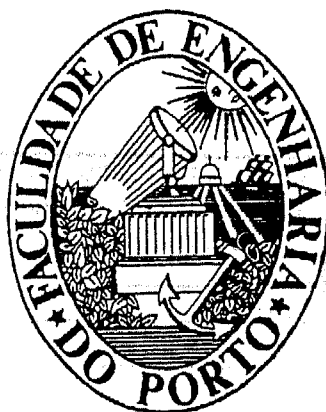


Concepção, Construção, Implantação e Monitorização de um Sistema Piloto de Recifes Artificiais

JAIME PRATA DIAS DOS SANTOS



Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
2000

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Concepção, Construção, Implantação e Monitorização de um Sistema Piloto de Recifes Artificiais

Jaime Prata Dias dos Santos

Licenciado em Ciências do Meio Aquático pelo Instituto de Ciências
Biomédicas Abel Salazar (UP)

Dissertação apresentada para satisfação parcial dos requisitos do grau
de Mestre em Engenharia do Ambiente

Realizada sob a orientação do Professor Doutor Fernando Veloso Gomes,
Professor Catedrático da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
e do

Professor Doutor Michael Weber, Professor Auxiliar do Instituto de Ciências
Biomédicas de Abel Salazar da Universidade do Porto

Porto, Outubro de 2000

*...Basta pegar num velho búzio para se perceber distintamente a grande voz do mar. Criou-se com ele e guardou-a para sempre.
- Eu também nunca mais a esqueci...*

*Raúl Brandão
"Os Pescadores" 1923*

Agradecimentos

Quero aqui expressar a minha gratidão a todas as pessoas que tornaram possível a concretização deste trabalho.

Ao Professor Doutor Veloso Gomes pelo espírito de abertura com que acarinhou este projecto desde o seu início, pelo apoio a todos os níveis que prestou e pela sua orientação esclarecida. Agradeço ainda os ensinamentos de oceanografia física e de engenharia costeira que me transmitiu e que aumentaram muito os meus conhecimentos nestes domínios permitindo-me ter hoje uma diferente e melhor capacidade de intervenção nestas áreas.

Ao Professor Doutor Michael Weber pela confiança depositada, pela oportunidade das suas críticas e observações, pela ajuda técnica e prática dispensada e pela amizade e incentivo que me deram força nos momentos de desânimo. Agradeço ainda o seu papel na minha formação técnica e científica desde os tempos da licenciatura até ao presente.

Aos meus colegas e amigos, Isabel Cunha e Filipe Areia pelo grande apoio e ajuda prestados muitas vezes em situações de algum risco e grande esforço físico. Aos dois um enorme obrigado.

Ao Hugo Represas, ao Comandante Vasco Murta e à empresa “Nautinforme” sem cuja ajuda desinteressada não teria sido possível realizar parte deste trabalho.

Ao Amadeu Félix pela colaboração na concepção da cofragem e nos trabalhos de construção civil da fase A deste projecto.

À Eng^a. Assunção Abreu dos Serviços Municipalizados da Maia e Directora da ETAR de Parada pela cedência das lamas utilizadas neste trabalho e pela simpatia e disponibilidade com que sempre me recebeu.

Ao pessoal da ELA pelo espírito de entreajuda e colaboração com que sempre me honraram, em especial ao amigo António Oliveira sempre disponível para ajudar quer na invenção e recuperação de artefactos quer no trabalho mais pesado. A todos eles um grande abraço.

Ao Doutor José Carlos Antunes a cedência do barco “Leónida” que permitiu saídas de mar mais frequentes e em melhores condições.

Aos pescadores da Praia da Aguda, Víctor Chilro, arrais da embarcação “A lei de Moisés”, Joaquim Chilro “Kinita”, Fernando Cachola, Bruno Campota e José Chilro, arrais da embarcação “S. Pedro”, pela colaboração prestada em várias ocasiões.

À Esmeralda Miguel do IHRH pela sua simpatia e colaboração e pela sua disponibilidade para resolver os problemas burocráticos que foram surgindo.

À Fundação ELA pela cedência de instalações e do inúmero equipamento usado neste trabalho.

Aos meus pais pela educação que me proporcionaram e que permitiu chegar até este ponto da minha carreira.

A todos o meu grato reconhecimento.

Resumo

Neste trabalho é efectuada uma revisão exaustiva dos conhecimentos relacionados com a tecnologia dos Recifes Artificiais publicados até ao momento, no que respeita a objectivos, materiais usados, zonas de implantação, textura das superfícies, impactes no ambiente, e protecção de determinadas espécies e pescarias.

Com base nestes conhecimentos, foram desenvolvidos e fabricados módulos recifais cúbicos em betão, com os quais se montaram recifes experimentais, que foram implantados no sublitoral ao largo da Praia da Aguda em vários locais.

Pretendeu-se comparar composições diferentes do betão, nomeadamente adicionando-lhe substâncias residuais da indústria com a finalidade de comparar a velocidade de colonização por microalgas, macroalgas e macrobentos.

Os módulos de betão em cuja composição entraram lamas resultantes de tratamento de esgotos domésticos mostraram ser aqueles em cuja superfície se desenvolve mais depressa um biofilme e onde ele se torna mais espesso. Demonstraram ainda ser aqueles em que a cobertura de macroalgas se apresentava mais desenvolvida ao fim de algum tempo e os que evidenciaram maior diversidade e abundância de organismos colonizadores. A adição ao betão de substâncias capazes de fornecer nutrientes localmente parece ser uma opção importante para se obter uma rápida naturalização e uma eficiente colonização de Recifes Artificiais construídos em betão.

Faz-se ainda uma abordagem à aplicabilidade desta tecnologia em Portugal, com referências ao que já foi feito e ao que poderá ser realizado no futuro para bem das pescas e da recuperação do meio ambiente marinho.

Abstract

Artificial Reef technologies are reviewed on a worldwide basis concerning goals, materials, implantation zones, environment impacts and protection of some important species and fisheries.

Based on this knowledge, cubic concrete modules were developed and constructed to build experimental artificial reefs which were placed in the sublittoral zone of Aguda's beach (North Portugal).

The aims were to compare different concrete compositions by the addition of some industrial waste materials and the performance of the colonization by micro and macroalgae and macrobenthos, between the modules built with and without these substances.

The concrete modules containing sludge from a domestic wastewater treatment plant developed a thicker biofilm layer on its surface in a shorter time. They also demonstrated a more intensive and faster growth of macroalgae and a greater diversity and abundance of colonizing organisms.

The addition of substances to the concrete which can release nutrients locally, seems to be a good option in order to obtain a rapid naturalization and an efficient colonization Artificial Reefs.

An evaluation is made of the applicability of this technology in Portugal, reporting what has been done already on this subject and what could be done in the future, for the enhancement of fisheries and the recuperation of marine environment.

Résumé

On a essayé de faire une révision rigoureuse et épuisante, dans cette étude, des recherches les plus récentes qui se rapportent à la technologie des récifs artificiels on ce qui concerne les objectifs, matériels utilisés, l'impact à l'environnement, la texture, les zones d'implantation et bien sûr la protection de certaines espèces et ressources marines.

Grâce à ces connaissances, on a développé des modules cubiques en béton pour construire des récifs à l'experimentation. Ceux-ci ont été placés en des différents endroits de la zone côtière, au Nord du Portugal, plus précisément à la plage de Aguda.

On a cherché à faire la comparaison de différentes sortes de béton, en y ajoutant des substances résiduelles issues de l'industrie avec le but de vérifier la célérité du processus de colonisation soit par les micro-algues, macro-algues et animaux macrobenthiques.

Les modules en béton, dont leur composition a reçu des boues issues de la dépuración d'étangs domestiques, ont été justement ceux où s'est accompli très vite un biofilm bien épais. La couverture de macro-algues s'est présentée rapidement comme la plus développée dans ce type de modules, qui ont aussi démontré plus diversité et abondance d'organismes colonisateurs.

Il semble d'être une importante option, ajouter au béton de substances capables de fournir nourrissants, afin d'obtenir une rapide naturalisation et une efficace colonisation de récifs artificiels en béton.

On a réfléchi sur l'usage de cette technologie au Portugal, par rapport à tout ce qu'on a déjà fait dans ce domaine et encore au développement à suivre dans l'avenir, pour le grand succès des pêches et la pleine sauvegarde de l'environnement marin.

ÍNDICE GERAL

PÁGINA

Resumos.....	VI
Lista de figuras.....	1
Lista de gráficos.....	3
Lista de tabelas.....	4
 CAPÍTULO 1 - ESTADO ACTUAL DOS CONHECIMENTOS.....	6
1.1 - Introdução.....	7
1.2 - Objectivos dos Recifes Artificiais.....	10
1.2.1 - Recifes Artificiais como estruturas biofiltrantes.....	11
1.3 - Características dos Recifes Artificiais.....	13
1.3.1 - Materiais usados.....	13
1.3.1.1 - O betão nos Recifes Artificiais.....	15
1.3.1.2 - Betões especiais.....	17
1.3.2 - Configuração.....	18
1.3.2.1 - Configuração do módulo.....	18
1.3.2.2 - Configuração do recife.....	21
1.3.3 - Estabilidade.....	22
1.3.4 - Textura.....	23
1.4 - Obras de defesa costeira como Recifes Artificiais.....	24
1.5 - Ecologia dos Recifes Artificiais.....	27
1.6 - A monitorização dos Recifes Artificiais.....	31
1.7 - Recifes Artificiais em Portugal.....	33
1.7.1 - O sistema de recifes artificiais da costa algarvia.....	33
1.7.2 - Instalação de Recifes Artificiais noutras zonas do país.....	39
1.8 - Aspectos legais da instalação de Recifes Artificiais.....	39
1.8.1 - Na União Europeia.....	39
1.8.2 - Em Portugal.....	40
1.9 - Introdução ao projecto.....	40
1.9.1 - Justificação, enquadramento e objectivos.....	40
1.9.2 - Descrição geral.....	43
1.9.3 - Agitação marítima na zona de afundamento.....	44

CAPÍTULO 2 - MATERIAL E MÉTODOS.....48

2.1 - Fase A.....	50
2.1.1 - Material de apoio.....	50
2.1.2 - Concepção e construção dos módulos.....	50
2.1.2.1 - Configuração e cofragem dos módulos.....	50
2.1.2.2 - O betão.....	55
2.1.2.3 - Incorporação de substâncias no betão.....	55
2.1.3 - Local de implantação e transporte dos Recifes Artificiais.....	55
2.1.4 - Afundamento e configuração dos Recifes Artificiais.....	59
2.1.5 - Acompanhamento e monitorização.....	60
2.2 - Fase B.....	63
2.2.1 - Material de apoio.....	66
2.2.2 - Concepção e construção dos módulos.....	66
2.2.2.1 - Configuração e cofragem dos módulos.....	66
2.2.2.2 - O betão.....	68
2.2.2.3 - Incorporação de substâncias no betão.....	68
2.2.3 - Transporte.....	72
2.2.4 - Afundamento e configuração do recife.....	72
2.2.5 - Acompanhamento e monitorização.....	73
2.3 - Estudo laboratorial.....	75
2.3.1 - Material e métodos.....	75

CAPÍTULO 3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....77

3.1 - Fase A.....	78
3.1.1 - Resultados.....	78
3.1.2 - Discussão.....	78
3.2 - Fase B.....	79
3.2.1 - Módulos de betão simples implantados no Verão de 1999.....	79
3.2.1.1 - Resultados.....	79
3.2.1.2 - Discussão.....	81
3.2.2 - Semi-módulos com placas de vários materiais imersos em 1999.....	81
3.2.2.1 - Resultados.....	81
3.2.2.2 - Discussão.....	83
3.2.3 - Testes de resistência ao betão com lamas.....	84
3.2.3.1 - Resultados.....	84
3.2.3.2 - Discussão.....	84
3.2.4 - Recifes implantados em 2000.....	85
3.2.4.1 - Resultados.....	85
3.2.4.2 - Discussão.....	90

3.3 - Estudo laboratorial.....	94
3.3.1 - Resultados.....	94
3.3.2 - Discussão.....	98
3.3.2.1 - Material e métodos.....	98
3.3.2.2 - Resultados.....	98
3.4 - Dificuldades inerentes às especificidades do projecto.....	100
3.5 - Impacto social do projecto.....	101
CAPÍTULO 4 - CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE PROSECUÇÃO DOS TRABALHOS.....	104
ANEXO A - Defesa costeira e recifes artificiais em Portugal - estudo de casos.....	109
1 - Introdução.....	110
2 - Quebra-mares de Castelo de Neiva e da Aguda.....	114
2.1 - O quebra-mar destacado de Castelo de Neiva.....	114
2.2 - O quebra-mar destacado da Aguda.....	116
2.2.1 - Tipo de solução preconizada.....	116
2.2.2 - Localização e forma do quebra-mar.....	116
2.2.3 - Acumulação de areia entre o quebra-mar e a praia.....	118
2.2.4 - Perfil e coroamento do quebra-mar.....	119
ANEXO B - Protótipo de módulo recifal.....	121
ANEXO C - Resultados das análises efectuadas às lamas e à borra de café utilizadas na Fase A e às lamas utilizadas na Fase B.....	124
ANEXO D - Aviso à navegação.....	128
ANEXO E - Inquérito aos pescadores.....	130
REFERÊNCIAS E BIBLIOGRAFIA.....	134
Referências.....	135
Bibliografia.....	150

LISTA DE FIGURAS

Página

Figura 1 - Recife Artificial no Golfo Pérsico (Qatar). Foto de 10/5/97. “Reef Ball Development Group”.....	5
---	---

Capítulo 1

Figura 2 - Progressos na colonização dos R.A.'s do “Kuwait Diving Team”, 6 meses após a sua colocação. (Fot. de 25-2-96).....	9
Figura 3 - Últimos progressos dos mesmos R.A.'s, (Fot. de 12-5-97).....	9
Figura 4 - “F.A.D.” em madeira destinado a agregar lagostas, “casitas cubanas” (adaptado de Seaman & Sprague, 1991).....	13
Figura 5 - “F.A.D.” em cana de bambu, “payao” usado nas Filipinas para a agregação do atum (adaptado de Aprieto, 1988).....	14
Figura 6 - Módulo recifal pré-fabricado em betão (Reef Ball Devl. Group).....	15
Figura 7 - Cofragem em fibra de vidro e interior pneumático para o fabrico de módulos recifais em betão (Reef Ball Devl. Group).....	16
Figura 8 - Módulo recifal em betão pré-fabricado, disponível no mercado em vários tamanhos, para montar recifes artificiais (Reef Ball Devl. Group).....	16
Figura 9 - Relação espacial dos peixes com o recife.....	21
Figura 10 - Módulos recifais com uma plataforma horizontal que lhes confere grande estabilidade (Reef Ball Devl. Group).....	22
Figura 11 - Sentido do fluxo de água das forças de impulsão num módulo recifal (Reef Ball Devl. Group).....	23
Figura 12 - Vista aérea dos primeiros quatro recifes mostrando a erosão em frente aos intervalos. Extraído de Hamer Gardner & Runcie (2000).....	26
Figura 13 - Muitos dos estudos experimentais com R.A.'s foram efectuados com pequenas estruturas concebidas com blocos de construção. Fot. de (U.S National Marine Fisheries service).....	28
Figura 14 - Fundos Marinhos numa zona onde hoje existem R.A.'s (Reef Ball Devl. Group).....	29
Figura 15 - Colonização de recife artificial I (Reef Ball Devl. Group).....	30
Figura 16 - Colonização de recife artificial II (Reef Ball Devl. Group).....	30
Figura 17 - Colonização de recife artificial III (Reef Ball Devl. Group).....	31
Figura 18 - Esquema do complexo recifal algarvio. Adaptado de Santos & Monteiro (2000).....	34
Figura 19 - Localização dos dois primeiros R.A.'s do Algarve (Santos & Monteiro, 2000).....	35
Figura 20 - Alguns aspectos e plano geral do recife de protecção (Santos & Monteiro, 2000).....	37
Figura 21 - Módulos e planta geral dos recifes do Algarve (Eira do Souto, 1993).....	38

Capítulo 2

Figura 22 - Desenhos da cofragem utilizada.....	52
Figura 23 - Aspecto da montagem da cofragem.....	53
Figura 24 - Cofragem da cavidade interna dos módulos.....	53
Figura 25 - Cofragem completa pronta a ser betonada.....	54
Figura 26 - Aspecto dos módulos recifais no momento da descofragem.....	54
Figura 27 - Diagrama de refracção para a praia da Aguda e localização dos recifes.....	56

Figura 28 - Aspecto dos fundos na zona de implantação dos recifes	57
Figura 29 - Outro aspecto dos fundos nessa zona	57
Figura 30 - Transporte dos módulos de Leixões para o local de implantação.....	58
Figura 31 - Operação de afundamento dos módulos recifais.....	59
Figura 32 - As autoridades marítimas tomaram conhecimento do projecto.....	60
Figura 33 - Durante as buscas, ao largo da praia da aguda.....	62
Figura 34 - Levantamento topohidrográfico da praia da Aguda. O “poço da Mourela” encontra-se assinalado com #. IHRH/INAG - 1999.....	64
Figura 35 - Módulo de betão simples colocado no “poço da Mourela” no Verão de 1999.....	65
Figura 36 - Semi-módulo com placas de vários materiais.....	65
Figura 37 - Recolha de dados junto dos módulos afundados no Verão de 1999.....	66
Figura 38 - Cofragem em chapa de ferro usada na construção dos módulos da fase B.....	67
Figura 39 - Aspecto da cofragem completa, pronta a ser betonada.....	68
Figura 40 - Lamas de depuração de esgotos domésticos.....	69
Figura 41 - Paralelepípedos de betão com lamas usados nos testes de resistência.....	70
Figura 42 - Testes de resistência aos betões com quantidades variáveis de lama.....	71
Figura 43 - Recife artificial depois de montado no fundo. Os oito módulos que o constituem estão presos uns aos outros com abraçadeiras de plástico.....	73
Figura 44 - Monitorização dos recifes artificiais. Poço da Mourela, Verão de 2000.....	74
Figura 45 - Aquário onde se efectuou o estudo laboratorial.....	75

