	>18
	<i>Gobius cruentatus</i>	<6	6-12	>12
	<i>Gobius gasteveni</i>	<4	4-8	>8
	<i>Gobius niger</i>	<5	5-10	>10
	<i>Gobius paganellus</i>	<4	4-8	>8
	<i>Gobius xanthocephalus</i>	<3.3	3.3-6.6	>6.6
	<i>Halobatrachus didactylus</i>	<16.7	16.7-33.3	>33.3
	<i>Lepadogaster spp.</i>	<2.3	2.3-4.6	>4.6
	<i>Muraena helena</i>	<50	50-100	>100
	<i>Parablennius gattorugine</i>	<10	10-20	>20
	<i>Parablennius pilicornis</i>	<3.7	3.7-7.3	>7.3
	<i>Parablennius ruber</i>	<3	3-6	>6
	<i>Parablennius tentacularis</i>	<5	5-10	>10
	<i>Pomatoschistus marmoratus</i>	<2.2	2.2-4.4	>4.4
	<i>Pomatoschistus minutus</i>	<3.2	3.2-6.4	>6.4
	<i>Pomatoschistus pictus</i>	<1.9	1.9-3.8	>3.8
	<i>Scorpaena notata</i>	<6.7	6.7-13.3	>13.3
	<i>Scorpaena porcus</i>	<8.3	8.3-16.6	>16.6
	<i>Symphodus bailloni</i>	<6.7	6.7-13.4	>13.4
	<i>Symphodus cinereus</i>	<5.3	5.3-10.6	>10.6
	<i>Symphodus melops</i>	<9.3	9.3-18.6	>18.6
<i>Symphodus roissali</i>	<5.7	5.7-10.4	>10.4	
<i>Tripterygion delaisi</i>	<3	3-6	>6	

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

Tabela 13: Classes dimensionais consideradas na amostragem de mariscos e peixes em frestas no estudo dos padrões de distribuição e abundância.

	<i>Taxa</i>	Classe dimensional (cm)		
		Pequeno	Médio	Grande
Crustacea	<i>Necora puber</i>	<5	5-10	>10
	<i>Maja squinado</i>	<12	12-24	>24
	<i>Scyllarus arctus</i>	<5	5-10	>10
	<i>Palinurus elephas</i>	<9,5	9,5-19	>19
	<i>Homarus gammarus</i>	<8,5	8,5-17	>17
Mollusca	<i>Octopus vulgaris</i> (peso, kg)	<0,75	0,75-1,5	>1,5
	<i>Sepia officinalis</i> (comp. manto)	<10	10-20	>20
Peixes	<i>Conger conger</i>	<58	58-116	>116
	<i>Muraena helena</i>	<50	50-100	>100

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

Anexo III – Abundância de *taxa* e outros elementos identificados no estudo de populações de ouriços-do-mar e dos seus predadores e presas.

Tabela 14: Valores médios de densidade (+ erro padrão) por transecto de 20x2 m² (N=4) das espécies identificadas na amostragem de *P. lividus* e outros macroinvertebrados de mobilidade reduzida em cada área com diferente regime de proteção (AAP e AMP) e em cada local (norte e sul). Legenda: AAP – área com atividade pesqueira (Praia do Burrinho); AMP – área marinha protegida (Ilha do Pessegueiro).

Espécie	AAP		AMP	
	Norte	Sul	Norte	Sul
<i>Paracentrotus lividus</i>	17.25 ± 7.11	63.00 ± 5.69	11.00 ± 3.54	27.75 ± 2.56
<i>Sphaerechinus granularis</i>	0.00	0.00	0.00	0.25 ± 0.25
<i>Marthasterias glacialis</i>	0.25 ± 0.25	4.25 ± 1.11	0.00	1.00 ± 0.41
<i>Holothuria arguinensis</i>	1.00 ± 0.00	0.50 ± 0.50	4.00 ± 0.41	0.00
<i>Holothuria forskali</i>	9.25 ± 0.85	1.00 ± 1.41	9.75 ± 2.29	0.00
<i>Ophiocomina nigra</i>	5.50 ± 3.01	0.00	0.00	0.00
<i>Ophioderma longicauda</i>	1.00 ± 0.41	0.00	0.00	0.00
<i>Felimare villafranca</i>	0.00	0.00	0.50 ± 0.50	0.00

