



Avaliação do efeito da natureza do substrato em comunidades intertidais

Eunice Rute Magalhães Nogueira Xavier

Ponta Delgada, 2013



Avaliação do efeito da natureza do substrato em comunidades intertidais

Dissertação apresentada à Universidade dos Açores para a obtenção do grau de Mestre em Biodiversidade e Biotecnologia Vegetal.

Orientadores:

- Professora Associada com Agregação Doutora Ana Isabel Neto, Departamento de Biologia; Universidade dos Açores.
- Doutor Gustavo M Martins, Investigador, CIIMAR, CIRN/ Departamento de Biologia; Universidade dos Açores.

Eunice Rute Magalhães Nogueira Xavier

Ponta Delgada, 2013

Aos meus Avós, Pais, Mana e Marido.

Agradecimentos

Agradeço imenso à Professora Ana Isabel Neto por aceitar orientar este trabalho e por toda a dedicação. A Ana é a pessoa com mais capacidade de trabalho que conheço e tem prazer no que faz. Obrigada pela amizade. É um prazer trabalhar contigo.

Obrigada ao Doutor Gustavo Martins por ter aceite ser meu co-orientador. Obrigado Gus.

A todos os meus colegas de mestrado: Afonso, Ana, Amélia, Bruno Ivo, Igor e Maria Inês.

A todo o grupo de biologia marinha em especial às pessoas que me acompanharam no campo: Afonso, Nuno Álvaro, Gustavo, Ruben, Carlos Ruis.

Obrigada Emanuel por toda ajuda nas saídas de campo.

À Eva Cacabelos e Rita Patarra pela revisão.

À Professora Mónica Moura pela organização do mestrado.

Obrigada aos meus Pais, Irmã e Marido pelo suporte e paciência que tiveram comigo.

Dedicatória -----	i
Agradecimentos -----	ii
Índice -----	iii
Resumo -----	iv
Abstract -----	v
Introdução -----	1
Metodologia -----	4
Resultados -----	11
Discussão -----	17
Bibliografia -----	20

Hoje em dia a degradação da zona litoral em todo o mundo é cada vez mais visível. As zonas costeiras naturais estão a ser progressivamente substituídas por estruturas artificiais construídas pelo homem para diversos fins, e.g abrandamento da erosão marinha, protecção de estruturas ligadas a actividades marítimas, etc... Nos países mais desenvolvidos a costa natural está visivelmente a desaparecer e cada vez mais se observam estruturas artificiais que, por sua vez, podem causar distúrbios na biodiversidade costeira de cada zona. Na Ilha de São Miguel, a mais desenvolvida do arquipélago, existe já um número considerável de estruturas artificiais.

De alguns anos a esta parte, a investigação sobre o efeito do urbanismo costeiro no sistema natural tem aumentado. Apesar desta tendência, poucos estudos têm-se centrado nas mudanças na distribuição e abundância de organismos, causadas pela introdução de estruturas feitas pelo homem. Nos Açores só se conhece um estudo realizado na ilha do Pico e que teve por objectivo avaliar o efeito de uma estrutura artificial, construída para diminuir a exposição da costa à acção das ondas, sobre a organização e o funcionamento das comunidades adjacentes.

O presente estudo teve como objectivo geral avaliar o efeito da natureza do substrato na composição e estrutura de comunidades do intertidal rochoso da ilha de São Miguel. Contemplou um desenho experimental que envolveu investigar molhes de basalto e molhes de cimento em diferentes locais do litoral da ilha, comparando as comunidades maduras de ambos e investigando a colonização de placas de substrato natural e artificial colocadas em ambos.

Os resultados obtidos para a caracterização das comunidades maduras revelaram que não existem diferenças significativas ao nível das associações epibióticas que habitam nos diferentes substratos (basalto/cimento) para nenhum dos níveis de costa estudados (infra e mediolitoral). Por outro lado, encontraram-se diferenças significativas ao nível da colonização das placas colocadas nos dois tipos de molhes. Os resultados sugerem que, embora a natureza do substrato não pareça ser factor condicionante das comunidades maduras, tem influência ao nível do recrutamento das placas, de acordo com o tipo placa, altura de costa e natureza dos molhes.

Degradation of the littoral ecosystems is increasing worldwide. The natural coastline is being replaced by artificial structures built either for land protection, or for protection of activities related to the sea. In most developed countries the natural shore is visibly disappearing and progressively being replaced by artificial structures that can impair coastal biodiversity. On the island of São Miguel, the most developed of the archipelago, there is already a considerable number of artificial structures on the coast.

Research on the effect of urbanization on coastal natural systems has increased recently. Despite this trend, few studies have focused on changes in the distribution and abundance of organisms, caused by the introduction of man-made structures. In the Azores only one study developed on the island of Pico is known. It was aimed to evaluate the effect of an artificial structure, built to minimize the influence of wave-action of the coast, on the organization and functioning of adjacent communities.

The present study aimed to evaluate the effect of the nature of the substrate on the composition and structure of rocky intertidal communities of the island of São Miguel. The experimental design adopted involved the characterization of established mature communities on seawalls made of basalt and cement, and to experimentally examine the effects of substrate nature on the colonization of assemblages on seawalls.

The structure of established mature communities was similar on seawalls made of the different substrates (basalt / cement) for any level of the coastline studied (infra/eulittoral). However, significant differences were found in the structure of early successional assemblages colonizing experimental plates of different substrate types (basalt vs cement), and which was also influenced by the nature of the surrounding habitat. The results suggest that the nature of the substrate does not seem to influence the mature communities but it influences the recruitment, depending on the type of plate, the level of the coast and the nature of the seawalls.

INTRODUÇÃO

Ao longo dos séculos, a recuperação de terras, o desenvolvimento costeiro, a pesca excessiva e a poluição têm contribuído para a destruição de muitas zonas húmidas da Europa. Estima-se que a cada dia entre 1960 e 1995, um quilómetro de litoral europeu foi desenvolvido, modificado ou degradado, perdendo-se cerca de 50% da área original de zonas costeiras e comunidades de algas marinhas (Airoldi & Beck, 2007).

Globalmente, muitas das zonas costeiras estão ameaçadas por inundações ou sujeitas a erosão costeira. A gravidade desses problemas tende a aumentar por causa da elevação do nível do mar e do aumento da frequência de tempestades. Consequentemente, o número de estruturas de defesa costeira aumentará consideravelmente nos próximos 25 anos (Thompson *et al.*, 2002). As estruturas duras de protecção feitas pelo homem, tais como estacas de suporte para cais, quebra-mares, molhes, paredões, pontões flutuantes e diques, estão-se tornando cada vez mais comuns nas áreas costeiras e estuarinas dos países desenvolvidos. Apesar de fornecerem novos habitats para a colonização de organismos marinhos, desconhece-se, por exemplo, o seu papel no sentido de facilitar as invasões biológicas (Bacchiocchi & Airoldi, 2003; Bulleri & Airoldi, 2006). Pouco se sabe igualmente sobre se albergam comunidades similares às zonas envolventes de substrato natural. Numa época em que a modificação humana de substratos naturais é cada vez mais referenciada como um agente de declínio populacional e extinção, a compreensão do papel das estruturas artificiais como habitats substitutos para porções naturais de litoral é crítica (Connell & Glasby, 1999). Há muitas políticas e directrizes que visam reduzir e reverter esta situação, mas a longa história de perda de habitat e transformação costeira pode vir a comprometer o êxito da gestão e da sustentabilidade futura dos poucos fragmentos de habitats costeiros nativos e semi-nativos que permanecem na Europa (Airoldi & Beck, 2007). A substituição de substratos naturais por artificiais leva à modificação das condições ambientais, afectando as populações de espécies naturais de um determinado local, e pouco se sabe sobre a forma como os organismos marinhos respondem à sua presença (Bacchiocchi & Airoldi, 2003; Dafforn *et al.*, 2012). A introdução de habitats artificiais num dado troço de litoral pode levar ao aumento da abundância e diversidade de espécies (Connell & Glasby, 1999). No entanto, no geral, as infraestruturas urbanas suportam diferentes comunidades e não funcionam como substituto de habitats rochosos naturais. A sua introdução na zona intertidal ou em águas perto da costa causa alteração das condições