Capítulo 3

Figura 46 - Colonização biológica do módulo de betão após 3 meses de permanência no mar... ..	80
Figura 47 - Colonização biológica dos diversos materiais testados. A placa de pvc é a única que não está recoberta por algas verdes.....	82
Figura 48 - Maragotas (<i>Parablennius gattorugine</i>) e uma navalheira (<i>Macropodus puber</i>) no recife artificial quatro dias após a sua implantação.....	91
Figura 49 - Recife B no dia 15 de Julho. As algas verdes estão ainda no início do seu desenvolvimento. Os ouriços (<i>Paracentrotus lividus</i>) são a espécie dominante.....	92
Figura 50 - Recife L no dia 15 de Julho. As algas verdes apresentam-se já bem desenvolvidas. Observa-se um maior equilíbrio nas espécies presentes.....	92
Figura 51 - Recife artificial completamente assoreado. Apenas é possível observar as extremidades das abraçadeiras de plástico que uniam os vários módulos.....	94
Figura 52 - Painel informativo colocado junto ao aquário que contém o recife artificial.....	103

Anexo A

Figura A - Extremidade do molhe norte do porto de Sines, destruída pelo mar.....	110
Figura B - Porto de Sines. Tetrápode de 90 tf projectado pelo mar.....	111
Figura C - Defesa da costa tirando partido dos tómbolos formados pela difracção das ondas, provocada pelo quebra-mar destacado.....	112
Figura D - Quebra-mar longitudinal destacado e respectivo tómbolo de areias, induzido pelo fenómeno de dupla difracção das ondas. Vila do Conde.....	112
Figura E - Quebra-mar destacado de Castelo de Neiva. Agosto de 2000.....	113
Figura F - Quebra-mar de Castelo de Neiva. Acumulação de areias a norte (barlamar) do acesso ao quebra-mar, atingindo a cota deste. Agosto de 2000.....	115

Figura G - Quebra-mar de Castelo de Neiva. Areia acumulada a sotamar com a configuração típica de um tómbolo. Agosto de 2000.....	115
Figura H - Implantação prevista para o Quebra-mar destacado longitudinal da Aguda.....	117
Figura I - Formação rochosa natural e tómbolo por ela induzido. Praia de Vila do Conde. Julho de 2000.....	118
Figura J - Tómbolo de areia provocado pela presença de formação rochosa natural. Praia do Marreco. Julho de 2000.....	119

Anexo B

Figura A - Protótipo de módulo para recife artificial. Escala 1 : 20.....	123
---	-----

LISTA DE GRÁFICOS

Página

Capítulo 1

Gráfico 1 - Evolução temporal das algas e das quatro espécies de animais mais representativos (para efeitos de zonação) da zona intertidal, ao longo de 100 dias. Dias Santos, 1996.....	42
Gráfico 2 - Distribuição conjunta altura/rumos de onda ao largo da costa oeste portuguesa. (IHRH, 1988).....	44
Gráfico 3 - Distribuição de períodos e alturas de onda na costa oeste portuguesa. (IHRH, 1988).....	45
Gráfico 4 - Alturas de onda durante os 700 dias de duração do projecto.....	46
Gráfico 5 - Frequência das temperaturas mais significativas.....	46
Gráfico 6 - Estado do tempo durante os 700 dias de duração do projecto.....	47

Capítulo 3

Gráfico 7 - Evolução temporal do número de indivíduos e espécies nos recifes B e L.....	87
Gráfico 8 - Evolução temporal da diversidade nos recifes B e L. H - índice de diversidade de Shannon-Wiener. D - índice de diversidade de Simpson.....	87
Gráfico 9 - A área ocupada pelas macroalgas verdes foi sempre maior no recife L do que no recife B. As algas vermelhas colonizaram o recife L sensivelmente a meio do período de monitorização, nunca chegando a crescer no recife B.....	89
Gráfico 10 - Evolução temporal do comprimento médio das macroalgas nos recifes B e L. As algas verdes apareceram primeiro e cresceram mais no recife L do que no recife B.....	89
Gráfico 11 - Evolução do número de indivíduos e de espécies ao longo do tempo. A - betão simples; B - betão com lama; C - betão com borra de café.....	96
Gráfico 12 - Evolução temporal da diversidade de Shannon-Wiener (H). A - betão simples; B - betão com lama; C - betão com borra de café.....	96
Gráfico 13 - Similaridade (SI) entre as três diferentes composições do betão. A - betão simples; B - betão com lama; C - betão com borra de café.....	97

LISTA DE TABELAS

Página

Capítulo 1

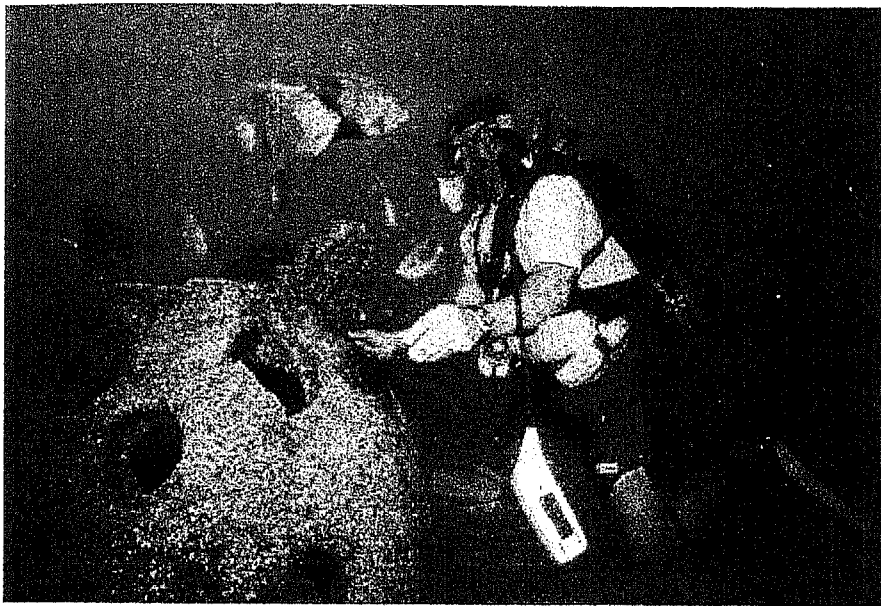
Tabela 1 - Valores das marés em Leixões. Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos (IHRH), 1988.....	44
--	----

Capítulo 2

Tabela 2 - Diferentes composições dos três grupos de módulos.....	55
Tabela 3 - Composição dos paralelepípedos usados nos testes de quebra.....	70
Tabela 4 - Composição dos dois grupos de módulos.....	71

Capítulo 3

Tabela 5 - Espécies e número de indivíduos observados nos módulos imersos no Verão de 1999.....	80
Tabela 6 - Colonização por algas verdes dos diversos materiais testados.....	81
Tabela 7 - Resistência das várias composições de betão relativamente à proporção de lama incluída.....	84
Tabela 8 - Espécies e indivíduos observados no recife B (módulos de betão simples), e respectivos valores dos índices de diversidade de Shannon-Wiener (H) e de Simpson (D).....	85
Tabela 9 - Espécies e indivíduos observados no recife L (módulos de betão com lamas), e respectivos valores dos índices de diversidade de Shannon-Wiener (H) e de Simpson (D).....	86
Tabela 10 - Índices de similaridade entre os recifes B e L.....	88
Tabela 11 - Tipo de cobertura e abundância observada. + até 20% de cobertura; ++ entre 20% e 40% de cobertura; +++ entre 40% e 60% de cobertura. A - betão simples; B - betão com lama; C - betão com borra de café.....	94
Tabela 12 - Espécies e número de indivíduos encontrados nos fragmentos de módulos recifais em 50 observações.....	95



**Figura 1 - Recife Artificial no Golfo Pérsico (Qatar). 10/5/97.
“Reef Ball Development Group”.**

CAPÍTULO 1

ESTADO ACTUAL DOS CONHECIMENTOS

1 - ESTADO ACTUAL DOS CONHECIMENTOS

1.1 - Introdução

Embora os oceanos ocupem cerca de 70% do globo, as zonas verdadeiramente produtivas representam uma ínfima parte desta imensa área. As zonas profundas afastadas dos continentes e das ilhas, são essencialmente desertos biológicos. Existe uma produtividade significativa apenas nos locais onde a zona eufótica é ao mesmo tempo rica em nutrientes. Só aí é que se podem estabelecer cadeias alimentares planta-herbívoro-carnívoro (Ross, 1989).

Assim, cerca de metade das pescarias comerciais são efectuadas nas regiões costeiras e nas zonas de "Upwelling" (correntes ascensionais que trazem para a superfície as águas profundas ricas em nutrientes e que ocorrem entre as costas e as principais correntes oceânicas), que representam apenas uma pequena fracção (cerca de 0,1%) da área total dos oceanos (Glantz e Thompson, 1981).

Para além das limitações impostas pela existência de nutrientes e pela penetração da luz, outro factor que influencia a produtividade dessas zonas é a existência de um substrato duro primário de natureza rochosa, ou secundário de origem animal. De facto, só esse tipo de substrato permite a fixação de organismos sésseis e hemi-sésseis (que muitas vezes ocupam os andares iniciais de cadeias tróficas importantes), dá abrigo a numerosas formas larvares de peixes, crustáceos e moluscos e serve de habitat a espécies com comportamentos territoriais.

Em Portugal tais zonas correspondem essencialmente às plataformas continentais que são de pequena dimensão, oscilando entre os 20 e os 40 km de extensão (Araújo, 1987).

Assim, estando portanto a produção pesqueira quase totalmente concentrada nas plataformas continentais e sobretudo nas suas orlas costeiras, as potencialidades haliêuticas dos oceanos (tf de peixe) distribuem-se da seguinte forma (Ryther, 1969):

- nas plataformas continentais (9,9 % da superfície dos oceanos) - 120 000 000;
- nas áreas de "Upwelling" (0,1 % da superfície dos oceanos) - 120 000 000;
- nas regiões pelágicas dos oceanos (90 % da sua superfície) - 1 600 000.

É do conhecimento geral que as pescas em Portugal atravessam um período de crise que, entre outros factores, está directamente relacionada com a escassez dos recursos vivos de que depende.

As populações de animais marinhos estão sujeitas a uma tremenda pressão de estação para estação e de ano para ano. Os predadores são muitos: outros animais, o Homem e mais recentemente a poluição e as alterações climáticas (Cushing, 1982).

É neste contexto que a tecnologia dos recifes artificiais (R.A.'s) tem um grande futuro em Portugal, podendo contribuir de forma decisiva para uma reviravolta no actual estado das pescas, bem como para a preservação dos recursos e sua exploração numa forma rentável e sustentada.

Esta tecnologia, praticada desde a antiguidade, quando alguém se apercebeu que os peixes eram mais abundantes nas proximidades de objectos flutuantes ou submersos, não mais parou de se desenvolver. A princípio, esse desenvolvimento deu-se numa forma incipiente, ao sabor da iniciativa individual de pescadores, mas nos últimos 50 anos tem conhecido uma grande evolução, baseada em estudos científicos e apoiada em programas oficiais de dimensões consideráveis.

O Japão e os E.U.A. são os países que utilizam tecnologia mais evoluída neste domínio. O primeiro é considerado pioneiro a efectuar registos do uso de recifes artificiais, o que faz desde o séc. XVIII. Actualmente, cerca de 10% do fundo da zona costeira japonesa encontra-se ocupado por estruturas em betão, aço ou outros materiais, especialmente criadas para esse fim. Nos E.U.A., os R.A.'s são usados de uma forma mais aleatória face a um leque mais alargado de interesses tais como a pesca artesanal, desportiva e industrial, caça submarina, mergulho desportivo, destino final de desperdícios e preservação do ambiente (Seaman & Sprague, 1991).

Os recifes artificiais podem ser construídos a partir de módulos fabricados propositadamente para esse efeito, geralmente figuras geométricas de betão, aço, madeira ou combinações destes materiais. São também, no entanto, usados materiais de oportunidade, como cascos de navios absoletos, materiais de desperdício da construção civil, pneus velhos e diversos tipos de rochas (Mcgurrin, Stone & Sousa, 1989).

Os objectivos dos recifes artificiais prendem-se fundamentalmente com a protecção dos recursos haliêuticos, criando um espaço de reserva e servindo como instrumento de gestão pesqueira, o aumento do rendimento da pesca e também o turismo (pesca desportiva e mergulho recreativo).

O arrasto ilegal, alterando as características do substrato e ressuspendendo os sedimentos tem como consequência a sobreexploração dos recursos e a diminuição da qualidade da água, o que se têm revelado um sério problema em certos habitats mais sensíveis. Os recifes artificiais têm vindo a ser cada vez mais utilizados como outra forma de resolver este problema (Moreno, Roca, Reñones, Coll & Salamanca, 1994; Guillen, Ramos, Martínez, & Lizaso, 1994; Bombace, 1989).

Em termos de gestão, o Japão e os E.U.A. desenvolveram recifes artificiais como locais de reprodução e protecção de juvenis (nursery), como por exemplo locais de desova para o polvo em Washington, e de refúgio para lagostas na Florida (Seaman, Buckley & Polovina, 1989).

Na Costa Rica os recifes artificiais estão a surgir como alternativa rápida aos métodos tradicionais de conservação dos stocks (controlo do esforço de pesca, acesso limitado, zonas fechadas e quotas de pesca), (Campos & Gamboa, 1989). Enquanto que as opiniões sobre a eficácia dos recifes artificiais como instrumento de gestão variam, a reprodução, a presença de elevado número de juvenis de elevado valor comercial e a evidência revelada na utilização dos recifes como zona de alimento dão indícios do seu potencial (Pickering & Whitmarsh, 1996).

Um dos países que mais recentemente adoptou a tecnologia dos R.A.'s foi o Kuwait, que através de um clube de mergulho, o "Kuwait Diving Team" tem desenvolvido esforços para implantar R.A.'s desde 1989. Após alguns fracassos iniciais devidos a falta de informação e de meios, a última tentativa levada a cabo em 1996 e já assente em conhecimentos mais aprofundados sobre o assunto e com melhor tecnologia,

está a ser coroada de êxito como se pode ver nas fotografias seguintes (Figs. 2 e 3).
Fonte: "The Kuwait Diving Team".

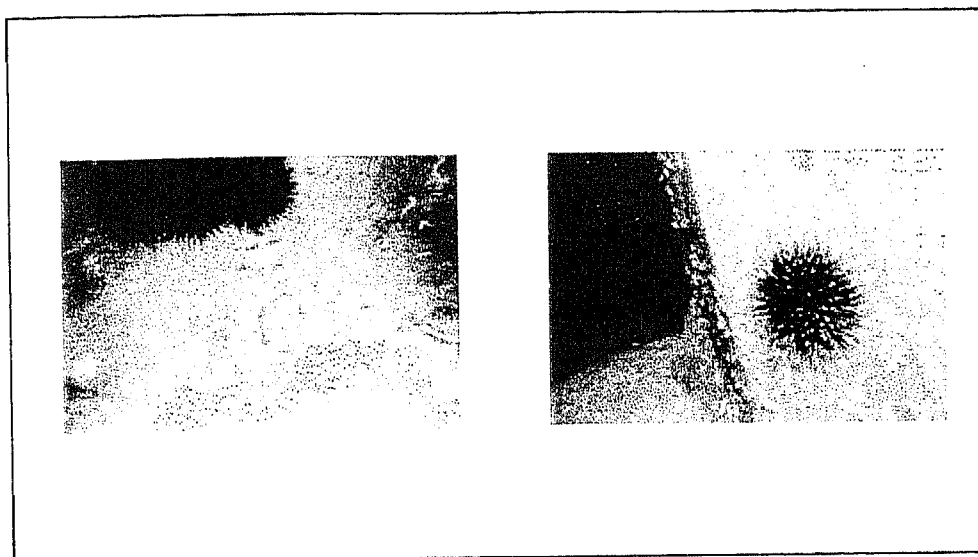


Figura 2 - Progressos na colonização dos R.A.'s do "Kuwait Diving Team", 6 meses após a sua colocação. (Fot. De 25-2-96).

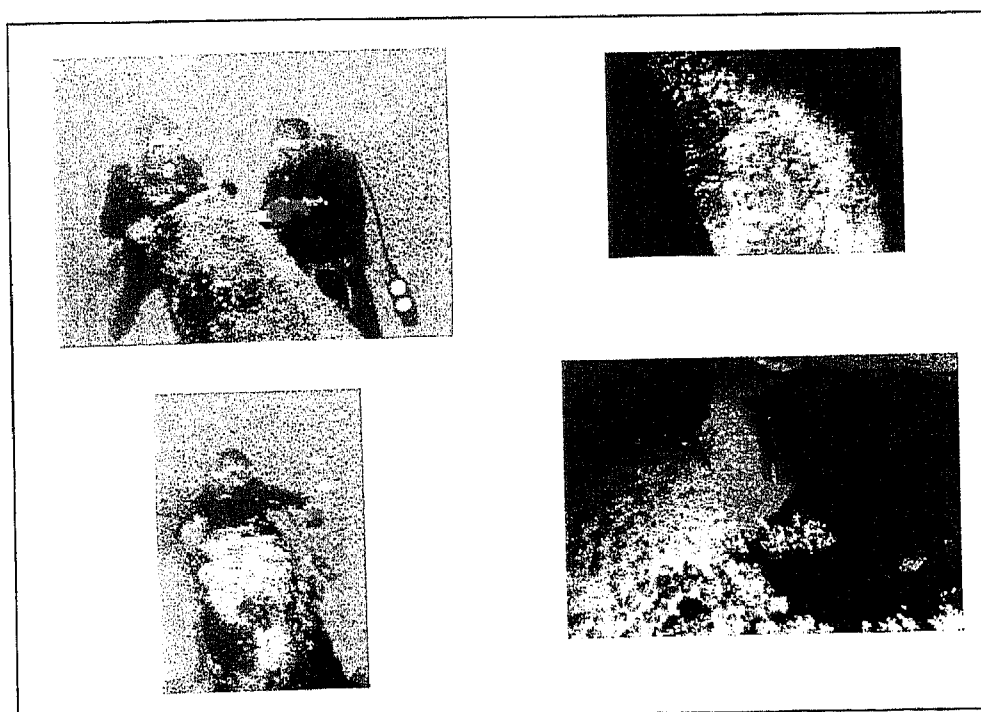


Figura 3 - Últimos progressos dos mesmos R.A.'s., (Fot. De 12-5-97).