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

Tabela 15: Valores médios de percentagem de cobertura (\pm erro padrão) dos grupos e outros elementos identificados na amostragem de macroalgas e invertebrados sésseis conspícuos feita com um quadrado de 50x50 cm (N=6) em cada área com diferente regime de proteção (AAP e AMP) e em cada local (norte e sul). Legenda: AAP – área com atividade pesqueira (Praia do Burrinho); AMP – área marinha protegida (Ilha do Pessegueiro).

<i>Taxa/grupo</i>		AAP		AMP	
		Norte	Sul	Norte	Sul
Abiótico	Rocha livre	0.00	0.33 \pm 0.33	0.00	6.67 \pm 3.78
	Detritos	5.83 \pm 1.82	0.00	6.00 \pm 5.42	2.50 \pm 1.12
	Areia	0.00	0.00	10.83 \pm 5.83	22.33 \pm 5.12
Macroalgas	Filamentosas	2.17 \pm 1.33	11.50 \pm 6.17	4.83 \pm 1.08	0.00
	Folhosas Duras	4.67 \pm 2.01	7.17 \pm 0.87	1.17 \pm 0.79	15.17 \pm 9.01
	Folhosas Moles	26.50 \pm 7.22	24.83 \pm 3.88	37.50 \pm 4.78	54.83 \pm 7.55
	Encrustantes Duras	43.00 \pm 6.16	41.67 \pm 5.15	19.83 \pm 6.65	1.67 \pm 0.95
	Encrustantes Moles	9.33 \pm 2.86	14.83 \pm 3.96	2.33 \pm 1.94	22.33 \pm 10.89
	Cespitosas	10.50 \pm 3.45	13.17 \pm 5.04	13.50 \pm 6.71	3.83 \pm 0.83
Invertebrados	Annelida	0.00	0.00	<1	0.00
	Anthozoa	4.00 \pm 0.67	0.00	1.00 \pm 0.17	3.00 \pm 0.50
	Ascidiacea	1.00 \pm 0.17	0.00	0.00	0.00
	Cirripedia	0.00	0.00	<1	0.00
	Echinodermata	2.00 \pm 0.21	7.00 \pm 0.65	10.00 \pm 0.76	0.00
	Hydrozoa	3.00 \pm 0.50	0.00	0.00	0.00
	Porifera	<1	0.00	0.00	0.00

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

Tabela 16: Valores médios de densidade (\pm erro padrão) por transecto de 20x2 m² (N=4) dos *taxa* identificados na amostragem de peixes em transectos em faixa em cada área com diferente regime de proteção (AAP e AMP) e em cada local (norte e sul). Legenda: AAP – área com atividade pesqueira (Praia do Burrinho); AMP – área marinha protegida (Ilha do Pessegueiro).