bióticas e abióticas por fragmentação e perda de habitats naturais, indo com isso favorecer a eliminação de espécies que tinham as suas populações estabelecidas no habitat natural (Dafforn *et al.*, 2012). Se se tratar de introdução de substratos rígidos ao longo de costas sedimentares podem ocorrer mesmo alterações da biodiversidade local e regional, modificando padrões naturais de dispersão de espécies, ou facilitando a criação e disseminação de espécies exóticas (Bulleri & Chapman, 2010). Na generalidade, a diversidade característica de substratos artificiais corresponde a espécies invasoras capazes de dispersar posteriormente dos habitats artificiais para as comunidades naturais ao redor. Existem evidências que sugerem que as comunidades associadas às estruturas artificiais são geralmente menos diversificadas do que habitats naturais e podem suportar mais espécies não nativas invasivas do que habitats naturais (Firth *et al.*, 2013). As infraestruturas costeiras diferem dos habitats naturais de muitas maneiras, cada uma das quais pode afectar quais as espécies que podem estabelecer populações estáveis (Chapman & Bulleri, 2003; Moschella *et al.*, 2005; Perkol-Finke & Benayahu, 2007; Lam *et al.*, 2009). As superfícies artificiais tendem a ter um declive quase vertical e uma superfície muito homogénea, situação distinta em comparação ao habitat intertidal disponível em baías e praias naturais de baixo declive (Chapman & Bulleri, 2003; Moschella *et al.*, 2005; Perkol-Finke & Benayahu, 2007; Lam *et al.*, 2009). Consequentemente oferecem menor espaço disponível e um ângulo diferente à colonização, podendo potencialmente aumentar a intensidade das interações interespecíficas (Moreira *et al.*, 2006). Outro aspecto a considerar é a natureza do material a partir do qual as estruturas artificiais são fabricadas (Connell & Glasby, 1999). Das estruturas artificiais mais utilizadas podemos destacar os quebra-mares, molhes que servem para reduzir a intensidade das ondas e protecção de portos, que são feitos normalmente de betão/cimento e apresentam uma rugosidade e formato muito diferentes das estruturas naturais (Bulleri & Chapman, 2010).

De alguns anos a esta parte, a investigação sobre o efeito do urbanismo costeiro no sistema natural tem aumentado. Apesar desta tendência, poucos estudos têm-se centrado sobre as mudanças na distribuição e abundância de organismos, causadas pela introdução de estruturas feitas pelo homem (Connell & Glasby, 1999). Chapman & Bulleri (2003) compararam as comunidades entre habitats naturais e artificiais para determinar se existe uma perda real e fragmentação dos habitats naturais. Este estudo realizou-se na costa noroeste da Itália e investigou as mudanças nas comunidades marinhas causadas pela

construção de marinas, introduzindo diferentes tipos de habitats artificiais numa área relativamente pequena. As comunidades marinhas em molhes, paredões e costas rochosas adjacentes foram comparadas em três locais a milhares de metros de distância e avaliaram também os padrões ao longo do tempo durante um período de cerca de dois anos. Observaram diferenças nas comunidades entre os habitats naturais e artificiais e concluíram que o substrato artificial não pode ser considerado um substituto da costa rochosa natural.

Moreira (2006) estudou a influência que os molhes de arenito (pedra natural) e os molhes de betão têm sobre a distribuição de moluscos em Sydney Harbour (Austrália) e concluiu que a natureza do substrato condiciona a distribuição e abundância destes animais.

Um estudo pioneiro nos Açores foi o de Martins *et al.* (2009) realizado na ilha do Pico e que teve por objectivo avaliar o efeito de uma estrutura artificial associada a uma costa exposta na organização e o funcionamento dos sistemas adjacentes. Observaram que a redução na hidrodinâmica causada pelo molhe teve impacto no número de taxa, levando à substituição de cracas, lapas e algas frondosas por uma cobertura cada vez maior de algas efémeras. Estes efeitos foram evidentes, tanto em estados de sucessões imaturos como tardios, sugerindo que o impacte causado pela introdução do quebra-mar levou a uma mudança nas comunidades naturais/nativas, com potenciais consequências ecológicas e energéticas para o ecossistema.

O presente estudo, integrado no projecto “*BUS Estruturas urbanas: um factor de mudança na biodiversidade dos ecossistemas costeiros, PTDC/MAR-EST/2160/2012*”, tem como objectivo geral avaliar o efeito da natureza do substrato em comunidades intertidais. Abarca o litoral da ilha de São Miguel e integra duas componentes, nomeadamente: (i) investigação comparada para caracterizar a estrutura das comunidades em costas artificiais de diferente natureza de substrato (basalto vs cimento); e (ii) investigação experimental para avaliar o efeito da natureza do substrato na colonização das comunidades do intertidal rochoso.

METODOLOGIA

Breve abordagem ao litoral natural dos Açores

O arquipélago dos Açores está localizado no Oceano Atlântico entre 37° a 40°N e 25° a 31°W e é composto por 9 ilhas e vários ilhéus, ocupando uma área aproximada de 2344 km² demarcando o limite norte da Macaronésia (Fig.1). Situa-se aproximadamente a meio do Nordeste Atlântico, numa zona temperada quente e é influenciado por massas de ar tropical, temperado frio e polar. O clima é fortemente influenciado pelo oceano, fonte de permanente humidade e as costas são fustigadas por ventos fortes e circundadas por águas profundas e agitadas. As ilhas encontram-se divididas em três grupos: o grupo ocidental (Flores e Corvo), o grupo central (Terceira, Graciosa, São Jorge, Pico e Faial) e o grupo oriental (Santa Maria e São Miguel). As ilhas, de origem vulcânica, encontram-se na zona da Crista Médio-Atlântica, que separa a placa Americana, a Ocidente, das placas Euroasiática e Africana, a Este. Na Placa Americana encontram as ilhas de Flores e Corvo. As ilhas de Faial, Pico, São Jorge e Santa Maria situam-se na Placa Africana. As restantes ilhas (Graciosa, Terceira e São Miguel) encontram-se na fronteira entre esta placa e a Placa Euroasiática.