1.2 - Objectivos dos Recifes Artificiais

Desde que o Homem começou a capturar peixes e outros animais aquáticos para a sua alimentação se apercebeu que a maioria das espécies são mais abundantes na proximidade de estruturas imersas ou flutuantes (Seaman & Sprague, 1991). O desenvolvimento da tecnologia dos R.A.'s tem por base este conhecimento, bem como a constatação da maior abundância de organismos aquáticos junto dos recifes naturais em relação às zonas de fundo plano e arenoso adjacentes. Os recifes artificiais surgem como um oásis no meio das grandes massas pelágicas de água ou das grandes extensões de fundos de areia. Os objectivos generalistas destas estruturas são fundamentalmente dois:

- Promover a agregação de espécimens e dos animais aquáticos pelágicos facilitando a sua captura e diminuindo o esforço de pesca.

- Aumentar a área de substrato duro disponível para a colonização por parte dos organismos sésseis e hemi-sésseis, servir de local de reprodução, de alimentação e de abrigo para juvenis (nursery).

A estes dois objectivos principais, junta-se actualmente, o de constituírem um instrumento de gestão ambiental. A sua presença é por si só uma medida desincentivadora da utilização de arrasto de fundo e de outras técnicas de pesca pesadas e destrutivas em determinadas zonas (Bell, 1997). Nas zonas costeiras de certos países, como na Costa Rica, os R.A.'s constituem hoje uma alternativa ao modo de gestão tradicional da pesca artesanal, permitindo o estabelecimento de cotas de pesca, regulação de dragagens, controlo do esforço de pesca, limitação de zonas, conservação dos stocks e redução da crescente pressão sobre os ecossistemas (Campos & Gamboa, 1989).

Se a eficácia dos R.A.'s como elementos de gestão levanta algumas dúvidas a autores como Pickering & Whitmarsh (1996), já que consideram que estas estruturas podem apenas funcionar como agregadores de biomassa e portanto apenas redistribuir os recursos numa determinada zona, a sua importância como zonas de alimentação, reprodução e protecção de juvenis reúne hoje consenso geral. Um recife artificial, seja qual for a sua estrutura pode funcionar distribuindo a biomassa explorável, aumentando-a pela agregação de biomassa não explorável previamente e contribuindo para um aumento de produção por incremento da sobrevivência e crescimento (Polovina, 1991).

Os recifes artificiais são muito populares no Japão, entre os pescadores artesanais pois diminuem o esforço de pesca e aumentam as pescarias (Yamane, 1989).

Estudos levados a cabo em Itália, em recifes artificiais de betão permitiram concluir que as capturas de peixe e de mexilhão (*Mytilus* sp.) aumentaram substancialmente (Bombace, 1989).

Estudos comparativos entre R.A.'s e recifes naturais levados a cabo por Bohnsack (1994) demonstraram que as densidades de peixe e de biomassa total eram maiores nos R.A.'s. Este facto é justificável pela maior complexidade estrutural aí obtida (Ogawa, 1982). Também autores como Chang, Lee & Shao (1977) referem que quanto maior for o grau de complexidade maior será a eficácia dos recifes.

Na Europa, segundo Bombace, Fabi & Firrentini (1993), a investigação em recifes artificiais começou no Mónaco nos anos sessenta. Hoje em dia os objectivos da implantação de R.A.'s por países europeus são muito variados, como são diferentes os mares que banham costas europeias.

Para promover o intercâmbio e uma melhor dispersão dos conhecimentos adquiridos isoladamente por diferentes investigadores, os participantes europeus da conferência Internacional sobre Recifes Artificiais que teve lugar em Long Beach Califórnia, em 1991, resolveram propor à Comissão Europeia o financiamento do “European Artificial Reef Research Network” (EARRN), a começar em 1995. Os membros do EARRN eram inicialmente 51 cientistas pertencentes a 36 centros de investigação em Itália, França, Espanha, Portugal, Reino Unido, Holanda, Finlândia e Alemanha (Jensen, Collins & Lockwood, 2000).

Segundo estes autores, hoje em dia os recifes artificiais cumprem objectivos muito diversos como protecção de *habitats* da destruição pelo arrasto (Espanha, Itália e França), conservação da natureza (Mónaco, Itália e França), aumentar o rendimento das pescarias (Itália, Espanha, Portugal e França), investigação e promoção de novos habitats para crustáceos decápodes (R.U., Itália e Israel), Aquacultura (Itália), locais experimentais onde os parâmetros ambientais são conhecidos (R.U., Holanda e Itália), biofiltração (Finlândia, Rússia, Polónia, Ucrânia e Roménia) e ainda como estruturas de protecção costeira (R.U.).

1.2.1 - Recifes Artificiais como estruturas biofiltrantes

Na Polónia

A degradação dos ecossistemas costeiros do Mar Báltico esteve na origem da instalação de recifes artificiais cujo objectivo principal é o de aumentar os processos naturais de bio-depuração. A implantação de recifes artificiais no sul do Báltico foi planeada para criar substratos duros nos fundos arenosos desta zona. Pretendia-se que tais superfícies providenciassem um substrato que induzisse a fixação de organismos sésseis autóctones que utilizassem como alimento matéria em suspensão. Estudos anteriores em recifes tinham demonstrado que a produção biológica seria fomentada e que a biofiltração por micro e macro-organismos potenciaria significativamente a auto-depuração natural (Chojnacki, 1989, 1993; Relini & Cormagi, 1990; Luther, 1990; Piesik, 1992).

Segundo Chojnacki (2000), os dois recifes artificiais implantados na baía da Pomerânia a partir de 1990, ocupam uma área total de 20 000 m². O recife 1 está a uma distância de 0,5 km da costa de Wolin e o recife 2 a cerca de 11 km a Norte da foz do rio Dziwna. Os módulos recifais são constituídos por tubos de betão (0,8 x 1m e 1,8 x 2,5m) de tamanho e pneus usados. Estes elementos foram dispostos no local em arranjos variáveis, tais como pirâmides, estrelas e túneis. A profundidade varia entre os 9 e os 13 metros.

Ainda segundo o mesmo autor estes recifes foram incorporados pelo ecossistema local como é evidenciado pela alta taxa de fixação de organismos sésseis.

Maior turbulência e correntes de fundo mais fortes no local do recife 1, situado mais perto da costa, conduziram a uma maior biodiversidade e densidade das comunidades de organismos colonizadores do que no recife 2.

As espécies de macrobentos dominante e subdominante em ambos os locais são mexilhões (*Mytilus edulis*) e cracas (*Balanus improvisus*).

Os recifes artificiais no báltico, para além dos papéis já internacionalmente reconhecidos destas estruturas, cumprem o objectivo de intensificar os processos de auto-depuração do mar, propósito principal da sua instalação (Chojnacki & Ceronik, 1997).

Na Finlândia

O golfo da Finlândia, é outra área do Báltico onde estruturas recifais implantadas pelo homem estão a ser estudadas com o objectivo principal de testar a sua eficácia em melhorar a qualidade da água, pela sua capacidade de promover o crescimento de grandes biomassas de organismos filtradores.

A aquacultura, é uma actividade em crescimento nesta zona do Báltico norte, e os nutrientes lançados à água por esta indústria constituem um sério problema de poluição causando eutrofização das águas do Arquipélago de Finnish (Antsulevich, Laihonon & Vuorinen, 2000).

Para estes autores a colocação de recifes artificiais com este objectivo depende em grande parte da existência de animais filtradores (algas filamentosas, hidróides coloniais, cracas da espécie *Balanus improvisus*, bivalves como *Dreissena polymorpha*) no ecossistema e do facto de o substrato duro ser um factor limitante. Efectivamente, se a existência de substrato duro na área escassear, então os R.A.'s podem incrementar a biomassa de filtradores e a captura de nutrientes pelos organismos epibióticos.

Os primeiros R.A.'s foram colocados em 1992 por um grupo de investigação russo e consistiam em armações de aço com dimensões 3 x 1,5 x 1 m, revestido com painéis de vários materiais, cerâmica, pvc, betão, e ferro, para estudar as preferências dos organismos bênticos colonizadores.

Numa segunda fase recifes experimentais foram colocados em três locais diferentes próximo à cidade de Turku. O recife A foi usado como controlo, numa área sem nenhuma fonte específica de nutrientes. O recife C foi implantado próximo a uma aquacultura e o recife B num local intermédio entre estas duas localizações. A biomassa dos recifes foi removida e calculado o seu peso seco, por duas vezes durante o período experimental.

O emprego de R.A.'s para servir propósitos de gestão ambiental pode ser encarada como uma nova técnica de biomanipulação (Antsulevich & Busgrov, 1991). A intensidade da biofiltração depende da composição taxonómica da comunidade e da sua abundância, das condições fisiológicas dos organismos, dos factores abióticos e da forma e composição dos R.A.'s. (Antsulevich & Bugrova, 1989; Baynes & Szmant, 1989; Bohnsack & Sutherland, 1985; Damman, 1974; Dixon & Brostoff, 1985; Khailov, Zavalko & Kamenir, 1987).

Cálculos efectuados com base nestes trabalhos demonstraram que seriam necessários 345 000 m² de superfície de recife para remover 750 kgf de Azoto e os 10 kgf de Fósforo produzidos por uma aquacultura de trutas que produz 10 tf/ano. Este rendimento pode ser consideravelmente aumentado quando os recifes estão colonizados por moluscos bivalves filtradores (*Dreissena polymorpha* e *Mytilus edulis*) e crustáceos cirrípeos (*Balanus improvisus*), capazes de retirar da massa de água partículas com 1-3 µm de tamanho.

1.3 - Características dos Recifes Artificiais

1.3.1 - Materiais usados

Os primeiros recifes artificiais tinham apenas a função de agregar e facilitar a captura dos animais aquáticos. Estes dispositivos flutuantes assemelham-se a jangadas e são designados na literatura por “FAD’s” (Fish Aggregating Devices).

Tais estruturas são usadas desde há muitos anos no oriente e eram fabricadas, no início, de madeira, canas de bambu, caules de milho etc., tendo evoluído depois para dispositivos flutuantes mais sofisticados, fabricados em aço, fibra de vidro e outros materiais modernos (Grove & Sonu, 1983).

Estudos recentes demonstraram que embora conduzindo a melhores resultados na pesca, estes dispositivos, atraindo os cardumes facilitam, por exemplo, a pesca do atum (Aprieto, 1988), mas por outro lado provocam um aumento da taxa de mortalidade (Bohnsack, 1991), porque promovem o canibalismo em algumas comunidades (Aprieto, 1991).

Em países do oriente e Caraíbas com águas calmas e também em águas doces continuam a usar-se estruturas de materiais perecíveis e leves cujo exemplo mais marcante será concerteza as estruturas de bambu e madeiras várias muito usadas nas Filipinas (Malig, de Jesus & Dickson, 1991) (Figs.4 e 5).

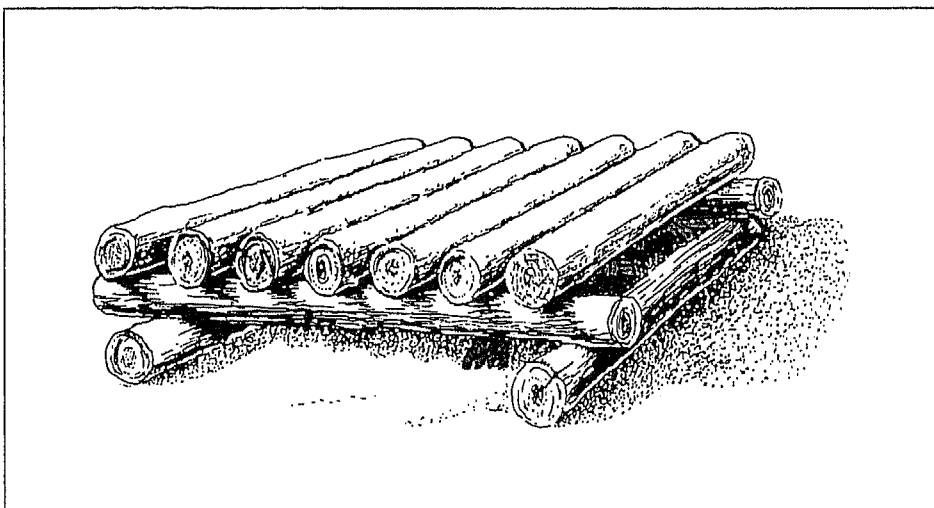


Figura 4 - F.A.D. em madeira destinado a agregar lagostas, “casitas cubanas” (adaptado de Seaman & Sprague, 1991).

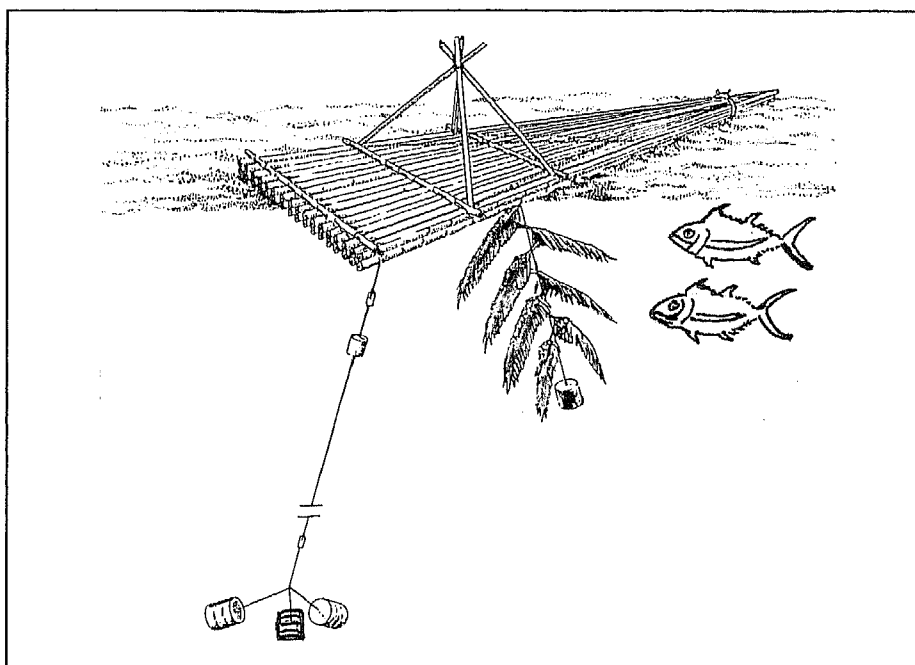


Figura 5 - F.A.D. em cana de bambu, “payao” usado nas Filipinas para a agregação do atum (adaptado de Aprieto, 1988).

No Ocidente foram desde o início usadas estruturas mais sólidas, nomeadamente pneus velhos com vários arranjos estruturais, e outros materiais de oportunidade, (plataformas petrolíferas, cascos de navios, materiais de desperdício da construção civil, carcaças de automóveis etc.). Estes materiais obtidos a baixo custo e colocados sem grandes modificações a não ser a remoção de produtos potencialmente nocivos para o ambiente (Woodhead & Jacobson, 1985), constituem hoje em dia 80% das estruturas de R.A.'s nos Estados Unidos (McGurrin *et al.*, 1989). Os materiais de oportunidade de maiores dimensões são as plataformas petrolíferas que em alguns locais onde são abundantes (Golfo do México), podem ter grande influência no desenvolvimento de sistemas de recifes artificiais (Reggio, 1989).

Devido às suas grandes dimensões, a deposição de plataformas petrolíferas para servirem de R.A.'s, pode ser fonte de conflitos com a pesca industrial. Para evitar tais situações e identificar os constrangimentos geológicos e tecnológicos que podem afectar a deposição destas estruturas, Pope, Moslow & Wagner, (1993), propuseram um método com 6 passos que inclui: (1) mapeamento de exclusão, (2) estabelecimento de planos de áreas para instalação de R.A.'s, (3) compilação de dados, (4) interpretação de dados, (5) mapeamento de estruturas geológicas e antropogénicas existentes na área de intervenção, (6) selecção do local.

Até aos anos oitenta nos Estados Unidos a maioria dos R.A.'s foram fabricados de metal ou fibra de vidro e nos anos mais recentes de betão e plástico (Grove & Sonu, 1983).

Há uma enorme quantidade e diversidade de materiais susceptíveis de serem utilizados na construção de R.A.'s, nomeadamente betão (Fig. 6), ferro, aço, betão armado, plástico, betão plastificado (misturado com polietileno, polipropileno etc.),

material cerâmico, entre outros, (Grove & Sonu, 1985).

Um substrato de plástico polivinil-clorado não tóxico apresenta colonização semelhante, em termos de abundância de invertebrados, biomassa de algas, taxa de cobertura, diversidade e representatividade de espécies à do coral morto, no Havai (Hixon & Brostoff, 1985).

No entanto estes mesmos autores constataram algumas diferenças quando o número de organismos raspadores do substrato era elevado, talvez relacionadas com diferenças na textura de superfície dos dois materiais.

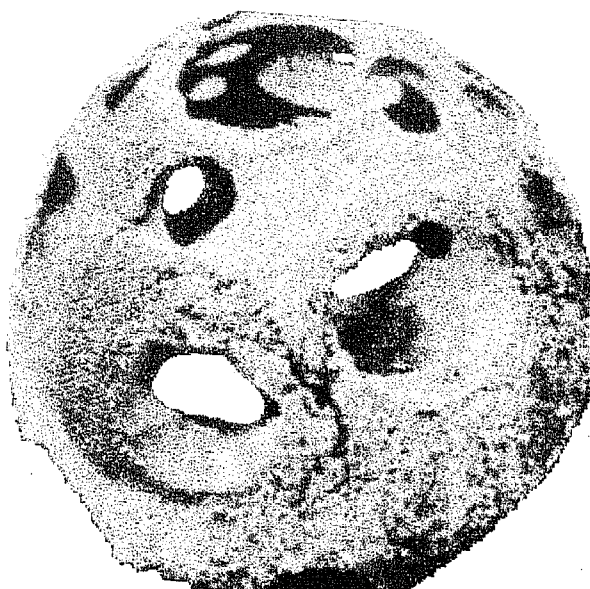


Figura 6 - Módulo recifal pré-fabricado em betão (Reef Ball Devlp. Group).