<i>Taxa</i>	AAP		AMP	
	Norte	Sul	Norte	Sul
<i>Boops boops</i>	0.50 \pm 0.50	127.00 \pm 94.75	29.75 \pm 7.19	0.00
<i>Chelon labrosus</i>	0.00	1.00 \pm 1.00	0.25 \pm 0.25	0.00
<i>Coris julis</i>	3.00 \pm 1.00	2.00 \pm 1.08	8.75 \pm 2.32	8.50 \pm 1.19
<i>Ctenolabrus rupestris</i>	0.75 \pm 0.48	0.25 \pm 0.25	1.25 \pm 0.95	0.25 \pm 0.25
<i>Dicentrarchus labrax</i>	0.00	0.00	0.25 \pm 0.25	0.00
<i>Diplodus cervinus</i>	0.00	0.00	0.25 \pm 0.25	0.00
<i>Diplodus sargus</i>	0.50 \pm 0.29	0.25 \pm 0.25	4.00 \pm 2.31	0.50 \pm 0.29
<i>Diplodus vulgaris</i>	26.00 \pm 24.67	4.75 \pm 2.17	18.50 \pm 4.27	5.25 \pm 4.59
<i>Gobius cobitis</i>	0.25 \pm 0.25	0.25 \pm 0.25	0.25 \pm 0.25	0.75 \pm 0.48
<i>Gobius gasteveni</i>	0.50 \pm 0.50	0.25 \pm 0.25	0.00	0.50 \pm 0.50
<i>Gobiusculus flavescens</i>	2.75 \pm 2.43	0.25 \pm 0.25	50.25 \pm 20.21	10.00 \pm 10.00
<i>Labrus bergylta</i>	3.50 \pm 1.32	2.25 \pm 0.48	1.25 \pm 0.63	1.25 \pm 0.75
<i>Lepadogaster</i> spp.	0.00	0.25 \pm 0.25	0.00	0.00
<i>Muraena helena</i>	0.00	0.00	0.00	0.25 \pm 0.25
<i>Parablennius gattorugine</i>	4.50 \pm 0.87	3.50 \pm 1.04	3.00 \pm 0.91	1.25 \pm 0.48
<i>Parablennius pilicornis</i>	3.25 \pm 1.38	5.00 \pm 0.41	2.00 \pm 0.41	2.50 \pm 0.87
<i>Parablennius tentacularis</i>	0.00	0.75 \pm 0.48	0.00	0.00
<i>Pollachius</i> sp.	0.00	0.25 \pm 0.25	0.00	0.00
<i>Pomatoschistus marmoratus</i>	0.25 \pm 0.13	0.00	0.00	0.00
<i>Serranus atricauda</i>	0.00	0.00	0.25 \pm 0.25	0.00
<i>Serranus cabrilla</i>	0.00	0.50 \pm 0.29	0.00	0.25 \pm 0.25
<i>Symphodus bailloni</i>	3.00 \pm 2.04	10.50 \pm 2.96	4.75 \pm 1.44	1.75 \pm 1.03
<i>Symphodus cinereus</i>	1.50 \pm 1.50	0.00	0.25 \pm 0.25	0.00
<i>Symphodus melops</i>	3.25 \pm 1.03	2.00 \pm 1.08	0.50 \pm 0.29	0.00
<i>Symphodus roissali</i>	1.25 \pm 0.75	1.00 \pm 0.71	0.50 \pm 0.50	0.00
<i>Tripterygion delaisi</i>	0.00	1.50 \pm 0.50	0.50 \pm 0.29	1.25 \pm 0.48

Relações ecológicas entre ouriços-do-mar e os seus predadores e presas no sudoeste de Portugal continental

Tabela 17: Valores médios de densidade (\pm erro padrão) por fresta (N=4) dos *taxa* identificados na amostragem de mariscos e peixes em frestas, em cada área com diferente regime de proteção (AAP e AMP) e em cada local (norte e sul). Legenda: AAP – área com atividade pesqueira (Praia do Burrinho); AMP – área marinha protegida (Ilha do Pessegueiro).

		AAP		AMP	
<i>Taxa</i>		Norte	Sul	Norte	Sul
Mariscos	<i>Necora puber</i>	0.10 \pm 0.00	0.23 \pm 0.06	0.10 \pm 0.00	0.55 \pm 0.00
	<i>Octopus vulgaris</i>	0.00	0.09 \pm 0.00	0.10 \pm 0.00	0.09 \pm 0.00
	<i>Scyllarus arctus</i>	0.83 \pm 0.35	0.73 \pm 0.32	0.20 \pm 0.00	0.00
Peixes	<i>Conger conger</i>	0.00	0.10 \pm 0.00	0.09 \pm 0.00	0.00
	<i>Muraena helena</i>	0.00	0.09 \pm 0.00	0.00	0.09 \pm 0.00