Fig. 1. Arquipélago dos Açores (elaborado por NVÁlvoro, CIIMAR/CIRN).

Na generalidade as costas das ilhas são variadas, indo de plataformas basálticas baixas, dominadas por escadas lávicas compactas e/ou blocos rochosos, a praias arenosas, elevada falésias e escarpas altas e íngremes. A linha de costa é extremamente acidentada, devido à sua origem vulcânica recente, o que torna o seu acesso difícil. As praias de areia são raras, estado ausentes em algumas ilhas. A zona litoral é caracterizada por uma dominância de substrato rochoso nas formas de calhau rolado, blocos de basalto e escoadas lávicas. O basalto é a rocha dominante e caracteriza-se por absorver o calor do sol criando um ambiente quente e seco agressivo para os organismos marinhos (Morton *et al.*, 1998). No entanto este substrato apresenta também depressões e fendas que são lugares ensombrados, frescos, e húmidos e que são muitas vezes colonizados por espécies que não se encontram na rocha exposta. Nas escoadas lávicas há poças litorais habitadas por diversos organismos incluindo algas frondosas e exuberantes. Estas extensões de costa de escoada lávica compactas e baixas, abrigam uma fauna considerável e são o substrato ideal para a fixação de organismos marinhos, principalmente as algas (Neto *et al.*, 2005).

As marés nos Açores têm baixa amplitude (menos de 2 m) e são semi-diurnas, ou seja, ficando a descoberto uma porção de costa duas vezes por dia (Instituto Hidrográfico, 2000).

As particularidades do substrato, a baixa amplitude de maré e a exposição à ondulação são os factores que mais influenciam a distribuição das comunidades intertidais no litoral açoriano. Estas comunidades são caracterizadas por uma distribuição dos organismos em bandas relativamente bem definidas, havendo uma elevada sobreposição entre povoamentos. Distinguem-se facilmente três zonas. A zona mais alta (supralitoral) é dominada por animais (e.g. *Tectarius striatus*) e por vezes contando com a presença do líquene *Lichina confinis* e da cianobactéria *Rivularia* sp. A zona intermédia (mediolitoral) é caracterizada pela distribuição de cracas e algas, sendo que estas no limite superior são frondosas (por exemplo: *Fucus spiralis*; *Gelidium microdon*; *Caulacanthus ustulatus*) e no limite inferior ocorrem predominantemente na forma de musgo. A zona mais próxima da água (infralitoral) é dominada por algas, maioritariamente de morfotipo frondoso (Neto & Tittley, 1995; Neto, 2000; Tittley, 2002; Neto *et al.*, 2005; Wallenstein *et al.*, 2008).

Caracterização das comunidades em estruturas artificiais

A caracterização das comunidades em estruturas artificiais da ilha de São Miguel fez-se nos dois tipos de substrato mais comumente usados para a protecção costeira: molhes de basalto e molhes de cimento. Para cada um deles, seleccionaram-se dois locais (basalto: Cruzeiro e Vila Franca do Campo; cimento: Vila Franca do Campo e Ponta Delgada (Fig. 2). Em cada um deles amostrou-se a duas alturas na costa, correspondentes ao eulitoral superior (zona das cracas) e inferior (zona das algas). A amostragem foi efectuada em três momentos: Outubro, Maio e Julho. Em cada amostragem, e para cada um dos níveis de costa de cada local, foi feito o levantamento dos organismos presentes (à excepção dos gastrópodes) em cinco quadrados de leitura (25x25 cm), subdivididos em 25 sub-quadrados. Utilizou-se o método de Dethier *et al.* (1993) que consiste numa estimativa visual da percentagem de cobertura dos grupos morfológicos contidos nos 25 sub-quadrados do quadrado de leitura, sendo que cada sub-quadrado representa uma área de 4%. Este método de estimativa visual tem uma grande vantagem no estudo de comunidades intertidais em que se dispõe de apenas de algumas horas durante o período de baixa-mar para fazer as amostragens, porque permite elevada rapidez na obtenção da estimativa da cobertura dos organismos (Dethier *et al.*, 1993). Os quadrados foram distribuídos aleatoriamente pelo nível a amostrar e consideraram-se os seguintes grupos morfológicos: algas filamentosas (e.g. *Polysiphonia*, *Ceramium*), algas foliosas (*Ulva rigida*, *Porphyra*), algas cartilaginosas (e.g. *Gelidium*, *Gigartina*), algas corticadas (e.g. *Cystoseira*, *Fucus*), algas cenocíticas (*Codium*), microalgas (cianófitas, diatomáceas), algas corallinas articuladas (e.g. *Corallina*, *Jania*), crostas calcárias, crostas não calcárias (*Nemoderma*, crostas castanhas). Os moluscos gastrópodes foram contados e expressos como densidade (nº de indivíduos por quadrado).

Os dados foram registados na folha de campo criada para o efeito, contendo o local, a data, as coordenadas de GPS, o tipo de substrato, os grupos morfológicos e respectiva percentagem de cobertura. Os dados foram organizados em tabelas Excel e tratados com o software PRIMER 6 & PERMANOVA (Clarke & Warwick, 2006). Por se tratar de um desenho contendo dois factores aleatórios (local e tempo), o programa estatístico disponível (*PRIMER 6 & PERMANOVA+ package (PRIMER-E Ltd., Plymouth, United Kingdom)*) não permitiu comparar os vários tempos de amostragem, pelo que se optou por fazer a análise comparativa dos substratos separadamente para cada tempo de amostragem. Aos dados foi

aplicada uma transformação (raiz quarta) por forma a reduzir a importância dos organismos dominantes nas análises. A estrutura das comunidades nos diferentes substratos foi analisada usando uma matriz de similaridade baseada no índice de similaridade Bray-Curtis (Clarke & Gorley, 2006).