1.3.1.1 - O betão nos recifes artificiais

Actualmente o material mais utilizado para a montagem de recifes artificiais é o betão, pois além da sua durabilidade e resistência à água do mar, permite ser moldado na forma pretendida (Fig.7) e tem conduzido a bons resultados no que diz respeito à sua colonização por organismos marinhos. Por outro lado, materiais como a fibra de vidro, o p.v.c. e o plástico tem demonstrado problemas de estabilidade (Pickering, 1996a).

Na construção de módulos recifais os cimentos utilizados devem ser aqueles usados como ligantes nas obras marítimas, como os cimentos pobres em alumina (cimento portland), o cimento pozolânico e o cimento de alto forno.

Como água de amassadura para estruturas em betão imerso, pode recorrer-se por questões logísticas e económicas à água do mar desde que a relação A/C (água/cimento) seja inferior a 0,7 (especificação do LNEC E 372).

A durabilidade dos betões é analisada consoante o tipo de obra. Em obras marítimas que permaneçam imersas, dois tipos de acções sobre o betão terão de ser acauteladas: a carbonatação e a acção dos cloretos. A especificação E 378 do LNEC considera para a carbonatação e no caso em estudo a classe de exposição ambiental EC4 (betão exposto à humidade permanentemente ou a ciclos de molhagem/secagem). Em relação aos cloretos, em betões imersos em água do mar em que o transporte dos iões se faz preferencialmente por difusão e por diferença de pressão deve ser considerada a classe de exposição ambiental EC11 da mesma especificação. Estas acções vão determinar a corrosão das armaduras, que no caso de existirem devem ser protegidas com produtos inibidores da corrosão, seguindo-se as especificações da NP ENV 206.

No entanto estas especificações visam estruturas em betão em que a função estrutural é primordial. No caso dos R.A.'s essa função não é prioritária, podendo aceitar-se uma menor resistência do betão e alguma degradabilidade das superfícies, o

que poderá favorecer a colonização por aumento da rugosidade. Essa menor resistência não poderá no entanto comprometer o manuseamento e transporte dos módulos.

(Chua & Chou, 1994) levaram a cabo estudos comparativos entre R.A.'s feitos com pneus e R.A.'s construídos em betão e concluíram que os módulos em betão eram mais eficientes do que os pneus em termos de abundância de peixe por volume e que tais estruturas podiam incrementar os recursos biológicos em áreas relativamente improdutivas.

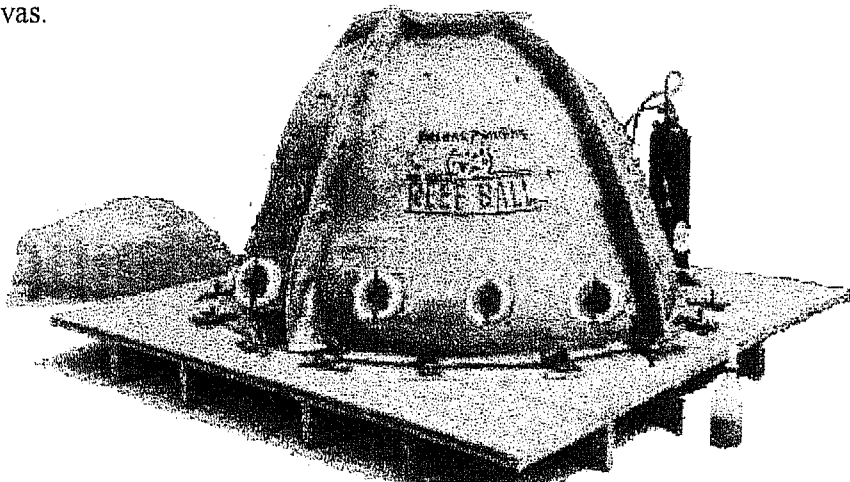


Figura 7 - Cofragem em fibra de vidro e interior pneumático para o fabrico de módulos recifais em betão. (Reef Ball Development Group).

Chojnacki (2000) demonstrou experimentalmente em trabalhos desenvolvidos no Sul do Báltico que a superfície áspera das construções em betão era o melhor substrato duro que se pode oferecer para a fixação de organismos sésseis, o que está de acordo com conclusões de outros investigadores, nomeadamente Kung-Hsiung (1985), Relini & Cormagi (1990) e Collins, Jensen & Lockwood (1992).

Nos últimos anos tem surgido no mercado internacional empresas especializadas no fabrico de estruturas de betão para serem utilizadas como R.A.'s (Fig.8). Com o aumento dos conhecimentos sobre o formato, dimensões e tipo de orifícios óptimos para os R.A.'s, o betão mostra-se o material mais adequado a satisfazer esses requisitos.

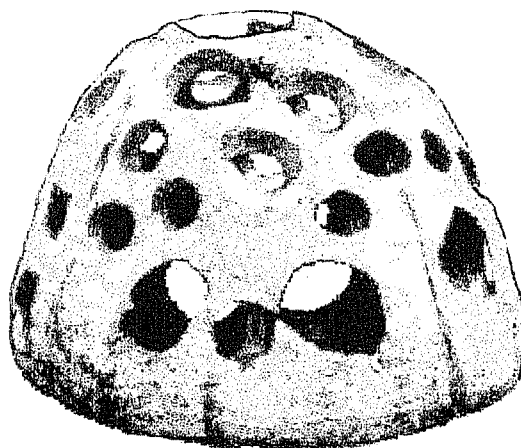


Figura 8 - Módulo recifal em betão pré-fabricado, disponível no mercado em vários tamanhos, para montar recifes artificiais (Reef Ball Devlp. Group).

1.3.1.2 - Betões especiais

Em 1985, Woodhead, Parker & Duedall referiam-se a estudos, ainda em fase experimental, sobre a utilização nos R.A.'s de blocos que incluem na sua composição uma mistura de betão com resíduos da combustão de minérios.

Para minorar os custos de produção de R.A.'s tem sido testados vários materiais residuais tais como cinzas volantes pulverizadas, cinzas de incineradoras e cinzas de centrais de produção de energia. Embora a resistência física dos módulos construídos com estes materiais não seja a mesma daqueles construídos só com betão, existem evidências a favor da integridade física e ambiental dos módulos construídos com base nestes materiais.

Diferentes espécies de seres vivos têm preferências diferentes em relação a recifes construídos com betão ou com produtos residuais da combustão de minérios, embora os grupos colonizadores sejam os mesmos (Woodhead & Jacobson, 1985).

Em 1989 um recife artificial experimental feito com cinzas de carvão provenientes duma central térmica foi instalado em Poole Bay na costa do Sul de Inglaterra. Foi observado que muito rapidamente foi colonizado por lavagantes *Homarus gammarus* (L.), não obstante ter sido colocado num fundo de areia e a uma distância de 3 km dos recifes naturais mais próximos (Jensen, Collins, Free & Bannister, 1994).

Também as cinzas de incineração de óleos foram avaliadas como possíveis materiais residuais a incorporar em módulos de recifes artificiais. O desenvolvimento de colonização biológica foi semelhante à dos blocos de betão. Observou-se no entanto uma área significativamente maior de espaço não ocupado, o que se deve a uma maior facilidade com que as cracas *Balanus* sp. são arrancadas, devido provavelmente à sua menor aderência a este substrato (Nelson, Savercool, Neth & Rodda, 1994).

A interação química entre os blocos feitos a partir de cinzas de óleos incinerados e a água do mar, durante um período de dois anos e meio, confina-se à camada superficial (1 cm) do bloco. Monitorização química sobre elementos como Al, Ca, Cu, Mg, Pb, Si, V e Zn demonstrou que os metais se mantêm estáveis e não são retirados dos módulos feitos a partir de cinzas de óleos (Shieh & Duedall, 1994).

Outras substâncias têm sido testadas para serem incorporadas nos R.A.'s, com o intuito de atrair os organismos marinhos e aumentar o ritmo de colonização por parte destes. É o caso das lamas de Estações de Tratamento de Águas Residuais (E.T.A.R.'s), cuja incorporação em módulos a implantar no meio marinho, não pretende ser uma alternativa a nenhum dos processos de eliminação utilizados, mas antes um contributo para a reutilização de materiais de forma segura e controlada (Serra, 1996).

A utilização de substâncias que enriquecem em matéria orgânica o bloco recifal permitem o desenvolvimento mais rápido de um biofilme composto por microorganismos que por sua vez induzem a colonização de outros organismos (Crisp, 1974).

Já em 1935, Zobell e Allen sugeriram que as bactérias marinhas estavam envolvidas na ocupação dos substratos sólidos pelas larvas dos invertebrados. Desde então tornou-se óbvio que os microorganismos exercem uma grande influência na fixação das larvas, imediatamente antes da metamorfose (Scheltema, 1974). O mecanismo desta fixação preferencial parece estar relacionado com a produção de certos compostos pelos microorganismos. Assim, Neumann (1979) observou a influência de

ultrafiltrados de *Vibrio* sp, na indução da fixação de larvas do cnidário *Cassiopea andromeda*. Os polissacarídeos ou glicoproteínas na superfície dos biofilmes, produzidos por *Pseudomonas marina*, induzem a fixação e a metamorfose de larvas do poliqueta *Janua (Dexiospira) brasiliensis*, (Kirchman, Graham, Reish & Mitchell 1982a e b). No exemplo anterior, o estímulo para a ocorrência da metamorfose parece estar relacionado com a ligação das lectinas larvares com o exo-polímero das bactérias. Do mesmo modo, polissacarídeos bacterianos foram relacionados com a fixação de larvas de ostra (Weiner & Colwell, 1982). Outro indutor da fixação parece ser a estimulação do transporte activo de catiões na larva, nomeadamente Na^+/K^+ -ATPase (Müller & Buchall, 1973). Devido a estas evidências, a incorporação de matéria orgânica no betão dos R.A.'s parece justificar-se plenamente.

Estudos levados a cabo na zona intertidal da praia da Aguda em que foram comparados os graus de colonização de cubos de betão simples, betão com incorporação de cinzas e betão com lamas de E.T.A.R.'s (matéria orgânica), concluíram que a composição que incluía lamas e não incluía cinzas foi a que evidenciou uma colonização mais rica quer em termos de diversidade quer em termos de abundância de indivíduos (Serra, 1996).

1.3.2 - Configuração

1.3.2.1 - Configuração do módulo

O módulo recifal, entendido como elemento que quando associado em grupo poderá formar as mais diversas estruturas e criar um recife artificial, deve apresentar uma textura superficial e um número e tipo de orifícios que o torne adequado para a fixação de organismos sésseis e atractivo para os organismos a que se destina a sua colocação.

Os orifícios existentes nos módulos permitem o abrigo de algumas espécies à predação o que aumenta a sobrevivência de juvenis, o número de espécies e a densidade total de peixes (Shulman, 1984).

O tamanho das aberturas do módulo afecta a biodiversidade e a representatividade das espécies, uma vez que grandes aberturas resultam em abrigos menos eficazes - os peixes menores estão mais sujeitos aos predadores, o que diminui a abundância e o número de espécies, (Shulman, 1984; Hixon & Beets, 1989).

Eggleston, Lipcius, Miller & Coba-Cetina em 1990, constataram que quando a altura de abrigos para lagostas *Palinurus argus* era reduzida de 6 para 3,8 e 1,9 cm, havia menor mortalidade dos indivíduos de pequeno e médio tamanho.

Módulos recifais com orifícios de diâmetro igual ou superior a 2 m não são frequentados por peixes, devendo estas aberturas apresentar diâmetros compreendidos entre 0,15 e 1,5 m quando o objectivo for aumentar o rendimento da pesca (Ogawa, 1982).

Estudos comparativos entre R.A.'s com aberturas e sem aberturas permitiram a Shulman (1984) concluir que os primeiros apresentavam maior densidade total de peixes, maior recrutamento juvenil e maior diversidade de espécies. Segundo a mesma autora, a

maior complexidade dos *habitats* fazia aumentar em média a riqueza em espécies e o número de indivíduos para peixes pequenos de recife.

Para Molles (1978), a variação do tamanho da abertura não apresenta correlação com a riqueza em espécies nem com a composição do grupo de espécies que habitam o recife. Também Walsh (1985) afirma que a configuração da abertura parece não ter efeito sobre a composição de espécies que procuram determinado recife durante o dia, tendo no entanto importância durante a noite.

A configuração dos R.A.'s pode ser orientada no sentido de promover o aumento e protecção dos stocks de espécies com valor elevado. Apresentam-se a seguir alguns casos já estudados.

Crustáceos decápodes

Foi já demonstrado que os R.A.'s podem suportar populações de quatro espécies de crustáceos com significativo valor comercial (duas de lavagantes, *Homarus gammarus* e *H. americanus*, o cavaco, *Scyllarides latus* e a lagosta, *Palinurus vulgaris*) (Spanier, 1991; Spanier, Pisanty & Almog, 1988).

Vários estudos têm sido feitos no sentido de tornar os recifes artificiais atractivos e capazes de fomentar o recrutamento de juvenis destes crustáceos decápodes de alto valor. Cientistas canadianos construíram o primeiro recife artificial específico para lavagantes em 1965. Usaram pedra de construção depositada a cerca de 400 m de um *habitat* de lavagantes de pequena expressão e a uma distância de 2,5 km de um local com grandes concentrações destes animais (Scarratt, 1968, 1973). Este recife foi monitorizado durante oito anos e cedo que percebeu que o mais importante para uma eficaz colonização por uma estável população de lavagantes era o diâmetro dos buracos e fendas lá existentes (Scarratt, 1973). Em 1996 uma experiência usando módulos "reef ball" com orifícios de vários tamanhos (ver 3.1.1) teve início na costa da Terra Nova (Ramea e Port au Port) (Fisher, comunicação pessoal *in* Jensen, Collins & Smith, 2000). Os resultados ainda não foram publicados. Também nos E.U.A. foi investigada a eficiência de abrigos artificiais como *habitat* para lavagantes *H. americanus* (Sheehy, 1976). O número de lavagantes que ocuparam os abrigos simples e os de três câmaras excedeu aquele dos que habitavam abrigos naturais.

A abundância por unidade de área era função do espaçamento entre os abrigos e do número de compartimentos por abrigo. A importância da distância entre abrigos na determinação da abundância de animais, sugere que a distância ao vizinho mais próximo é um factor relevante para maximizar a capacidade de carga de um *habitat* artificial (Sheehy, 1976).

Um pequeno recife artificial (30 x 10 m), localizado em Poole Bay, na parte central da costa Sul de Inglaterra, tornou-se a partir de 1989 o centro dos estudos sobre comportamento e preferências de *habitat* de lagostas e lavagantes (Jensen & Collins, 1995).

Passadas três semanas sobre a implantação do recife, numa zona plana e arenosa, lavagantes (*H. gammarus*) podiam ser já aí encontrados (Collins *et al.*, 1991a, 1991b).

As marcações iniciadas em 1990 e os dados de recaptura que se estenderam até finais de 1997 demonstraram que os lavagantes tinham encontrado no R.A. um adequado

habitat de longo termo. O maior período de residência sem interrupções estendeu-se por 1050 dias (Jensen *et al.*, 1994b).

No recife, uma inovadora tecnologia de telemetria electromagnética foi usada para estudar os movimentos dos animais revelando que eram mais frequentes à noite, principalmente durante o crepúsculo e a alvorada, havendo no entanto troca de refúgios durante o dia (Smith, Collins & Jensen, 1998).

A concepção dos R.A.'s deve providenciar orifícios ou fendas de tamanho adequado suficientemente próximos uns dos outros para propiciar abrigo após as mudas sem os lavagantes terem de se expôr por largos períodos (Jensen *et al.*, 2000).

Segundo estudos desenvolvidos por Robinson, Turner & Wickins, (em preparação), em populações selvagens de lavagantes e depois confirmados em tanques (12 x 6 m) onde os animais podiam escolher vários tipos de abrigos, existe uma significativa correlação positiva entre o tamanho do lavagante (*H. gammarus*), a entrada do abrigo, o volume desse mesmo abrigo e com menor expressão com a largura da entrada. Este mesmo autor considera que 70% dos orifícios ocupados tem uma entrada baixa com uma relação altura/largura menor que 1.

As preferências dos lavagantes em relação à distância mínima ao animal mais próximo têm também de ser respeitadas. Em relação a lavagantes adultos (+/- 120 mm de comprimento da carapaça) a densidade varia muito, entre 0,03 (Hanford citado em Howard, 1998) até 0,27 lavagantes m⁻² (Jensen *et al.*, 1994b).

Na Irlanda (Robinson *et al.*, em preparação) encontrou valores próximos de 0,03 lavagantes/m² e na Escócia, numa rocha natural fissurada, Comely & Ansell, (comunicação pessoal, citados em Jensen *et al.*, 2000), encontrou distâncias entre abrigos ocupados entre 0,4 e 5m (média = 1,5 m), o que corresponde a densidades médias de 0,75 lavagantes/m². Outros estudos revelaram que o incremento da complexidade do habitat permite aumentar a densidade pois diminui a probabilidade de encontros entre eles (Knock, 1996).

Outro crustáceo decápode, o cavaco *Scyllarides latus*, com importância económica em vários países incluindo Portugal, foi estudado em Israel. Estes animais foram encontrados em recifes artificiais construídos com pneus. Pesquisas permitiram concluir que os cavacos preferem abrigos horizontais com 2 pequenas entradas (Spanier *et al.*, 1988).

Spanier (1991) sugere que populações deste sobreexplorado crustáceo podem ser preservadas construindo R.A.'s desenhados especificamente para eles e colocados em áreas protegidas subaquáticas.

Faneca (*Trisopterus luscus*)

Outra espécie economicamente importante em Portugal, cujos stocks podem beneficiar com a implantação de R.A.'s é a faneca, (*Trisopterus luscus*). Com efeito cardumes destes peixes foram observados nos R.A.'s de Poole bay, poucos dias após a implantação, sendo confirmado posteriormente que se abrigavam e alimentavam nesses recifes (Collins, Jensen & Mallison 1996). Foi também observado que as fanecas se aproximavam dos recifes procurando a sua protecção para velocidades da corrente

superiores a $0,3 \text{ ms}^{-1}$, afastando-se destes com velocidades de corrente inferiores a $0,1 \text{ ms}^{-1}$. Estas evidências tornam claro que os R.A.'s permitem a existência desta espécie em locais onde não se encontrava antes (Fowler, Jensen & Collins, 1999).

1.3.2.2 - Configuração do recife

Segundo Hagino (1991), os peixes podem ser divididos em três grupos (Fig.9) quanto à sua relação espacial com um recife:

- 1 - Peixes que têm preferência pelo fundo nas proximidades do recife ou por se instalarem dentro dele;
- 2 - Peixes que nadam junto ao recife mantendo uma certa distância deste e cuja presença não é permanente;
- 3 - Peixes de vida pelágica, que sentindo-se atraídos pelo recife se aproximam deste mantendo no entanto alguma distância.

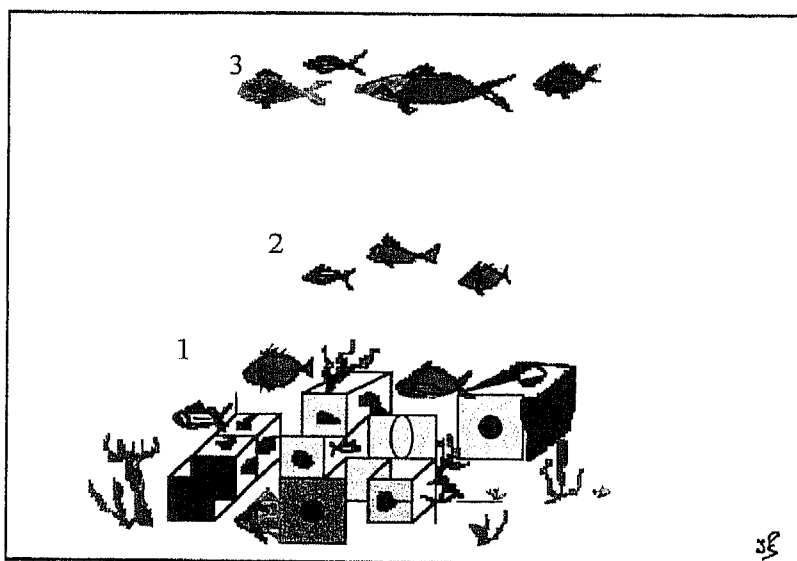


Figura 9 - Relação espacial dos peixes com o recife.

O recife deve ser estruturado para favorecer os três tipos de peixes. Para peixes do tipo 1 deve ter aberturas proporcionais ao tamanho do seu corpo de modo a permitir a livre circulação destes e da água. Para peixes do tipo 2 a estrutura deve criar estímulos físicos tais como sombra, nuances de luz e correntes. Para o tipo 3, o recife deve ser alto o suficiente para transmitir estímulos para a coluna de água, como cheiros e sons das turbulências criadas no recife.

A existência de espaços abertos, de 15 a 18 m de diâmetro melhora o efeito de atracção dos peixes (Turner, Ebert & Given, 1969). Em estudos efectuados na costa leste dos E.U.A, Walton, (1979), observou que recifes em forma de ferradura eram

muito atractivos para peixes da ordem dos *pleuronectiformes* (peixes chatos como a solha, linguado, rodvalho etc.).

A maior parte dos peixes demersais mantêm-se junto ao fundo a distâncias não superiores a 3 m, portanto, recifes com altura superior não influenciam estas espécies (Grove & Sonu, 1985). Para peixes bênticos, verifica-se que os recifes são mais eficientes quando não ultrapassam 1m de altura (Molles, 1978; Patton, Grove & Harman, 1985).

A extensão horizontal dos R.A.'s tem mais importância para as espécies demersais, enquanto a altura só influencia as espécies pelágicas (Stephan & Linqvist, 1989).

Recifes mais pequenos, apresentam uma maior razão superfície/volume, o que favorece o aumento da biomassa e da densidade de ocupação (Ambrose & Swarbrick, 1989). Bohnsack (1994), verificou experimentalmente que recifes de menor dimensão apresentavam maiores densidades de peixes, enquanto que os de maior dimensão apresentavam maior biomassa de indivíduos de maior tamanho.

Ambrose & Anderson (1990), sugerem que a maneira como os módulos são agrupados também afecta as espécies colonizadoras e que blocos muito concentrados podem conduzir à redução do plâncton e à sobreexploração dos fundos circundantes.

Como dimensão aconselhável para recifes artificiais de exploração Sato (1985), propõe 400 a 3000 m³/km².

1.3.3 - Estabilidade

Os módulos que constituem os recifes artificiais bem como todo o conjunto recifal devem ter características que lhes confirmem uma boa estabilidade, para que não sejam arrastados do local para onde foram projectados e não causem destruições em recifes naturais das proximidades.

Para isso devem ser montados fora da zona de rebentação e a profundidades a que não se faça sentir o efeito das ondas.

R.A.'s construídos com uma base larga e pesada que faz baixar o centro de gravidade tornam-se mais estáveis. Actualmente encontram-se no mercado módulos recifais projectados para terem grande estabilidade (Fig. 10).



Figura 10 - Módulos recifais com uma plataforma horizontal que lhes confere grande estabilidade (Reef Ball Devlp. Group).

Foram já testados em condições de tempestades tropicais, tendo-se mantido no lugar mesmo colocados a pequenas profundidades (6m), e sem serem ancorados. Tais estruturas são muito estáveis pois apresentam um orifício no topo que reduz as forças de impulsão hidrostática e hidrodinâmica, comum aos objectos com forma de cúpula. Os orifícios laterais são mais largos na periferia do que no centro, o que cria pequenos vórtices que contribuem também para reduzir as forças de impulsão, para além de trazerem nutrientes para dentro do módulo (Reef Ball Development Group, 1998), (Fig.11).

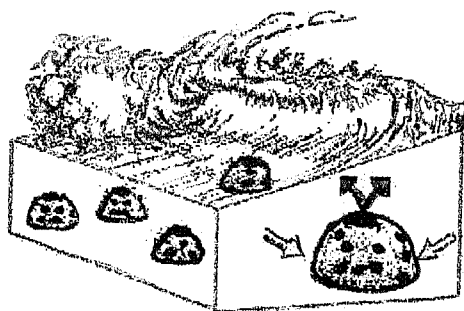


Figura 11 - Sentido do fluxo de água e das forças de impulsão num módulo recifal (Reef Ball Devlp. Group).

Em 24 de Agosto de 1992 o tufão Andrew passou próximo de oito recifes naturais e de onze recifes artificiais que estavam a ser biologicamente monitorizados. Foram efectuadas oito observações visuais qualitativas e oito observações fotogramétricas quantitativas sobre os recifes naturais para estimar o impacto da passagem do tufão sobre eles. O impacto no coral duro, no coral mole, nos espongiários e nas algas foi muito variável em cada faixa de recife. A comunidade de espongiários foi ligeiramente (0-25%) afectada a muito afectada (50-75%). Os corais moles apresentaram um impacto variável de 0 a 25% no recife “inshore” a 25 a 50% no recife “offshore”. Os corais duros foram menos afectados (23 a 38%) de destruição. A comunidade de algas foi de longe a mais afectada apresentando um grau de destruição de 40 a 90% no total dos recifes. Em relação aos recifes artificiais (barcos em aço, estruturas pré-fabricadas de aço e módulos de betão), o impacto variou desde zero até algum movimento e parcial modificação estrutural do recife. No entanto não foi observado qualquer dano significativo relacionado com a localização do recife, sua orientação ou profundidade (Blair, McIntosh & Mostkoff, 1994).

1.3.4 - Textura

A textura superficial do material que constitui os R.A.'s tem influência directa sobre a colonização destes por organismos sésseis, sendo a rugosidade, medida à escala dos milímetros e dos centímetros, directamente proporcional à eficiência da fixação por parte de algas e de crustáceos cirrípedes (Bohnsack & Sutherland, 1985).

É consensual entre vários autores que o tipo de material utilizado e a sua textura superficial podem influenciar o desenvolvimento da comunidade colonizadora e a disponibilidade de alimento (Hixon & Brostoff, 1985; Bohnsack & Sutherland, 1985; Bailey-Brock, 1989).

Hixon & Brostoff (1985), demonstraram experimentalmente que a textura superficial rugosa, incentiva a fixação de organismos bênticos, servindo-lhes de refúgio e suporta maior diversidade de espécies colonizadoras e maior intensidade de predação.

Chojnacki (2000), no Báltico, testou tubos de betão com superfície macia, observando que a fixação era francamente reduzida, ficando mesmo algumas superfícies completamente livres de organismos após várias épocas de fixação larvar.

1.4 - Obras de defesa costeira como Recifes Artificiais

Recifes Artificiais podem ser construídos com o objectivo principal de proteger a costa da agitação marítima e da erosão. Por outro lado, estruturas completa ou parcialmente submersas construídas pelo Homem com objectivos diferentes, nomeadamente quebra-mares portuários e obras de defesa costeira, irão desempenhar mais cedo ou mais tarde, melhor ou pior, as funções dos recifes naturais. Nesse sentido, no interesse da protecção dos recursos e do aumento dos proventos da pesca essas áreas deverão ser geridas tendo em conta essa mais-valia indirecta derivada da sua construção.

A escolha dos materiais dessas obras deveria ser criteriosa no que respeita à sua composição, textura, porosidade, existência de orifícios etc., de modo a potenciar a sua vocação marginal para recife artificial.

A protecção física da costa através da implantação de recifes "offshore" (quebra-mares destacados) foi levada a cabo na costa leste de Inglaterra. Esta obra faz parte da estratégia de defesa dum trecho de costa (com um regime de agitação marítima semelhante, aliás, ao da costa ocidental portuguesa) com cerca de 14 km (Hamer, Gardner & Runcie, 2000). Muito exposta e vulnerável, esta costa tem um longo historial de regressão e de invasões pelo mar de grandes áreas terrestres.

Registos datados de 1287 descrevem que uma grande área de terra foi inundada até à povoação de Hickling, que dista 5 km da costa (Harland & Harland, 1980). Também segundo estes autores, a água subiu 0,5 m acima do altar-mor da igreja de Hickling e 180 pessoas morreram afogadas. Três séculos mais tarde o mar destruiu parte da vila costeira de Eccles, tendo morrido muitos dos seus habitantes.

A maior rotura do sistema de dunas naturais que exercem protecção a esta zona deu-se em 1938, tendo o mar invadido cerca de 3000 ha. Na noite de 31 de Janeiro de 1953, o mar rompeu o cordão dunar em Sea Palling, afogando sete pessoas (Waverley Committee, 1954).

A intenção de evitar a destruição do cordão dunar e perdas de área de praia, sem contudo modificar o trânsito longitudinal das areias, sugeriu a colocação de uma obra destacada, paralela à costa e suficientemente afastada desta para evitar a formação de tómbolos (Halcrow, 1991). Este autor depois de estudos aprofundados na área demonstrou que 16 quebra-mares destacados conferiam o mesmo grau de protecção de

16 esporões que teriam um custo 25% superior, para além dos inconvenientes relacionados com a retenção das areias a barlamar.

Três principais factores controlam a resposta da praia às barreiras ou recifes no “offshore”:

- a relação entre o comprimento do recife e a sua distância à costa;
- a relação entre o comprimento do recife e o intervalo entre recifes;
- a cota do coroamento.

A cota do coroamento controla o coeficiente de transmissão de energia K_T da onda. K_T é definido como a relação entre a altura de onda significativa do lado de terra do recife e do lado de fora. Então, $K_T = 1,0$ sugere que o recife não modifica a altura das ondas. $K_T = 0$ sugere que não passa qualquer energia da onda para o lado de dentro do recife.

Pretendia-se potenciar a formação de saliências e evitar a formação de tómbolos, que poderiam no limite tornar-se um obstáculo ao trânsito das areias.

Os primeiros estudos conduziram aos seguintes parâmetros de projecto para os primeiros quatro recifes:

- comprimento do recife/distância à costa = 1,20;
- comprimento do recife/intervalo entre recifes = 0,86;
- altura do coroamento = +1m (Z.H.).

Estes parâmetros foram testados através de modelação matemática usando o modelo (COAST) “Combined Onshore-Offshore and Alongshore Sediment Transport”. Este modelo foi desenvolvido por Halcrow, baseado em pesquisas de Perlin & Dean em 1983. Não são no entanto universais, não podendo ser transpostos para outros locais.

A capacidade do recife para reter materiais é sensível às mudanças na transmissão da energia das ondas, ou seja, às variações na altura do coroamento. Coroamentos muito altos provocam a formação de tómbolos e conseqüentemente problemas com a interrupção do transporte longitudinal de sedimentos. Coroamentos baixos de mais não protegem eficientemente a praia, continuando esta a sofrer erosão durante as tempestades.

No limiar dos estudos com base na modelação matemática foram realizados testes físicos, com cotas de coroamento de +2 m e +3 m (Z.H.), no “Danish Hydraulic Institute” (1991), e concluiu-se que:

- para cotas de coroamento de +2 m (Z.H.) a transmissão de onda era maior do que o considerado adequado;

- aumentando a cota de coroamento para 3 m, era atingido um coeficiente de transmissão de onda de 40% em condições severas de tempestade, o que foi considerado adequado em termos de protecção da praia.

Estudos preliminares indicavam que rocha natural com peso suficiente para utilizar nas camadas de cobertura poderiam ser difíceis de encontrar e de transportar. Com base em testes com modelos optou-se por usar rocha natural com tamanho entre 8 e 16 tf ou em alternativa acrópodes de betão com 20 tf.

Os primeiros quatro recifes foram construídos a uma distância entre 200 e 300 metros da costa (Fig.12).

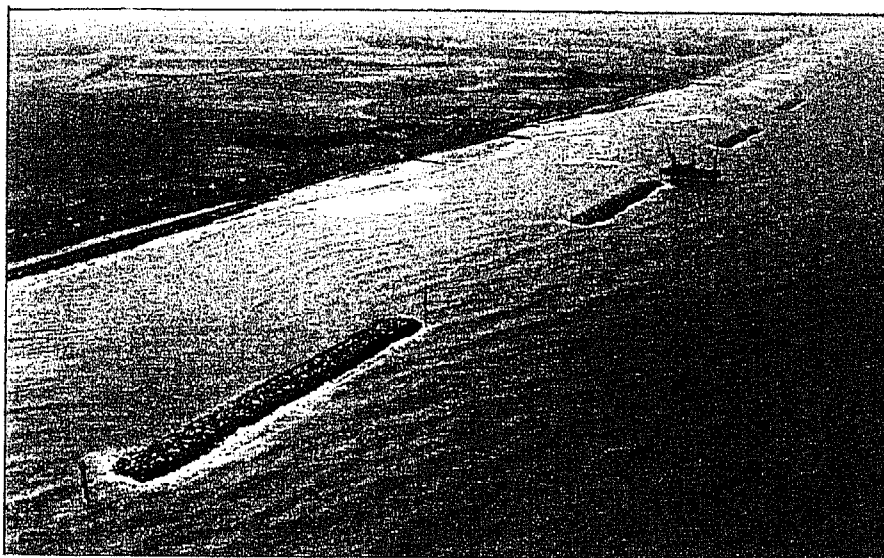


Figura 12 - Vista aérea dos primeiros quatro recifes mostrando a erosão em frente aos intervalos. Extraído de Hamer, Gardner & Runcie (2000).

Foram erguidos sobre uma matriz geotêxtil colocada sobre um enrocamento de pedra com cerca de 0,5 m de espessura. O núcleo foi construído usando pedras com 3 tf e o manto exterior com rochas de cerca de 16 tf.

Com a implementação dos primeiros quatro recifes foi possível estudar *in loco* o comportamento e evolução das praias na sua zona de influência.

Foi possível logo no primeiro ano evidenciar que ocorria demasiada erosão nas praias a sotamar, bem como nas praias em frente aos intervalos entre os recifes (Halcrow, 1995a, 1995d). Tornou-se evidente que a formação de tómbolos pela difracção das ondas foi rápido, interrompendo o trânsito das areias para sotamar. Estas ocorrências indicaram que seria necessário um menor intervalo entre os recifes (Halcrow, 1995c). No entanto, desde a construção destes recifes aconteceram várias tempestades com um período de retorno de dez anos e mais, tornando-se claro que estas estruturas conferiam um nível de protecção bastante razoável àquela zona costeira.

Os parâmetros do projecto foram revistos face ao estudo dos resultados obtidos com a construção dos quatro primeiros recifes e recorrendo a nova modelação com os modelos COSMOS 2D (estudo da evolução transversal da linha de costa) e BPSM (Beach Plan Shape Model), este último desenvolvido por Halcrow (Halcrow, 1996a).

Os novos parâmetros assim obtidos foram:

- comprimento do recife/distância à costa = 0,80;
- comprimento do recife/intervalo entre recifes = 1,00;
- altura do coroamento = +3,00m (Z.H.).

Foi assim determinado que a cota de coroamento óptima para uma estrutura deste tipo, tida como a cota mínima para a qual a praia estivesse protegida contra perdas substanciais de materiais durante as tempestades, seria de 1 m (acima do nível médio do mar).

A estratégia final, desenvolvida a partir destes últimos estudos assentou na construção de mais catorze recifes com 160 metros de comprimento, afastados entre si também 160 m e distanciados da costa 250 m em média.

Foi também recomendada a alimentação artificial das praias em frente aos intervalos entre os recifes para minimizar na totalidade os efeitos erosivos.

Esta situação particular não sendo generalizável em termos de parâmetros de projecto, constitui um bom exemplo da utilização de R.A.'s com o objectivo de defesa costeira.

1.5 - Ecologia dos Recifes Artificiais

O estudo da ecologia dos R.A.'s reveste-se de grande importância para a concepção e gestão dos mesmos numa perspectiva de exploração racional e sustentável dos recursos que eles podem proporcionar.

Pickering (1996b) considera os R.A.'s como o melhor instrumento para a investigação dos efeitos do grau de complexidade dos *habitats* em peixes. As várias espécies de peixes ocupam vários nichos ecológicos e dentro destes desempenham papéis diferentes, são muito móveis e apresentam uma resposta rápida a alterações ambientais e a manipulações.

Sempre que se estabelece uma primeira colonização dum recife recém criado ou a seguir a uma dada manipulação, surge um padrão de excesso de número de espécies ou de indivíduos recrutados, até que se estabeleça um novo equilíbrio (Prince & Maugham, 1979; Grant, Wilson, Grover & Togstad, 1982).

O recurso alimento assume menor importância que o abrigo, pelo menos no início, já que os peixes colonizam os R.A.'s num espaço de tempo muito curto, horas ou dias, antes que estes lhes possam proporcionar alimento (Sale, 1980; Bohnsack & Sutherland, 1985; Bohnsack, 1989).