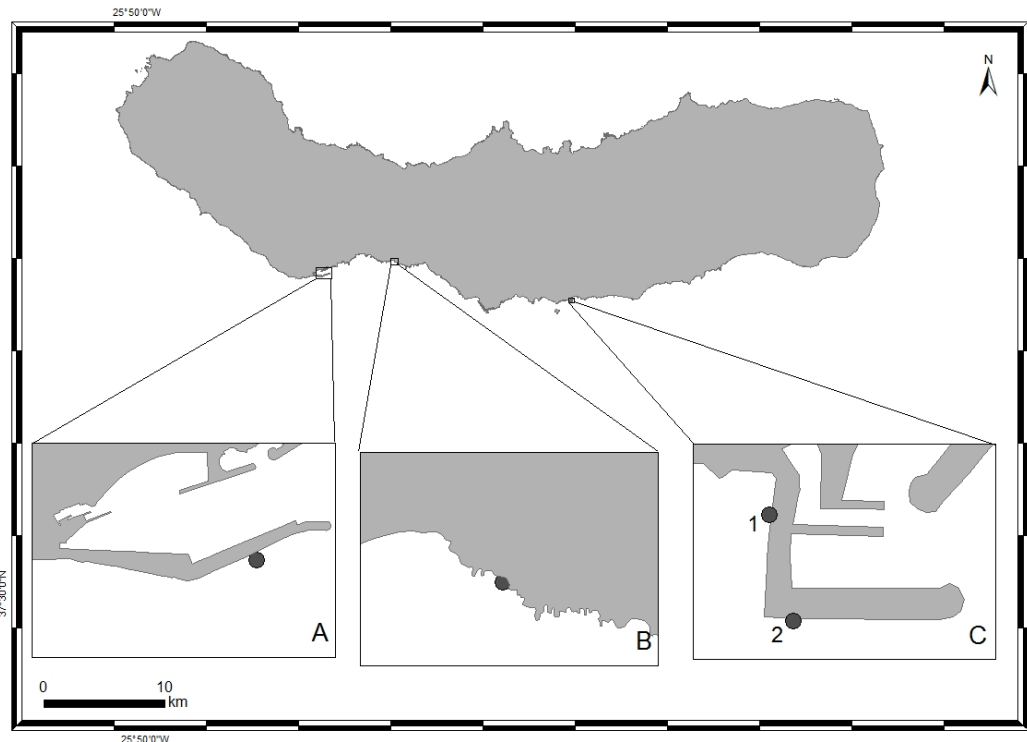


Fig.2-Locais de amostragem: A) molhe do porto de Ponta Delgada (cimento); B) molhe do Cruzeiro (basalto); C1) molhe de Vila Franca do Campo (basalto); C2) molhe de Vila Franca do Campo (cimento) (elaborado por NVÁlvares, CIIMAR/CIRN)

Avaliação do efeito da natureza do substrato na colonização das comunidades intertidais

O trabalho experimental teve como objectivo avaliar o efeito do substrato no biota litoral a duas escalas: (i) a pequena escala, ao nível da sua natureza (basalto/cimento); de um dado local; (ii) a uma maior escala, ao nível da sua localização em locais distantes.

Para este efeito, no início do mês de Julho de 2012, colocaram-se placas de colonização com 7x7x2 cm feitas de cimento e basalto (Fig. 3) em molhes feitos de basalto (Cruzeiro (Lagoa) e Vila Franca do Campo (junto ao porto)) e em molhes de cimento (porto de Ponta Delgada e porto de Vila Franca do Campo) (Fig. 4).



Fig. 3- Placas de basalto e placas de cimento.



Fig. 4-Locais de amostragem: 1-Cruzeiro; 2-Vila Franca do campo; 3-Porto de Vila Franca do Campo.

O procedimento experimental foi semelhante para todos os locais e consistiu em colocar a 2 alturas de costa: médio (zona de cracas; lapas) e infralitoral (zona de musgo e frondes algais), 8 placas de basalto e 8 de cimento dispostas aleatoriamente, perfazendo um total de 32 placas. As placas, furadas na sua região central, foram fixadas através de um parafuso e de uma anilha directamente à rocha (Fig. 5). Das oito placas iniciais, quatro de cimento e quatro de basalto foram retiradas passados 3 meses e as restantes passados 12 meses, de modo a avaliar, respectivamente o efeito do substrato numa fase inicial e mais avançada da sucessão. A ocorrência de mau tempo, no entanto, inviabilizou a amostragem

dos 12 meses uma vez que só sobraram duas placas para análise. Assim, a análise refere-se apenas aos primeiros 3 meses de colonização.



Fig. 5-Placa colocada no local de amostragem: 1- Placa de basalto; 2-Placa de cimento.

As placas recolhidas foram transportadas para o laboratório onde se procedeu à respectiva amostragem à lupa (ZEISS-Stemi2000C) e microscópio (ZEISS-AX10). Esta consistiu na identificação específica dos *taxa* presentes e na quantificação da percentagem de cobertura das algas recorrendo ao método dos pontos (Hawkins & Jones, 1992) e da densidade de animais recorrendo a contagens absolutas. Para a quantificação algal utilizou-se um quadrado da mesma medida (7x7cm) feito a partir de uma folha de acetato, na qual foram aleatoriamente marcados 60 pontos (Fig. 6). Cada organismo intersectado por um ponto foi identificado.

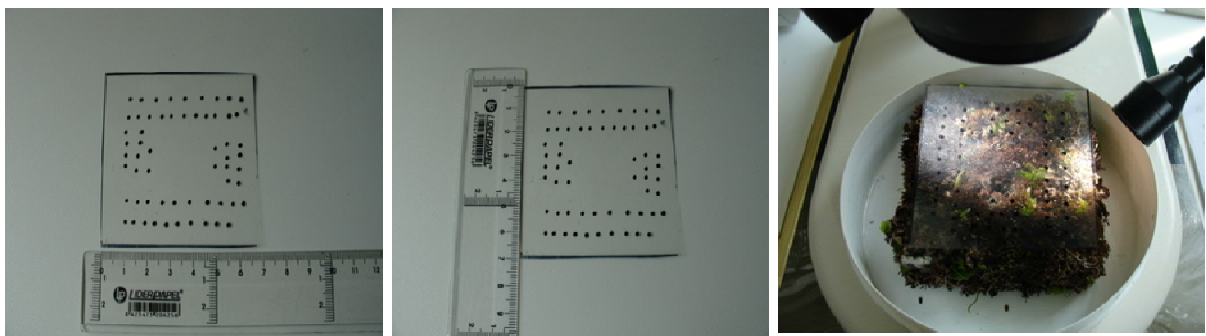


Fig. 6- Material utilizado para a quantificação de algas em laboratório.

Os dados brutos foram organizados em tabelas de Excel contendo o local, substrato, placas, altura de costa, data de colocação das placas, data da recolha das placas, data da leitura das mesmas, replicados e as espécies presentes em cada uma das amostras.

Posteriormente, foram tratados com o software PRIMER 6 & PERMANOVA (Clarke & Warwick, 2006).

Para além da perda das placas referentes aos 12 meses de colonização, todas as placas colocadas no porto de Ponta Delgada foram também perdidas durante a tempestade Gordon. Como consequência, o desenho originalmente simétrico, ficou assimétrico pelo que a análise teve que ser partida em duas componentes. No primeiro caso, comparou-se o efeito da composição do biota nas placas de basalto e de cimento apenas em molhes de basalto usando para isto os dados de Vila Franca do Campo e Cruzeiro. Com esta análise, pretende-se apenas averiguar (à falta do segundo local de cimento, Ponta Delgada), se os resultados obtidos são consistentes espacialmente. No segundo caso, comparou-se o efeito da composição do biota nas placas de basalto e de cimento em dois tipos de molhes (de basalto e de cimento) usando apenas os dados de Vila Franca do Campo. Em cada um dos casos, a análise foi feita em separado para cada nível de costa. À semelhança da caracterização, a análise da estrutura das comunidades foi feita usando dados transformados (raiz quarta) com base numa matriz de similaridade de Bray-Curtis (Clarke & Gorley, 2006).

RESULTADOS

Caracterização das comunidades em estruturas artificiais

A análise PERMANOVA (Permutational Analysis of Variance) de comparação dos quatro molhes (locais) estudados, dois de substrato natural (basalto) e dois de cimento, revelou que, embora existam diferenças de molhes, não existem diferenças significativas ao nível da natureza do substrato (basalto/cimento), sendo este resultado consistente ao longo do tempo (Tabelas 1 e 2). Este resultado foi consistente para ambos os níveis de costa estudados (infra e mediolitoral).