Os recifes não têm necessariamente que produzir alimento para atrair os peixes, embora seja imprescindível a disponibilidade de áreas de alimentação próximas (Mottet, 1981). No entanto, no Japão e nos E.U.A. é frequente alimentar os recifes artificiais com algas e ouriços-do-mar, ao que parece com resultados animadores (Carlisle, Turner & Ebert, 1964; North & Hubbs, 1968; Grant *et al.*, 1982; Mottet, 1981; Grove & Sonu, 1985).

Shulman (1984) afirma que manipulando as populações de algas e de invertebrados os efeitos observados no recrutamento de peixes é insignificante, concluindo que o abrigo aos predadores é mais importante ao recrutamento piscícola do que a abundância de alimento.

Os R.A.'s ao contrário dos recifes naturais podem ser fabricados de várias formas e colocados em locais onde a monitorização e o controlo das variáveis ecológicas podem ser facilmente acompanhadas por meios visuais (Fig. 13).



Figura 13 - Muitos dos estudos experimentais com R.A.'s foram efectuados com pequenas estruturas concebidas com blocos de construção. Fotografia de "U.S. National Marine Fisheries Service".

A atracção de alguns peixes para os R.A.'s pode ser devida a preferências comportamentais que podem ou não estar relacionadas com a limitação de um recurso (Bohnsack, 1989). Apesar dos R.A.'s provocarem um aumento dos recursos limitantes os quais atraem e beneficiam os peixes, algumas populações e espécies podem não ser limitadas pela disponibilidade de alimento e abrigo, mas sim pela falta de recrutamento larvar, mortalidade após desova (independente da estrutura do *habitat*), e mortalidade (Shulman & Ogden, 1987; Richards & Lindeman, 1987; Doherty & Williams, 1988).

Uma grande variedade de factores tomam parte na atracção dos peixes aos R.A.'s: físicos (côr, sombra, pressão, sons, forma e luz), comportamentais (relações interespecíficas, reprodução, predação, comportamento territorial), (Ogawa & Aoyama, 1966; Ogawa & Takemura 1966a, 1966b; Helfman, 1979; Mottet, 1981; Vik, 1982; Kuroki, 1982; Grove & Sonu, 1983).

A área de influência de um R.A. é da ordem de 200 a 300 m para peixes de superfície e pelágicos e entre 1 e 100 m para peixes bênticos (Mottet, 1981, 1985). Shimizu (1981) considera o raio efectivo de atracção para peixes de 300 m.

Continua, porém, a ser controversa a razão fundamental para a atracção dos peixes. Enquanto autores como Prince & Gotshall (1976) afirmam baseados em observações que peixes de grande e médio porte se alimentavam de outros peixes fora do R.A. e os de pequeno porte não abandonavam o recife para se alimentarem, Hueckel & Sayton (1982) reportam o padrão oposto de comportamento.

Spanier (1994) analisou os resultados de inúmeras experiências com *habitats* artificiais para caracterizar os melhores R.A.'s para lavagantes (*H. gammarus*). Destes estudos, direccionados no sentido de saber quais seriam os tipos de abrigo preferidos pelos crustáceos, concluiu que os abrigos horizontais com cobertura opaca e múltiplas aberturas laterais eram os preferidos, naquilo que considera serem adaptações anti-predador. O mesmo autor sugere ainda que o facto de em apenas alguns R.A.'s monitorizados na última década serem encontrados lavagantes, deriva de grande parte destes não serem concebidos de forma a satisfazer as preferências ecológicas e comportamentais destes animais.

Alguns aspectos da colonização de recifes artificiais de betão são realçados em fotografias de Rob Russell e Dave Zaharychuk, para "Reef Ball Development Group" em 1997. (Figs. 14, 15, 16 e 17).



Figura 14 - Esta fotografia, tirada em 11-92, mostra os fundos marinhos numa zona onde hoje existem R.A.'s. O ecossistema suportava apenas as algas e os animais que podiam viver no fundo plano constituído por areia lódica.



Figura 15 - Para além da maior diversidade de algas, a superfície do R.A. encontra-se completamente colonizada por cracas, *Balanus* sp.



Figura 16 - Outro aspecto da colonização do recife. Para além de várias espécies de algas e das cracas, *Balanus* sp., pode ver-se um polvo, *Octopus vulgaris*.

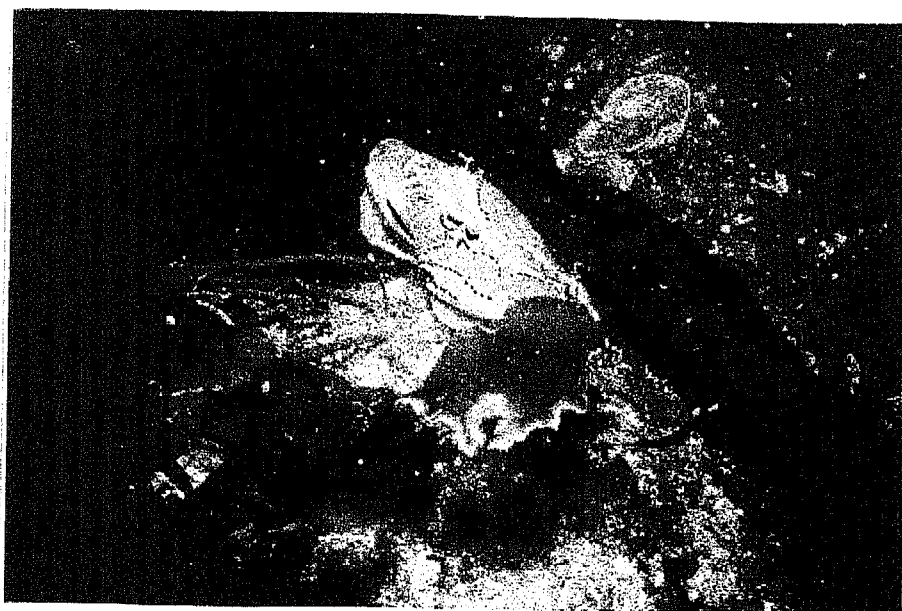


Figura 17 - Um casal de sapateiras, *Cancer paguros*, num abraço nupcial. O macho abraça a fêmea até ela pôr os ovos, fertilizando-os em seguida. A fêmea segura depois os ovos fertilizados no abdômen até à eclosão.

1.6 - A monitorização dos Recifes Artificiais

Existem vários tipos de métodos para efectuar a monitorização de recifes artificiais. Entre os métodos de recolha de dados podem distinguir-se os destrutivos e os não destrutivos. São exemplo dos primeiros a utilização de explosivos, venenos, redes e armadilhas e dos segundos as técnicas de marcação e recaptura e os métodos visuais (Eira do Souto, 1993). Se a utilização de métodos destrutivos é contra indicada em áreas protegidas e sensíveis (Jones & Thompson, 1978) e os métodos de marcação e recaptura se afiguram pouco fiáveis para autores como Thresher & Gunn (1986), restam os métodos visuais, que têm conhecido um grande desenvolvimento e disseminação nos últimos anos e são considerados seguros, independentes da pesca e conducentes a bons resultados por não interferirem com a ecologia do recife (Sale & Douglas, 1981; Brock, 1982; DeMartini, Roberts & Anderson, 1989; Sale & Sharp, 1983; Harmelin-Vivien, Harmelin, Chauvet, Duval, Galzin, Lejeune, Barnabé, Blanc, Chevalier, Duclerc & Lasserre, 1985; Kimmel, 1985; Bohnsack & Bannerot, 1986; Bortone, Hastings & Oglesby, 1986; Sanderson & Solonsky, 1986; Bortone, Kimmel & Bundrick, 1989; Bortone, Martin & Bundrick, 1991).

Existem três metodologias principais de avaliação visual: percursos aleatórios, transectos e pontos fixos.

Percursos aleatórios - como o nome indica, neste método os percursos não são escolhidos previamente, sendo apenas definidos os tempos dos percursos, que variam de acordo com a riqueza biológica do local. O método dos percursos aleatórios é aquele que permite ao mergulhador registar mais informação em termos de estrutura e distribuição das populações ictiológicas, não sendo no entanto o mais recomendado para a estimação de abundâncias, uma vez que não se consegue calcular a área de contagem (Harmelin-Vivien *et al.*, 1985; Bortone *et al.*, 1989).

Transectos - chama-se transecto a uma banda longa e estreita de área conhecida ao longo da qual o mergulhador nada, contando todos os indivíduos de cada espécie ou grupo de espécies que avista nessa banda e acima dela até uma dada altura (Helfman, 1983; Kimmel, 1985; Bortone *et al.*, 1986, 1989). A normalização dos tempos de contagem é fundamental para obter bons resultados, desta forma o mergulhador deve nadar lentamente a uma velocidade constante, anotando os tempos inicial e final do transecto. Este método é claramente o mais utilizado sendo geralmente aceite como a melhor técnica visual de avaliação quantitativa (DeMartini *et al.*, 1989; Bortone *et al.*, 1989).

Pontos fixos - este tipo de técnicas de contagem foi dividido por Thresher & Gunn (1986) em contagens com um determinado tempo fixo e contagens instantâneas. As contagens instantâneas são aquelas que registam todos os indivíduos que estão naquele momento dentro de uma área imaginária pré-estabelecida. Nas contagens com intervalo de tempo existem três metodologias diferentes:

- Método estacionário - o observador permanece no mesmo local durante todo o tempo da observação e conta todos os animais dentro de um cilindro imaginário com uma certa secção. Este método é eficaz para o estudo de estruturas isoladas e complexas ou estruturas com grandes dimensões (Thresher & Gunn, 1986).

- Método dos "Quadrats" - delimitam-se cubos com 1, 2 ou 3 m de lado dentro dos quais se contabilizam os animais que permanecem ou passam pelo cubo imaginário, durante 10 minutos (Slobodkin & Fishelson, 1974). No último minuto o observador aproxima-se do referido cubo, procurando peixes escondidos ou de pequeno tamanho (Bortone *et al.*, 1986).

- Método circum-estacionário - nesta técnica o observador roda sobre si mesmo e conta os animais que consegue observar à sua volta dentro de uma zona cilíndrica com um determinado raio, durante um dado intervalo de tempo (Bohnsack & Bannerot, 1986; Bortone *et al.*, 1989 e Bortone *et al.*, 1991).

Técnicas de observação

Várias técnicas estão hoje em dia disponíveis para a observação *in situ* de estruturas como os recifes artificiais. Para a aproximação pode ser usado o mergulho em apneia (mergulho livre), um submersível dotado de câmara de vídeo e o escafandro autónomo.

Quanto à observação propriamente dita ela pode ser feita apenas a olho nú ou com o auxílio de câmaras fotográficas ou de vídeo. O registo dos dados pode ser feito numa prancha de fórmica ou com um gravador. Apesar do gravador ser mais eficiente do que a prancha de fórmica, uma vez que a contagem nunca é interrompida para registo na prancha (Alevizon, Richardson, Pitts & Serviss, 1985), a diferença entre estas duas técnicas, relativamente ao número médio de espécies e à diversidade não é significativa (Bortone *et al.*, 1991). Além disso a análise de dados torna-se bastante trabalhosa (Helfman, 1983).

1.7 - Recifes Artificiais em Portugal

1.7.1 - O sistema de recifes artificiais da costa algarvia

No nosso País, a utilização de recifes artificiais está ainda numa fase inicial. Os primeiros R.A.'s foram instalados na costa algarvia no segundo semestre de 1990, pelo IPIMAR, através do seu centro de investigação marinha do sul. Constituem um projecto piloto, suportado pelo Plano Integrado para o Desenvolvimento Regional (PIDR). O terceiro e o quarto recife foram implantados em 1998 e foram co-suportados pelo Instrumento Financeiro de Orientação das Pescas (IFOP).

Monteiro & Carvalho (1989), justifica a implantação desses recifes com razões de ordem biológica e sócio-económica, destacando:

- existência de acidentes naturais como a Ria Formosa, que favorecem a ocorrência de grande número de juvenis de peixes na faixa litoral adjacente;
- o escasso número de formações rochosas existentes, particularmente no sotavento algarvio;
- a evidência de que os recursos que suportam a pesca artesanal se encontram intensamente explorados, situação agravada pela circunstância desta exploração incidir em grande parte sobre as populações de juvenis.

Objectivos

O objectivo principal dos R.A.'s na costa algarvia é o incremento das capturas da pesca, no entanto a implantação destes recifes tem como outros objectivos:

- testar três tipos diferentes de módulos e de organização estrutural dos recifes;
- avaliar o impacto dos R.A.'s tanto ao nível ambiental como das pescas;
- estabelecer estratégias através das quais os R.A.'s possam ser usados como instrumentos de gestão da pesca costeira;

-desenvolver conhecimentos multi-disciplinares num domínio com um crescente interesse público.

Na sequência deste projecto piloto, o IPIMAR, está a desenvolver um programa, visando a criação de um complexo recifal na costa algarvia (ver Fig.18) constituído por seis recifes artificiais dos quais dois já estão instalados e os quatro restantes estão em fase de adjudicação da obra ou de concurso, com conclusão prevista para 2001. Este sistema de R.A.'s, ocupará de forma descontínua, uma área total de implantação superior a 30 km², o que faz dele o maior complexo recifal da Europa.

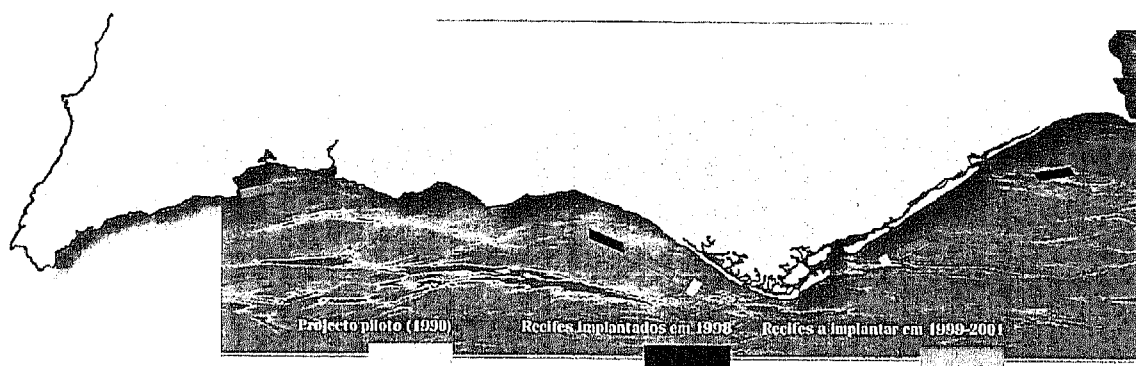


Figura 18 - Esquema ilustrativo da localização do complexo recifal algarvio.
Adaptado de Santos & Monteiro, 2000.

Localização

Deste processo ainda só foram publicados resultados sobre o projecto piloto e é desse que se dará conta seguidamente. A localização dos recifes obedeceu, segundo Monteiro & Carvalho (1989) aos seguintes critérios:

- proximidade das barras de S.Luís e Barra Grande, beneficiando o mais possível as populações de juvenis provenientes da laguna;
- fundos entre 20 e 30 m, pois profundidades menores afectariam outras artes de pesca, como o arrasto com ganchorra, e maiores profundidades diminuiriam o efeito dos recifes e dificultariam a sua colocação e monitorização;
- declive pouco acentuado para evitar o deslocamento dos módulos pelo efeito das correntes;
- existência de correntes essenciais ao funcionamento do recife;
- proximidade de portos, fácil acesso e comunicação.

Os Recifes Artificiais da costa algarvia estão colocados no litoral adjacente à Ria Formosa, em frente da Ilha de Faro e da Ilha da Armona, respectivamente a $36^{\circ}58'65''\text{N}$ - $8^{\circ}0'91''\text{W}$ e $37^{\circ}0'55''\text{N}$ - $7^{\circ}44'54''\text{W}$, (Fig.19).

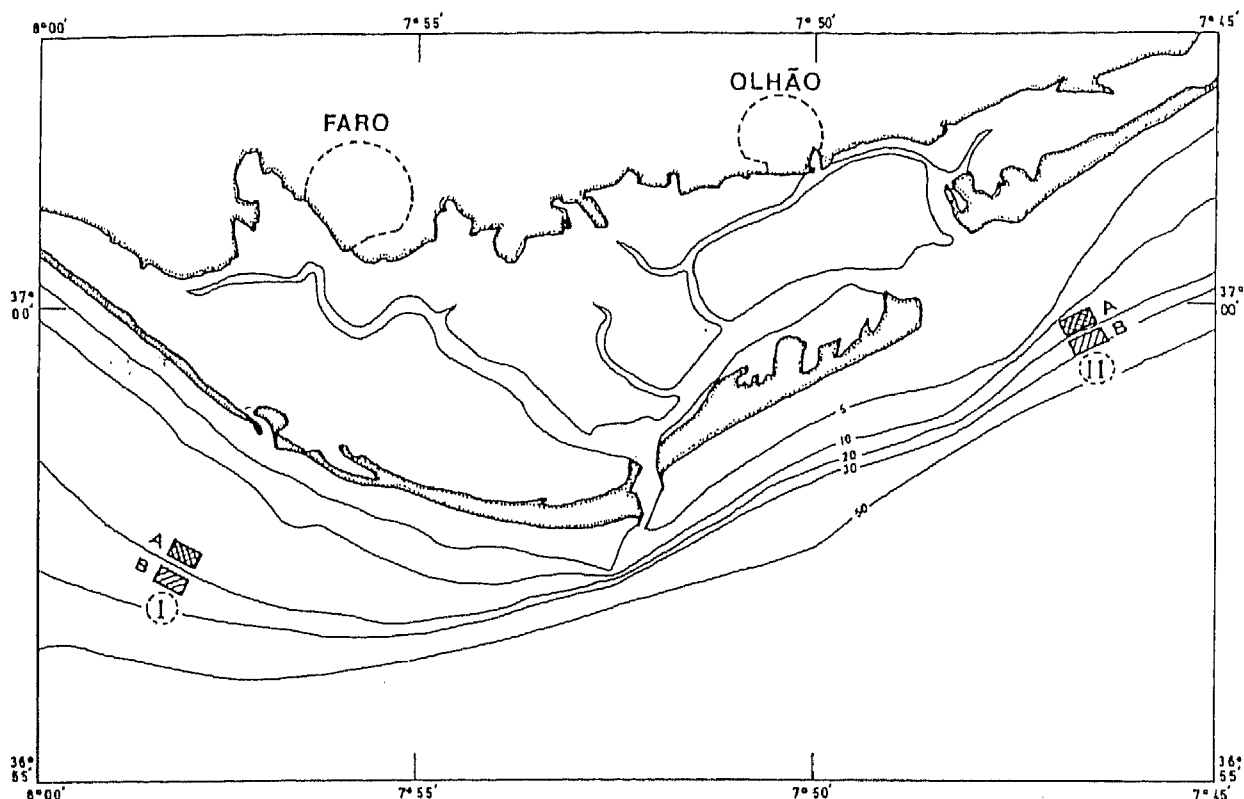


Figura 19 - Ria Formosa, Algarve. Localização dos dois sistemas de R.A.'s (I e II). A - recife de protecção; B - recife de exploração. (Santos & Monteiro, 2000).

Configuração

Em cada um dos sistemas de recifes existem dois grupos distintos na composição e no objectivo:

- recifes de protecção: constituídos por conjuntos de módulos cúbicos organizados em grupos de três. O sistema de recifes de protecção resulta da associação dos grupos, distanciados 300 m (Fig.19). Destinam-se a fornecer abrigo e alimento aos juvenis provenientes da laguna e não é permitida a actividade piscatória nas suas imediações.

- recifes de exploração: destinam-se a ser explorados por uma pesca selectiva e foram colocados mais ao largo. São constituídos por dois tipos de módulos de grandes

dimensões (Fig. 21a e b) agrupados de forma distinta, formando três diferentes tipos de recifes unitários de exploração:

- grupo de 4 módulos em L, (Fig. 21c);
- agrupamento de 4 conjuntos de módulos octogonais, (Fig. 21d);
- associação de 2 módulos em L com 2 conjuntos de módulos octogonais, (Fig. 21e).

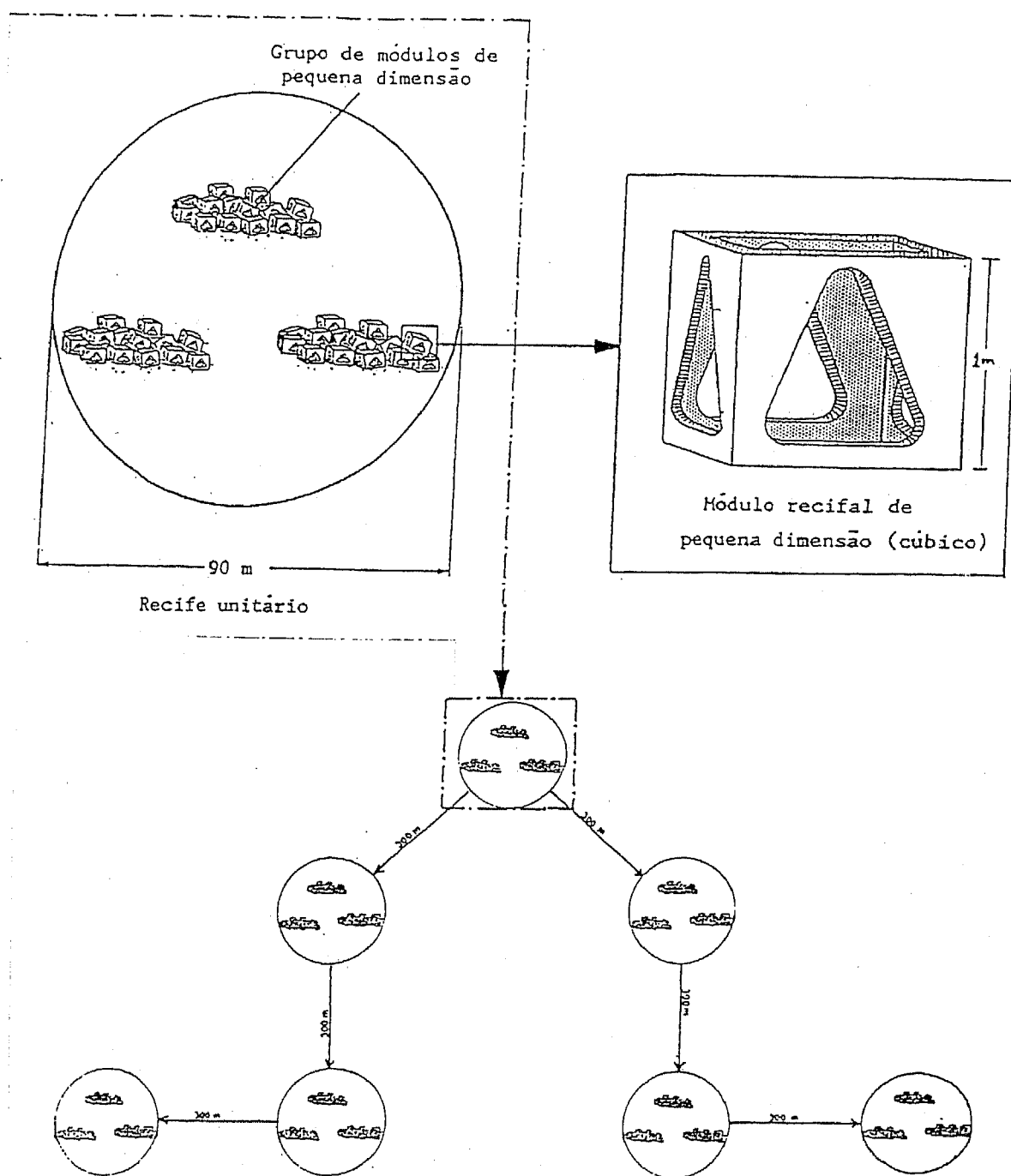
O sistema de recifes de exploração resulta do agrupamento de 5 recifes unitários inscritos num quadrado de 400 m de lado (Fig. 21f).

Primeiros resultados

Em estudo de avaliação realizado por Eira do Souto em 1993 foram identificadas nestes recifes um total de 33 espécies de peixes pertencentes a 16 famílias, sendo a *Sparidae* (douradas, sargos e afins) a mais representativa com 11 espécies.

A avaliação destes recifes, embora ainda se encontrem numa fase jovem e a sua colonização ainda não tenha atingido o estado clímax, veio pôr em evidência o bom funcionamento destes R.A.'s, traduzido num aumento da produção biológica na sua zona de influência (Falcão, Vale & Santos, 1999), numa elevada capacidade de acolhimento de populações juvenis (Santos, Monteiro & Erzini, 1995), em boas taxas de colonização nomeadamente de peixes (Santos, Monteiro & Lasserre, 1996) e no aumento dos rendimentos da pesca (Santos & Monteiro, 1997, 1998).

A proximidade da laguna acelerou a colonização dos recifes por micro e macrobentos, permitiu o crescimento de macroalgas devido ao fornecimento de nutrientes e foi determinante na rápida colonização por várias espécies de peixes, devido à produção de juvenis nas suas águas (Monteiro & Santos, 2000).



Plano geral de organização de um recife de protecção.

Figura 20 - Alguns aspectos e plano geral do recife de protecção. Adaptado de Santos & Monteiro, 2000.

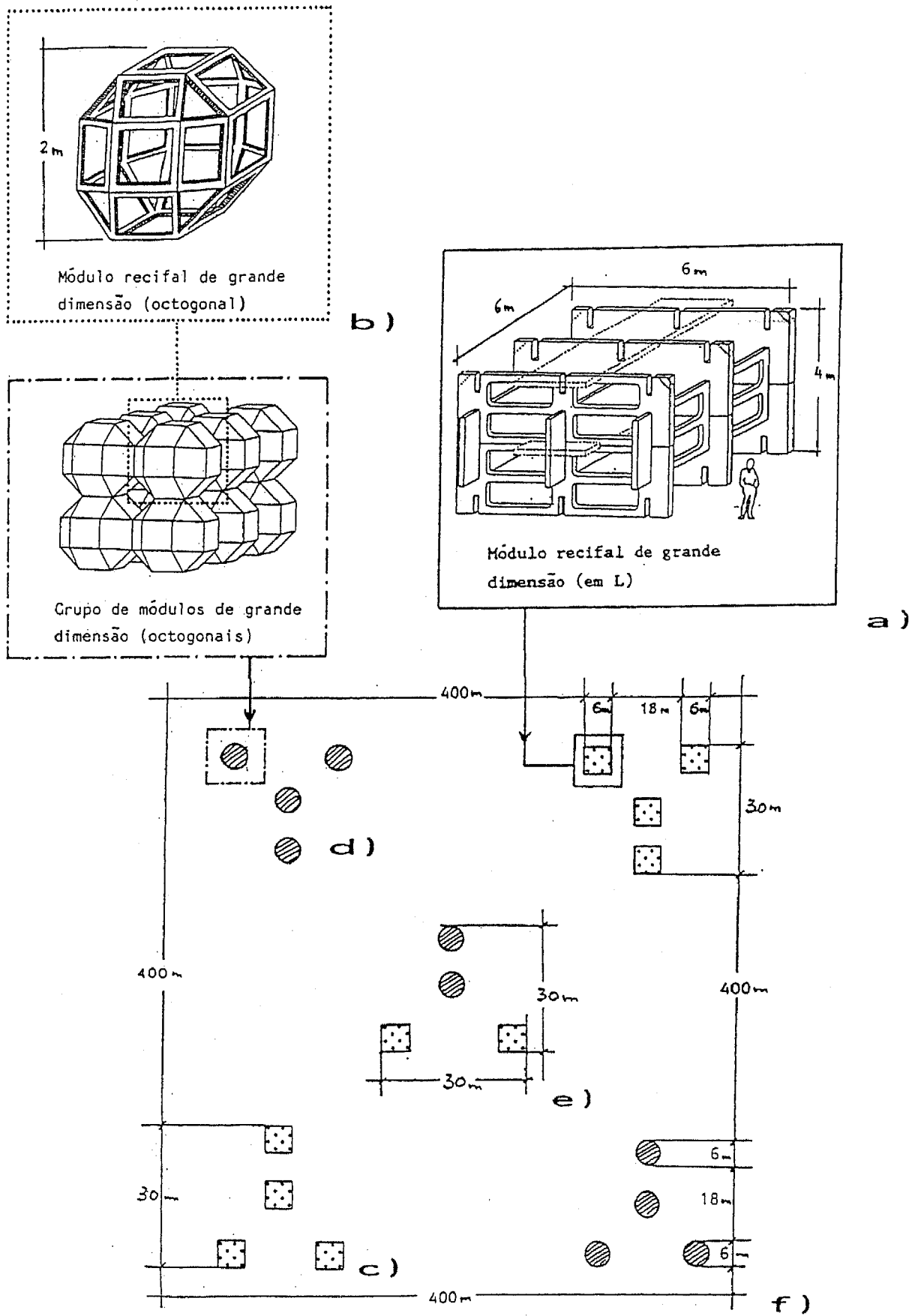


Figura 21 - Módulos recifais e planta geral do recife de exploração da costa algarvia. Adaptado de Eira do Souto, 1993.

1.7.2 - Instalação de Recifes Artificiais noutras zonas do país

A instalação a médio prazo de outros sistemas de recifes artificiais em Portugal, é uma necessidade incontornável. Dos vários objectivos que se reconhece serem cumpridos pelos sistemas de R.A.'s, são principalmente três os que justificam a futura instalação destas estruturas no nosso país:

- aumento do rendimento das pescas e protecção dos *stocks*;
- controlo indirecto da actividade do arrasto;
- dar um destino útil a cerca de uma centena de barcos da frota bacalhoeira, já desactivados e que neste momento asfixiam alguns portos portugueses, tais como Aveiro e Viana do Castelo.

O Plano de Ordenamento da Orla Costeira (POOC), Ovar-Marinha Grande prevê no seu regulamento a instalação de um sistema de R.A.'s, situado ao largo da Costa Nova, com uma extensão de cerca de 40 km e uma área de influência de cerca de 30 km².

A instalação do sistema de recifes nesta zona permite-lhe, à semelhança do que ficou demonstrado no Algarve, usufruir do afluxo de nutrientes e de juvenis de espécies ictiológicas proveniente da laguna de Aveiro.

1.8 - Aspectos legais da instalação de Recifes Artificiais

1.8.1 - Na União Europeia

Segundo Pickering (2000), a instalação, exploração e desactivação de recifes artificiais tem de ser enquadrada tanto num regime legal internacional (Direito Marítimo), como também nacional. A questão internacional é facilmente ultrapassável visto os R.A.'s serem instalados no mar territorial (12 milhas náuticas) ou então dentro da Zona Económica Exclusiva (ZEE) de cada país (200 milhas náuticas). Como este regime é actualmente aceite por todos os estados membros da U.E., a instalação de R.A.'s não é susceptível de criar conflitos entre países.

No plano nacional de cada estado membro existem inúmeras questões legais relacionadas com os R.A.'s, algumas comuns a vários estados, outras que variam significativamente de estado para estado de acordo com leis internas e práticas correntes.

A questão fundamental parece ser, no entanto, a definição de direitos de propriedade sobre o fundo marinho, que é propriedade do estado e, portanto, de domínio público. Alguns pressupostos estabelecidos em leis base, como a proibição de efectuar deposição de materiais no mar seja qual for a sua origem, e a observância de princípios como o da precaução têm também de ser considerados.

Cumpridas as regras legais que regulamentam a deposição de materiais no mar (Convenção de Londres para a prevenção da poluição marinha pela deposição de materiais feitos pelo Homem "London Dumping Convention") de 1975, e (Convenção das Nações Unidas sobre a Lei do Mar), estabelecida a zona de implantação do recife de acordo com as entidades gestoras do domínio público marítimo, o regime regulatório

passa para as entidades que tutelam as pescas que terão de definir um regime de exploração do recife.

Existem quatro tipos de regime de direito de propriedade sobre um recife: acesso livre, propriedade privada, propriedade comum ou direitos de propriedade regionais (Bromley, 1989, 1991).

A Convenção das Nações Unidas Sobre a Lei do Mar estabelece no seu artigo 60(3) que “qualquer estrutura ou instalação abandonada ou em desuso deve ser removida para garantir a segurança da navegação”, embora esta determinação tenha sido criada a pensar nas plataformas petrolíferas não é específica, devendo então, ser também aplicada aos R.A.’s. Os países não estão, no entanto, a ter em consideração este artigo da Convenção no que concerne aos R.A.’s, pois consideram que um R.A. uma vez instalado e a produzir não pode mais ser considerado uma estrutura abandonada ou em desuso pois ele produzirá sempre até ao desaparecimento total da estrutura que o originou.

1.8.2 - Em Portugal

Como membro de pleno direito da U.E. e das Nações Unidas, Portugal, está obrigado a respeitar as convenções e directivas aprovadas por estas organizações internacionais, anteriormente referidas.

Portugal reconhece as 12 milhas náuticas como sendo mar territorial e à semelhança de outros países adoptou as 200 milhas náuticas como ZEE. Qualquer projecto de implantação de R.A.’s fica então numa zona de jurisdição exclusivamente nacional.

As autoridades portuguesas introduziram recentemente leis específicas em relação à colocação de estruturas no mar. Estas leis estão de acordo com o espírito da Lei Marítima Internacional no que respeita ao controlo da poluição e à segurança da navegação. Assim sendo, a autorização para a implantação de R.A.’s no mar português tem de ser emanada pelas autoridades competentes, nomeadamente, o Instituto Marítimo Portuário (I.G.P.) e o Instituto Nacional da Água (INAG) tutelado pelo Ministério do Ambiente e Planeamento.

1.9 - Introdução ao projecto

1.9.1 - Justificação, enquadramento e objectivos

Justificação

A tecnologia dos recifes artificiais tem ainda pouca expressão em Portugal, existindo apenas um recife artificial criado propositadamente e monitorizado. Este recife encontra-se no mar algarvio, em frente à Ria Formosa, logo, em condições climáticas e biológicas diferentes das que se encontram na costa ocidental portuguesa. Encontrando-se a actividade pesqueira em crise devido à sobrepesca, à poluição dos mares e a outros

factores, é de todo o interesse o estudo e desenvolvimento de tecnologias que contrariem esta situação e permitam a continuação do consumo de peixe e outros animais aquáticos aos níveis actuais, por parte das populações.

Destas tecnologias, as mais eficazes serão a aquacultura e a instalação de recifes artificiais, sendo a última aquela que permite a manutenção da pesca artesanal e portanto dos postos de trabalho, tendo uma função social importante para além da função económica. É então tempo, de se iniciarem estudos piloto de concepção, instalação e monitorização de recifes artificiais na costa norte, pois só assim será possível acumular os conhecimentos necessários à instalação destas estruturas a uma escala industrial quando a sua necessidade se fizer sentir numa forma mais acentuada.

O desenvolvimento deste projecto tem, pois, uma justificação técnico-científica, mas também social e económica já que os conhecimentos dele colhidos serão um contributo importante para a instalação de recifes de maiores dimensões, que irão contribuir para a revitalização das pescas.

A localização deste projecto terá por si só um impacto positivo nos rendimentos dos pescadores da Aguda, obviamente proporcional às exíguas dimensões do recife a instalar, pois está previsto a sua abertura para a pesca após o período de monitorização. Mesmo durante este período, o aumento previsível do recrutamento de juvenis de espécies com valor económico constituirá uma mais-valia para as pescas na zona.

Enquadramento

As águas da região costeira do norte do país são muito ricas em nutrientes, o que provoca um bom desenvolvimento do fito e zooplâncton.

Na zona da praia da Aguda é evidente a diferença de produtividade entre as bancadas rochosas e as zonas de fundos de areia, apresentando as primeiras uma profusão notável de formas de vida. Nesta zona foram já identificadas cerca de 110 espécies de animais e 36 espécies de algas, (Múrias dos Santos, 1994; Weber, 1998).

Pereira (1998) em estudo efectuado na zona intertidal desta praia encontrou 149 espécies de fauna associada aos recifes de barreira, *Sabellaria alveolata* (L.).

Usando métodos não destrutivos foi possível identificar 38 espécies de algas pertencentes a 22 famílias e 43 espécies de animais pertencentes a 29 famílias, (Dias Santos, 1996), o que por si só dá uma ideia da grande diversidade biológica do substrato rochoso e leva facilmente à conclusão de que grande parte das cadeias tróficas se iniciam em formas de vida que têm aí o seu *habitat*.