Tabela 1: Resultados da PERMANOVA comparando a composição das comunidades do infralitoral entre os molhes (locais) de basalto e cimento.

PERMANOVA Tabela de resultados										
		T1			T2			T3		
Fonte	df	MS	F	P	MS	F	P	MS	F	P
SUBS	1	17462	3,1666	0,1403	9029,5	1,2803	0,3698	12515	4,4177	0,1176
MOLHE (SUBS)	2	5514,6	6,3741	0,004	7052,8	14,717	0,001	2832,8	3,5694	0,028
Residual	16	865,15			479,24			793,63		

Tabela 2: Resultados da PERMANOVA comparando a composição das comunidades do mediolitoral entre os molhes (locais) de basalto e cimento.

PERMANOVA Tabela de resultados										
		T1			T2			T3		
Fonte	df	MS	F	P	MS	F	P	MS	F	P
SUBS	1	5316,7	0,72268	0,5746	9486,5	0,95996	0,4558	5243,1	0,71208	0,5956
MOLHE (SUBS)	2	7356,9	11,137	0,001	9882,2	19,047	0,001	7363	11,839	0,001
Residual	16	660,6			518,82			621,92		

Avaliação do efeito da natureza do substrato na colonização das comunidades intertidais

Conforme referido na metodologia, a perda de placas causada pelo mau tempo, impediu a comparação entre molhes de cimento porque destruiu as placas colocadas no molhe do porto de Ponta Delgada. Porém foi possível comparar os dois molhes de basalto em estudo, nomeadamente Vila Franca do Campo e Cruzeiro.

A análise PERMANOVA de comparação do biota das placas de basalto e cimento colocadas no nível infralitoral dos dois molhes de basalto, revelou não existirem diferenças significativas (Tabela 3).

Tabela 3: Resultados da PERMANOVA comparando o biota das placas de basalto e cimento montadas no infralitoral dos dois molhes de basalto.

PERMANOVA tabela de resultados				
Fonte	df	MS	F	P
PLACA	1	6294,1	4,1575	0,1877
MOLHE	1	11932	21,479	0,001
PLACAxMOLHE	1	1513,9	2,7252	0,12
Residual	12	555,51		

No mediolitoral observaram-se, contudo, diferenças significativas ao nível do biota presente nas placas de basalto e de cimento para ambos os molhes (Tabela 4). A análise de MDS (Non-metric multi-dimensional scaling) evidencia essas diferenças (Fig. 7).

Tabela 4: Resultados da PERMANOVA e sumário de pares comparando o biota das placas de basalto e cimento montadas no mediolitoral dos dois molhes de basalto.

PERMANOVA tabela de resultados				
Fonte	df	MS	F	P
PLACA	1	6400,3	2,2071	0,2663
MOLHE	1	2726	4,0921	0,046
PLACAxMOLHE	1	2899,8	4,353	0,043
Residual	12	666,17		
Comparação de pares				
Fonte			t	P
Molhe do Cruzeiro				
PLACAS				
Basalto, Cimento			2,1878	0,044
Molhe de Vila Franca do Campo				
PLACAS				
Basalto, Cimento			3,8088	0,0151

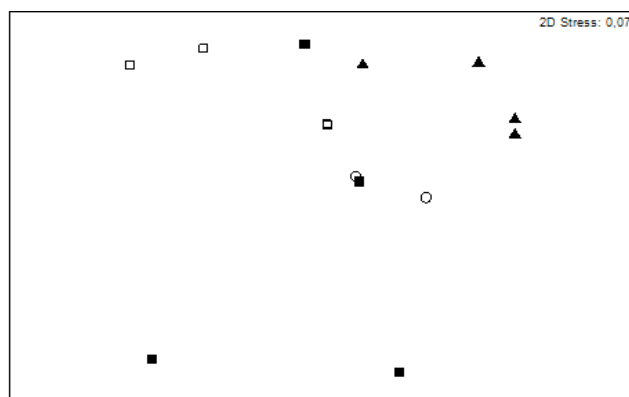


Fig.7- Resultado do MDS comparando o biota das placas de basalto e cimento colocadas no mediolitoral nos dois molhes de basalto: triângulos escuros - placa de basalto no Cruzeiro; círculos brancos - placa de basalto em Vila Franca do Campo; quadrados escuros - placas de cimento no Cruzeiro; quadrados brancos - placas de cimento em Vila Franca do Campo.

A análise SIMPER (Contributions of variables to similarity) para averiguar quais os grupos morfológicos que mais contribuíram para as diferenças encontradas entre placas, revelou que:

- (i) no molhe do Cruzeiro (CZR), as placas de basalto apresentaram uma maior abundância de crostas calcárias e de algas filamentosas, enquanto que as placas de cimento apresentaram maior abundância de crostas não calcárias e de microalgas (Tabela 5). No conjunto, estes quatro grupos morfológicos explicaram mais de 85% das diferenças encontradas entre aquelas placas.
- (ii) no molhe Vila Franca do Campo (VFC) as algas filamentosas foram em média mais abundantes nas placas de basalto, enquanto as microalgas e as algas foliosas foram mais abundantes nas placas de cimento (Tabela 6).

Tabela 5: Análise SIMPER para determinação da contribuição dos diferentes grupos morfológicos para as diferenças encontradas entre as placas colocadas no molhe do Cruzeiro.

Grupos BasaltoCruzeiro & CimentoCruzeiro						
Dissimilaridade média= 58,34						
	Grupo BasaltoCZR	Grupo CimentoCRZ				
Grupos morfológicos	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Crostas calcárias	1,84	0,29	14,27	2,4	24,47	24,47
Crostas não calcária	0	1,39	13,33	0,95	22,84	47,31
Algas filamentosas	2,99	1,77	11,97	1,01	20,51	67,82
Microalgas	0,47	1,5	11,74	1,37	20,13	87,95
Algas foliosas	0,79	0,44	7,03	1,04	12,05	100

Tabela 6: Análise SIMPER para determinação da contribuição dos diferentes grupos morfológicos para as diferenças encontradas entre as placas colocadas no molhe de Vila Franca do Campo.

Grupos BasaltoVila Franca do Campo & CimentoVila Franca do Campo						
Dissimilaridade média = 45,13						
	Grupo BasaltoVFC	Grupo CimentoVFC				
Grupos morfológicos	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Algas foliosas	0	1,86	18,73	2,73	41,49	41,49
Algas filamentosas	3,08	1,71	14,34	1	31,77	73,27
Microalgas	1,18	2,26	12,06	1,7	26,73	100

Conforme referido anteriormente e na metodologia, devido à perda de placas causado pelo mau tempo, a comparação de todas as combinações de factores em análise (dois tipos de placas de colonização e dois tipos de molhes) só foi possível para Vila Franca do Campo.

A análise PERMANOVA de comparação do biota das placas de cimento e de basalto colocadas nos dois tipos de molhes revelou diferenças significativas para todos os níveis de comparação (Tabela 7): o biota das placas de basalto é diferente do das placas de cimento independentemente de estarem colocadas em molhes de basalto ou de cimento no infralitoral. A análise de MDS (Non-metric multi-dimensional scaling) evidencia essas diferenças (Fig.8).

Tabela 7: Resultados da PERMANOVA e sumário de pares comparando o biota em placas de basalto e cimento colocadas em molhes de basalto e de cimento no nível infralitoral.

PERMANOVA tabela de resultados				
Fonte	df	MS	F	P
MOLHE	1	12608	15,019	0,001
PLACA	1	7566,8	9,0133	0,007
MOLHExPLACA	1	3663,8	4,3642	0,021
Residual	12	839,51		
Comparação de pares				
Placa de basalto	Molhe de basalto ≠ molhe de cimento			
Placa de cimento	Molhe de basalto ≠ molhe de cimento			
Molhe de basalto	Placa de basalto ≠ placa de cimento			
Molhe de cimento	Placa de basalto ≠ placa de cimento			
≠ diferenças significativas				

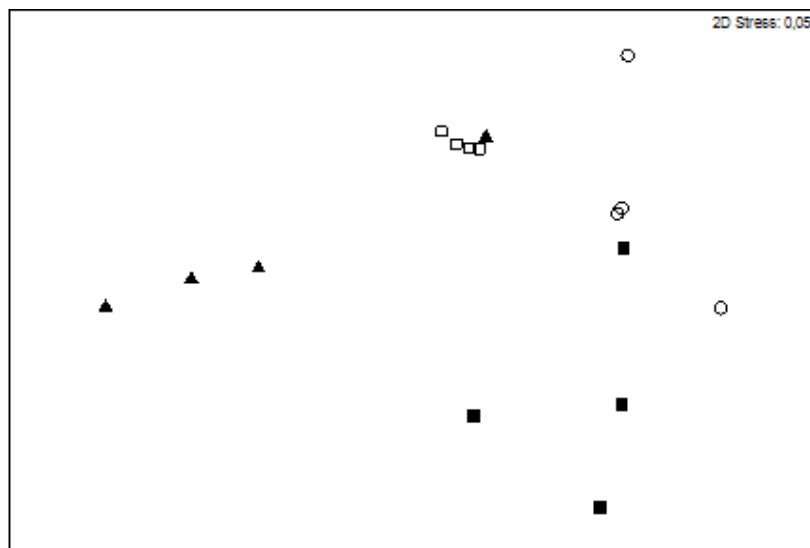


Fig.8: Resultado do MDS comparando o biota das placas de basalto e cimento colocadas em molhes de basalto e de cimento no nível infralitoral: triângulo escuros - molhe de basalto e placa de basalto; quadrados brancos - molhe de basalto e placa de cimento; quadrados escuros- molhe de cimento e placa de basalto e círculos brancos-molhe de cimento e placa de cimento.

A análise SIMPER para averiguar quais os grupos morfológicos que contribuíram para as diferenças encontradas, revelou que:

- (i) nas placas de basalto montadas em molhes de basalto houve uma maior abundância de algas foliosas e de microalgas (Tabela 8);
- (ii) nas placas de cimento montadas em molhes de basalto houve uma maior abundância de algas filamentosas e de microalgas (Tabela 8);
- (iii) nas placas de basalto montadas em molhes de cimento houve uma maior abundância de microalgas e na geral uma maior contribuição de grupos morfológicos sendo de salientar as crostas calcárias e coralinas articuladas (Tabela 9);
- (iv) nas placas de cimento montadas em molhes de cimento houve uma maior abundância de algas filamentosas (Tabela 9).

Tabela 8: Análise SIMPER para determinação da contribuição dos diferentes grupos morfológicos para as diferenças encontradas entre as placas colocadas nos molhes de basalto.

Grupos BasaltoBasalto & BasaltoCimento						
Dissimilaridade média = 59,36						
	Grupo BasBas	Grupo BasCi				
Grupo morfológico	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Algas foliosas	2,35	0	25,23	1,63	42,5	42,5
Algas filamentosas	0,99	2,85	21,71	1,67	36,58	79,08
Microalgas	1,08	2,19	12,42	1,28	20,92	100

Tabela 9: Análise SIMPER para determinação da contribuição dos diferentes grupos morfológicos para as diferenças encontradas entre as placas colocadas nos molhes de cimento.

Grupos CimentoBasalto & CimentoCimento						
Dissimilaridade média = 55,16						
	Grupo CiBas	Grupo CiCi				
Grupos morfológicos	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Crostas calcárias	2,78	1,17	16,51	1,73	29,93	29,93
Algas filamentosas	1,26	2,35	13,84	1,34	25,1	55,03
Coralinas articuladas	1,17	0	11,45	1,58	20,76	75,79
Microalgas	0,57	0	4,4	0,56	7,98	83,77
Crostas não calcárias	0	0,34	3,22	0,55	5,84	89,61
Craca	0	0,29	3,12	0,55	5,66	95,27

Quando comparamos o biota do mesmo tipo de placa, mas variando a natureza do molhe verificamos que as crostas calcárias e as microalgas foram sempre os grupos morfológicos mais abundantes independentemente da natureza da placa ou do molhe

(Tabelas 10 e 11). Por outro lado, as algas filamentosas apresentaram um padrão diferenciado tendo ocorrido em maior abundância nas placas de basalto colocadas em molhes de cimento e nas placas de cimento colocadas em molhes de basalto (Tabelas 10 e 11).

Tabela 10: Análise SIMPER para determinação da contribuição dos diferentes grupos morfológicos para as diferenças encontradas entre as placas de basalto colocadas nos molhes de basalto e cimento.

Grupos BasaltoBasalto & CimentoBasalto						
Dissimilaridade média = 87,35						
	Grupos BasBas	Grupos CiBas				
Grupos morfológicos	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Crostras calcárias	0	2,78	27,18	4,88	31,12	31,12
Algas foliosas	2,35	0	23,05	1,58	26,39	57,51
Algas filamentosas	0,99	1,26	13	1,12	14,88	72,39
Coralinas articuladas	0	1,17	11,19	1,57	12,81	85,2
Microalgas	1,08	0,57	10,37	1,64	11,87	97,07

Tabela 11: Análise SIMPER para determinação da contribuição dos diferentes grupos morfológicos para as diferenças encontradas entre as placas de cimento colocadas nos molhes de basalto e cimento.

Grupos BasaltoCimento & CimentoCimento						
Dissimilaridade média = 50,56						
	Grupo BasCi	Grupo CiCi				
Grupos morfológicos	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Microalgas	2,19	0	23,8	4,86	47,07	47,07
Crostras calcárias	0	1,17	12,37	1,63	24,47	71,53
Algas filamentosas	2,85	2,35	7,43	1,21	14,69	86,23
Crostras não calcárias	0	0,34	3,52	0,56	6,96	93,19

A análise PERMANOVA de comparação do biota das placas de cimento e de basalto colocadas nos dois tipos de molhes não revelou diferenças significativas para nenhum dos itens em comparação no nível mediolitoral (Tabela 12).

Tabela 12: Resultados da PERMANOVA comparando o biota em placas de basalto e cimento colocadas em molhes de basalto e de cimento no nível mediolitoral.

PERMANOVA tabela de resultados				
Fonte	df	MS	F	P
MOLHE	1	1254,3	1,0028	0,371
PLACA	1	2490,6	1,9913	0,181
MOLHExPLACA	1	1524,1	1,2185	0,288
Residual	12	1250,7		

DISCUSSÃO

Caracterização das comunidades em estruturas artificiais

É de conhecimento geral que as infraestruturas costeiras diferem dos habitats naturais de muitas maneiras, cada uma das quais pode afectar quais as espécies que podem estabelecer populações estáveis (M. G. Chapman & Bulleri, 2003; Moschella *et al.*, 2005; Perkol-Finkel & Benayahu, 2007; Lam *et al.*, 2009). A introdução destas infraestruturas ao longo do litoral pode alterar a biodiversidade tanto a nível local como regional. Esta alteração pode estar associada a um aumento na complexidade dos substratos ou pode simplesmente ser uma consequência do aumento na área de superfície disponível para a colonização (Pinn *et al.*, 2008; Bulleri & Chapman, 2010). Num estudo realizado no porto de Sydney na Austrália, Bulleri e Chapman (2003) observaram diferenças na estrutura das comunidades entre habitats naturais e artificiais, tendo concluído que o substrato artificial não pode ser considerado um substituto da costa rochosa natural.

No presente estudo não se observaram, para nenhum dos níveis de costa estudados (infra e mediolitoral), diferenças significativas ao nível das associações epibióticas que habitam os diferentes substratos artificiais (molhes de basalto/molhes de cimento). Este resultado sugere que a natureza do substrato com o qual são construídos actualmente os molhes não parece ser um factor condicionante para as comunidades maduras dos locais investigados. Indica ainda que as comunidades estudadas parecem estar já bem estabelecidas neste tipo de molhes. Porém, são necessários mais estudos comparando as comunidades nestes habitats artificiais com habitats naturais adjacentes, e determinar de forma inequívoca os níveis de maturidade atingidos pelas comunidades.

Avaliação do efeito da natureza do substrato na colonização das comunidades intertidais

A comparação do biota das placas de basalto e cimento colocadas nos molhes de basalto revelou não existirem diferenças significativas para o nível infralitoral mas sim para o mediolitoral. Este é um estudo pioneiro a este nível pelo que não existem termos de comparação para os resultados obtidos. Esta discrepância de resultados entre os dois níveis de costa investigados poderá estar relacionada com a identidade das espécies presentes em

cada um dos níveis, uma vez que as várias espécies que ocorrem neste ecossistema exibem diferentes padrões de distribuição vertical no litoral dos Açores (Bulleri *et al.*, 2005; Martins *et al.*, 2008).

Conforme referido na metodologia, devido à perda de placas causada pelo mau tempo, a comparação de todas as combinações dos factores em análise (dois tipos de placas de colonização e dois tipos de molhes) só foi possível para Vila Franca do Campo. No nível infralitoral deste local obtiveram-se diferenças significativas para todos os níveis de comparação: o biota das placas de basalto foi diferente do das placas de cimento, tanto estando colocadas em molhes de basalto como de cimento. Assim, pensa-se que as diferenças encontradas possam estar relacionadas com a colonização de cada tipologia de placa na altura do recrutamento, na medida em que a placa de basalto apresenta uma maior complexidade microtopográfica e uma cor mais escura (Morton *et al.*, 1998) que pode favorecer o recrutamento de alguns taxa em detrimento de outros (Atila *et al.*, 2003; Bulleri & Chapman, 2004; M.G. Chapman, 2005; Moreira, 2006; Andersson *et al.*, 2009). Outro factor que parece ser importante é a matriz onde as placas estão colocadas (natureza do molhe - cimento ou basalto), uma vez que se registaram diferenças na colonização das placas dependendo de onde estas são colocadas: molhe de basalto ou de cimento. Verificou-se que quando as placas de basalto estão nos molhes de basalto as algas foliosas estão presentes na primeira fase de recrutamento enquanto nas placas de basalto colocadas no molhe do cimento, estas não se encontram presentes. Neste molhe (cimento) estão presentes na primeira fase de recrutamento as crostas calcárias que não estão presentes quando as placas estão no molhe de basalto. Estas diferenças existem também quando as placas de cimento estão colocadas nos diferentes tipos de molhes, tendo as diferenças sido encontradas ao nível da colonização de algas filamentosas e microalgas, organismos conhecidos por serem efémeros e primeiros colonizadores (Fletcher, 1980; Bulleri & Aioldi, 2006). O facto da colonização dos organismos ser influenciada pela matriz, embora não se tenham registado diferenças na estrutura das comunidades maduras entre os molhes de basalto e cimento, sugere que estas diferenças não estarão relacionadas com processos de origem biótica (por exemplo a disponibilidade de propágulos e/ou larvas) ao contrário do sugerido por Cole *et al.* (2007). No entanto este resultado é, até certo ponto, expectável uma vez que as espécies presentes nas placas não se manifestam, de uma forma geral, nas comunidades maduras. A colonização das placas foi dominada por espécies efémeras e de

curta duração, e que não têm representatividade nas comunidades estabelecidas nos molhes. O efeito da matriz nos padrões de recrutamento das placas poderá representar uma consequência indirecta por exemplo, ao favorecer certos tipos de espécies não sésseis (e desta forma não quantificadas, por exemplo: *Sarpa salpa*) mas que podem ter um efeito na comunidade intertidal. De facto, existem estudos que demonstram que a natureza do molhe influencia de forma significativa a estrutura da comunidade piscícola adjacente (Clynick *et al.*, 2008). Alternativamente, este resultado poderá não ter qualquer relação com a matriz em si, mas estar apenas e só relacionado com diferenças espaciais nos padrões de recrutamento dos vários organismos (Martins *et al.* 2009). O facto desta parte do estudo não ter replicação espacial (devido à perda de placas) impede a exclusão desta possibilidade.

No caso da biota colonizadora das placas de basalto e de cimento colocadas no nível mediolitoral, as comunidades nos molhes de cimento e basalto não apresentam diferenças. Ou seja, a este nível da costa, a matriz não parece ter qualquer influência nos padrões de colonização dos vários organismos. Mais uma vez, não é claro porque é que os resultados diferem entre os dois níveis de costa testados, sendo a única conclusão que se pode tirar a de que os organismos que evoluem nos dois níveis de costa respondem de maneiras diferentes ao efeito da matriz. É sabido que à medida que se sobe no nível de costa (acima do nível do mar) as comunidades se tornam cada vez mais simples (menor número de espécies), o ambiente é cada vez mais inóspito para os organismos marinhos, e que se altera o balanço entre organismos produtores (algas) e consumidores (cracas, lapas) (Scrosati *et al.*, 2011). Esta observação reforça a ideia de que, embora coexistam a apenas escassos centímetros de distância, as comunidades do médio e infralitoral são distintas entre si, tanto a nível estrutural como funcional.

BIBLIOGRAFIA

Airoldi, L. & Beck, M. W. (2007) Loss, status and trends for coastal marine habitats of Europe. *Oceanography and marine biology*, **45**, 345-405.

Andersson, M., Berggren, M., Wilhelmsson, D. & Öhman, M. (2009) Epibenthic colonization of concrete and steel pilings in a cold-temperate embayment: a field experiment. *Helgoland Marine Research*, **63**, 249-260.

Atila, N., Wetzel, M. A. & Fleeger, J. W. (2003) Abundance and colonization potential of artificial hard substrate-associated meiofauna. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **287**, 273-287.

Bacchiocchi, F. & Airoldi, L. (2003) Distribution and dynamics of epibiota on hard structures for coastal protection. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **56**, 1157-1166.

Bulleri, F. & Airoldi, L. (2006) Artificial marine structures facilitate the spread of a non-indigenous green alga, *Codium fragile* ssp. *tomentosoides*, in the north Adriatic Sea. *Journal of Applied Ecology*, **42**, 1063-1072.

Bulleri, F. & Chapman, M. G. (2004) Intertidal assemblages on artificial and natural habitats in marinas on the north-west coast of Italy. *Marine Biology*, **145**, 381-391.

Bulleri, F., Chapman, M. G. & Underwood, A. J. (2005) Intertidal assemblages on seawalls and vertical rocky shores in Sydney Harbour, Australia. *Austral Ecology*, **30**, 655-667.

Bulleri, F. & Chapman, M. G. (2010) The introduction of coastal infrastructure as a driver of change in marine environments. *Journal of Applied Ecology*, **47**, 26-35.

Chapman, M. G. & Bulleri, F. (2003) Intertidal seawalls—new features of landscape in intertidal environments. *Landscape and Urban Planning*, **62**, 159-172.

Chapman, M. G. (2005) Intertidal seawalls as habitats for molluscs. *Journal of Molluscan Studies*, **72**, 247-257.

Clarke, K. R. & Gorley, R. N. (2006) *PRIMER v 6: User Manual/Tutorial*. PRIMER-E Ltd, Plymouth.

Clarke, K. R. & Warwick, R. M. (2006) *Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation, 2nd edition*. PRIMER-E Ltd, Plymouth.

Clynick, B., Chapman, M. & Underwood, A. (2008) Fish assemblages associated with urban structures and natural reefs in Sydney, Australia. *Austral Ecology*, **33**, 140-150.

Cole, V. J., Chapman, M. G. & Underwood, A. J. (2007) Landscapes and life-histories influence colonisation of polychaetes to intertidal biogenic habitats. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **348**, 191-199.

Connell, S. D. & Glasby, T. M. (1999) Do urban structures influence local abundance and diversity of subtidal epibiota? A case study from Sydney Harbour, Australia. *Marine Environmental Research*, **47**, 373-387.

Dafforn, K. A., Glasby, T. M. & Johnston, E. L. (2012) Comparing the Invasibility of Experimental “Reefs” with Field Observations of Natural Reefs and Artificial Structures. *PLoS ONE*, **7**, e38124.

Dethier, M. N., Graham, E. S., Cohen, S. & Tear, L. M. (1993) Visual versus random-point percent cover estimations: 'objective' is not always. *MARINE ECOLOGY PROGRESS SERIES*, **96**, 93-100.

Firth, L. B., Thompson, R. C., White, F. J., Schofield, M., Skov, M. W., Hoggart, S. P. G., *et al.* (2013) The importance of water-retaining features for biodiversity on artificial intertidal coastal defence structures. *Diversity and Distributions*, **19**, 1-9.

Fletcher, R. L. (1980) *Catalogue of Main Marine Fouling Organisms-Algae*. Office d' Etudes Marines et Atmospheriques, Bruxelles.

Hawkins, S. & Jones, H. (1992) Marine field course guide. 1. *Rocky Shores*. *Marine Conservation Society. Immel Pub., London*.

Instituto Hidrográfico (2000) Roteiro da costa de Portugal: Arquipélago dos Açores - 2nd Editoin, 233p. , Instituto Hidrografico, Lisboa, Portugal.

Lam, N. W., Huang, R. & Chan, B. K. (2009) Variations in Intertidal assemblages and zonation patterns between vertical artificial seawalls and natural rocky shores: A case study from Victoria Harbour, Hong Kong. *Zoological Studies*, **48**, 184-195.

Martins, G. M., Thompson, R. C., Hawkins, S. J., Neto, A. I. & Jenkins, S. R. (2008) Rocky intertidal community structure in oceanic islands: scales of spatial variability. *Marine Ecology Progress Series*, **356**, 15-24.

Martins, G. M., Amaral, A. F., Wallenstein, F. M. & Neto, A. I. (2009) Influence of a breakwater on nearby rocky intertidal community structure. *Marine Environmental Research*, **67**, 237-245.

Moreira, J. (2006) Patterns of occurrence of grazing molluscs on sandstone and concrete seawalls in Sydney Harbour (Australia). *Molluscan Research*, **26**, 51-60.

Moreira, J., Chapman, M. G. & Underwood, A. J. (2006) Seawalls do not sustain viable populations of limpets. *Marine Ecology Progress Series*, **322**, 179-188.

- Morton, B., Britton, J. C. & Martins, A. M. F. (1998) *Coastal ecology of the Azores*.
- Neto, A. I., Tittley, I. & Raposeiro, P. M. (2005) *Flora Marinha do Litoral dos Açores*, Ponta Delgada.
- Moschella, P. S., Abbiati, M., Åberg, P., Airoidi, L., Anderson, J. M., Bacchiocchi, F., et al. (2005) Low-crested coastal defence structures as artificial habitats for marine life: Using ecological criteria in design. *Coastal Engineering*, **52**, 1053-1071.
- Neto, A. I. & Tittley, I. (1995) The marine algal flora of the Azores and its biogeographical affinities. *Bol. do Museu Municipal do Funchal*, **4**, 747-766.
- Neto, A. I. (2000) Ecology and dynamics of two intertidal algal communities on the littoral of the island of São Miguel (Azores). *Hydrobiologia*, **432**, 135-147.
- Neto, A. I., Tittley, I. & Raposeiro, P. M. (2005) *Flora Marinha do Litoral dos Açores*. Secretaria Regional do Ambiente e do Mar, Horta.
- Perkol-Finke, I. & Benayahu, Y. (2007) Differential recruitment of benthic communities on neighboring artificial and natural reefs. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **340**, 25-39.
- Pinn, E. H., Thompson, R. C. & Hawkins, S. J. (2008) Piddocks (Mollusca: Bivalvia: Pholadidae) increase topographical complexity and species diversity in the intertidal. *MARINE ECOLOGY PROGRESS SERIES*, **355**, 173-182.
- Scrosati RA, van Genne B, Heaven CS, Watt CA (2011) Species richness and diversity in different functional groups across environmental stress gradients: a model for marine rocky shores. *Ecography* 34, 151-161.

Tittley, I. (2002) Seaweed diversity in the North Atlantic Ocean. *Arquipélago. Life and Marine Sciences*, **19A**, 13-25.

Thompson, R. C., Crowe, T. P. & Hawkins, S. J. (2002) Rocky intertidal communities: past environmental changes, present status and predictions for the next 25 years. *Environmental Conservation* **29 (2)**, 168-191

Wallenstein, F. M., Neto, A. I., Álvaro, N. V., Tittley, I. & Azevedo, J. M. N. (2008) *Guia para Definição de Biótopos Costeiros em Ilhas Oceânicas*.