Esse *habitat* é o palco duma intensa competição inter e intraespecífica, pelo espaço disponível que se traduz não só pela evolução temporal da ocupação do espaço, mas também pela elevada taxa de ocupação (Gráf.1).

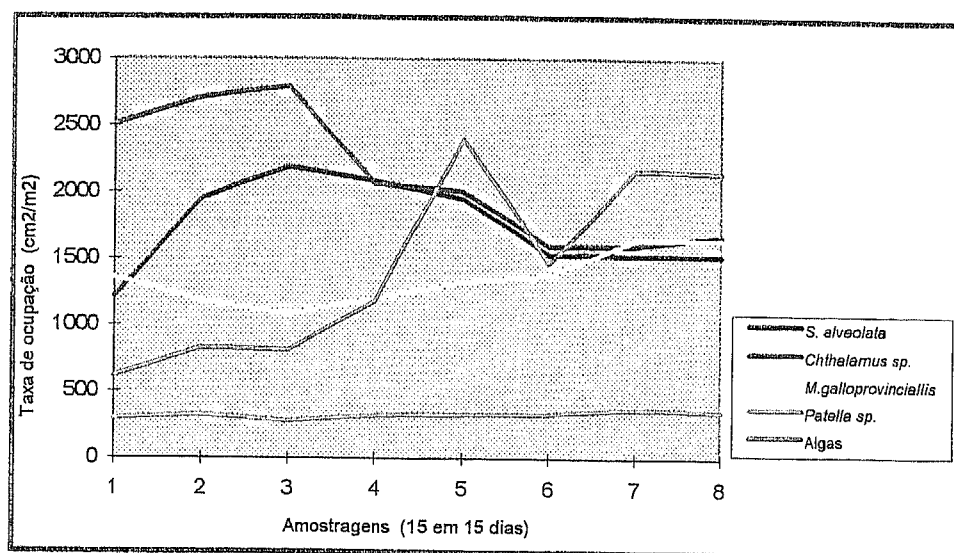


Gráfico 1 - Evolução temporal das algas e das quatro espécies animais mais representativas (para efeitos de zonação) da zona intertidal, ao longo de 100 dias. Dias Santos, 1996.

Da observação pontual de objectos arrojados pelo mar para a zona de entre-marés, bem como de obras de defesa costeira existentes na região (Espinho por ex.), verifica-se que a colonização é eficiente e segue uma sucessão temporal - Algas→Organismos incrustantes→Invertebrados móveis, que rapidamente conduz às espécies com valor comercial alto. Estes factos foram já comprovados por Serra (1996), que colocou cubos de betão de 0,15 m de lado na zona entre-marés. Estes cubos foram monitorizados, tendo sido efectuado um controlo da sua colonização por parte dos organismos marinhos. Outra indicação de que a aplicação da tecnologia dos recifes artificiais nesta zona pode ser coroada de êxito vem dos relatos dos pescadores. De acordo com eles, nas proximidades de uma embarcação afundada na área por volta de 1910, o “Piguiho”, é grande a quantidade de peixe existente, principalmente faneca (*Trisopterus luscus*).

Este projecto conduziu à instalação de recifes experimentais, com módulos de forma cúbica, construídos de betão com várias composições. A sua colocação efectuou-se ao largo da Aguda, localidade onde se encontra sediada uma comunidade piscatória com cerca de 100 anos, actualmente em declínio. Este declínio, notório desde os anos 60 é na actualidade particularmente evidente devido às más condições de trabalho, aos acidentes frequentes e à rarefacção dos recursos.

Objectivos

Os objectivos gerais foram a aquisição de conhecimentos e de experiência na área dos recifes artificiais, através da concepção, construção e implantação de módulos recifais e a posterior monitorização do recife artificial com eles criado. O desenvolvimento deste trabalho permitiu também o contacto com técnicas de

monitorização de estruturas submersas no mar, através de mergulho com escafandro autónomo, e aquisição de dados sobre a fauna e flora da zona sublitoral.

Os conhecimentos adquiridos neste projecto-piloto poderão ser aplicados no futuro na implantação de recifes artificiais de exploração, com fins económicos.

É também objectivo deste trabalho estudar a incorporação de substâncias orgânicas no betão, no que respeita à variação das características do mesmo quando submerso em ambiente marinho e ao papel atractivo e potenciador da colonização por parte dessas substâncias.

Os objectivos específicos deste projecto são:

- desenvolver formas e composições adequadas de módulos recifais;
- instalar conjuntos desses módulos com composições diferentes de betão;
- monitorizar durante cerca de um ano a colonização desses recifes por parte de organismos sésseis e também de espécies com vida livre;
- concluir sobre a importância prática da incorporação no betão de matéria orgânica;
- estudar a produtividade dum sistema de recifes artificiais na costa norte de Portugal e,
- definir um conjunto de práticas para a sua correcta utilização.

1.9.2 - Descrição geral

Este projecto piloto, foi realizado em três fases. Na fase A foi instalado um sistema de recifes artificiais composto por três recifes de forma cúbica, cada um deles composto por 25 módulos recifais cúbicos (30 x 30 x 30 cm), com uma cavidade interna e com uma abertura em cada face. Cada um destes conjuntos de módulos recifais apresenta uma composição diferente (Tab.2), sendo um de betão simples, outro de betão com lamas de ETAR e o terceiro de betão com borras de café. Este recife foi montado ao largo da Aguda a cerca de ¼ de milha da costa e em fundos de -8 m (Z.H.).

A fase B constou da construção de dois grupos de módulos recifais cúbicos (28 x 28 x 28 cm), com os quais se montaram dois recifes com forma cúbica, numa zona a cerca de 150 metros da costa numa profundidade de 2 m ao Z.H.. Desta vez optou-se por testar apenas duas composições diferentes, sendo um dos recifes composto por módulos de betão simples e o outro por módulos de betão com lamas de ETAR, com uma concentração superior à usada na fase A.

Paralelamente decorreu um estudo laboratorial em que foram testadas as composições de betão usadas na fase A no que respeita ao crescimento do biofilme na sua superfície e à presença de macrobentos.

No decorrer deste trabalho foram efectuados 21 saídas de barco e um total de 75 mergulhos com escafandro autónomo.

1.9.3 - Agitação marítima na zona de afundamento

As cotas de água nos levantamentos topo-hidrográficos são sempre referidas ao Zero Hidrográfico (Z.H.), nível de referência calculado pela mais baixa baixa-mar conhecida (por vezes com uma folga de 1 pé) e que se situa cerca de 2 m abaixo do “nível médio das águas”. Em Leixões o Z.H. fica 1,77 m abaixo deste nível.

A maré na costa oeste de Portugal é semi-diurna, com amplitudes oscilando entre valores próximos dos 4 m, em águas vivas e 1,2 m em águas mortas (Tab. 1).

≈ Marés	Águas Vivas			Média	Águas-mortas		
	Máx.	Méd.	Mín.		Máx.	Méd.	Mín.
Preia-mar	4,04	3,42	2,92	2,96	2,92	2,50	2,00
Baixa-mar	0,80	0,50	-0,20	0,90	2,00	1,30	0,85

Tabela 1 - Valores das marés em Leixões. Fonte: Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos (I.H.R.H), 1988.

A amplitude das marés na zona da Aguda não ultrapassa os 4 m. Esta circunstância faz com que a profundidade do local de implantação dos recifes possa variar entre os 8 m na baixa-mar de maré viva e os 12 m na preia-mar de maré viva. Segundo dados recolhidos pelo IHRH entre 1971 e 1977, o clima de agitação marítima nesta zona apresenta rumos que variam entre o SW e o NNW, no entanto cerca de 75% da frequência é entre os quadrantes NW e WNW, sendo que as alturas significativas mais elevadas ocorrem entre os quadrantes W e NW (Gráf. 2).

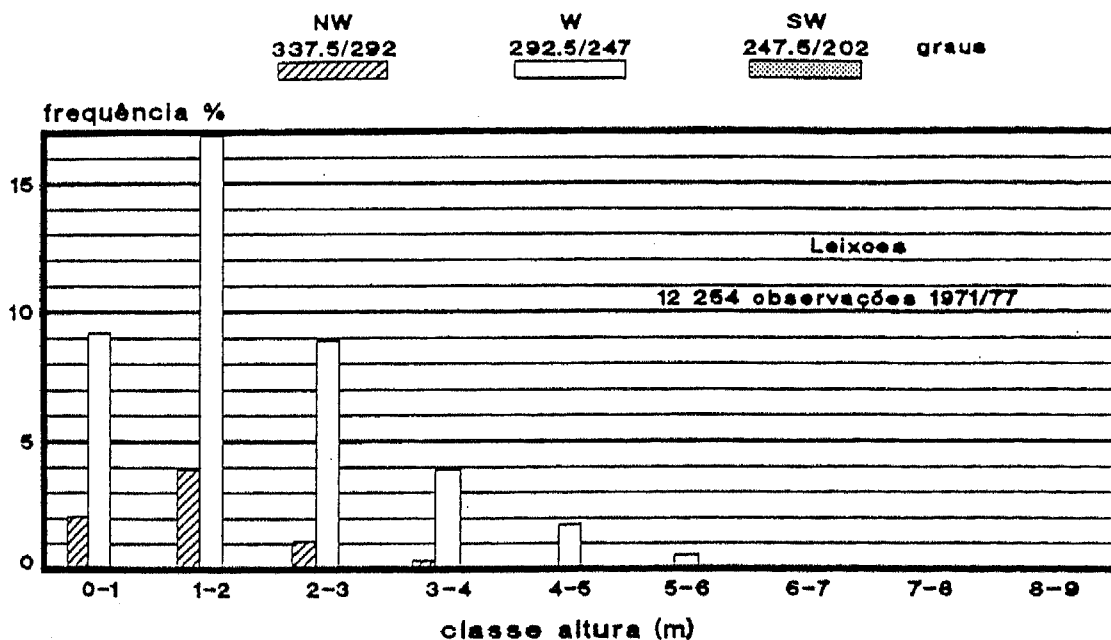


Gráfico 2 - Distribuição conjunta altura/rumos de onda ao largo da costa oeste portuguesa. (I.H.R.H., 1988).

Também segundo o IHRH (1988), as alturas de onda significativa mais frequentes na costa Oeste portuguesa situam-se entre 0,75 m e 2,75 m, com cerca de 70% da frequência. Em relação ao período verifica-se que 77% da frequência se situa no intervalo entre os 8 e os 14 segundos (Gráf.3).

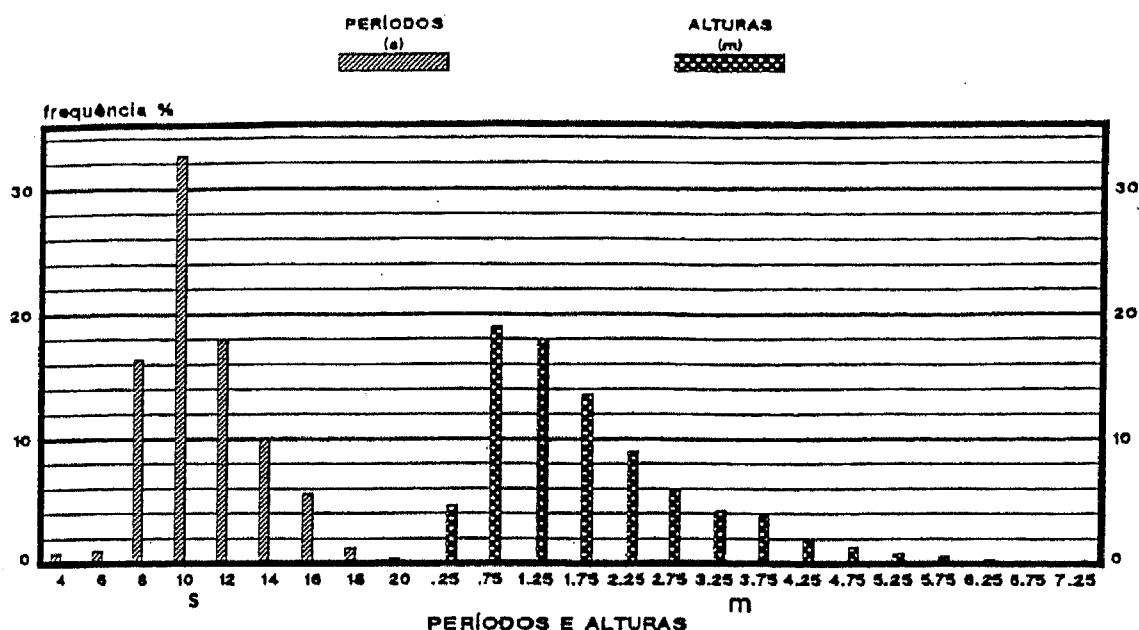


Gráfico 3 - Distribuição de períodos e alturas de onda na costa oeste portuguesa. (I.H.R.H., 1988).

Segundo a teoria linear de ondas (solução de Airy), e em relação às órbitas descritas pelas partículas, águas profundas, são locais onde a profundidade (d) é maior do que metade do comprimento de onda (L).

$$d/L > 1/2$$

Nestas circunstâncias a órbita à superfície é circular de raio $H_0/2$, não havendo transporte horizontal de sólidos, nem interferência com o fundo. Para profundidades intermédias em que $L/20 < d < L/2$, existe já alguma interferência com o fundo. Nas chamadas pequenas profundidades ($d < L/20$), a interferência da onda com o fundo é muito intensa.

Sendo assim, a profundidade de 8 m é bastante segura pois mesmo para as máximas alturas de onda registadas, 8 m, a órbita circular das partículas atinge os 4 m de profundidade, não interferindo com o fundo.

Teóricamente admite-se que a altura máxima da onda pode ser calculada por $H_{\text{máx}} = 0,78xd$, sendo d a profundidade. Logo para uma profundidade $d = 12$ m (situação de preia-mar) podem gerar-se ondas de 9,4 m, o que não seria suficiente para interferir com os fundos. No entanto, não é de excluir a hipótese que recifes nestas circunstâncias sejam afectados pela agitação marítima em casos extremos de ondulação e correntes.

Agitação marítima na zona durante o período de duração do projecto

A agitação marítima na zona bem como as condições meteorológicas e as temperaturas da água do mar (Gráfs. 4, 5 e 6) durante os 700 dias (10/10/98 a 10/09/2000) de duração deste projecto são mostradas e comentadas a seguir (dados do Instituto de Metereologia e Geofísica, I.M.G.).

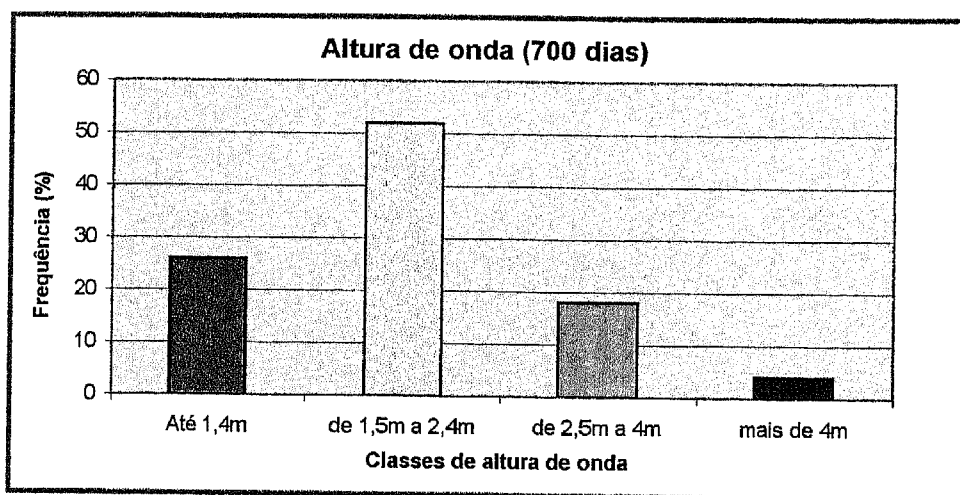


Gráfico 4 - Alturas de onda durante os 700 dias de duração do projecto.

Apenas é possível trabalhar no mar em condições de segurança e mergulhar, com alturas de onda inferiores a 1,5 m. Muitas vezes a visibilidade subaquática só é razoável ao fim de três dias seguidos com ondulação inferior a 1,5 m. Do gráfico 4 pode inferir-se que apenas 26% dos dias se mostraram favoráveis ao desenvolvimento da parte marítima deste trabalho. A maior frequência existe para o intervalo de altura de onda de 1,5 m a 2,5 m (52%). Para o intervalo entre os 2,5 m e 4 m temos 18% da frequência. Ondas com altura superior a 4 m têm também pouca expressão, surgindo apenas em 4% dos dias. De referir que estes valores são coerentes com os dados recolhidos entre 1971 e 1977 para a costa norte de Portugal (gráficos 2 e 3).

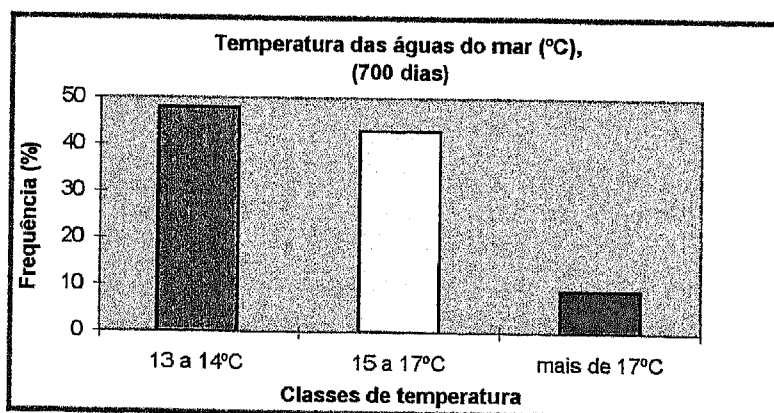


Gráfico 5 - Frequência das temperaturas mais significativas.

O gráfico 5 refere as frequências das classes de temperatura ocorridas na zona durante o mesmo período de 700 dias. As temperaturas apresentam-se muito homogêneas, com uma amplitude de apenas 6° C. As classes de temperaturas de 13° C-14° C e de 15° C-17° C juntas representam 91% da frequência, o que dá ainda uma ideia mais nítida dessa homogeneidade. Temperaturas acima dos 17° C ocorreram apenas em 9% dos dias.

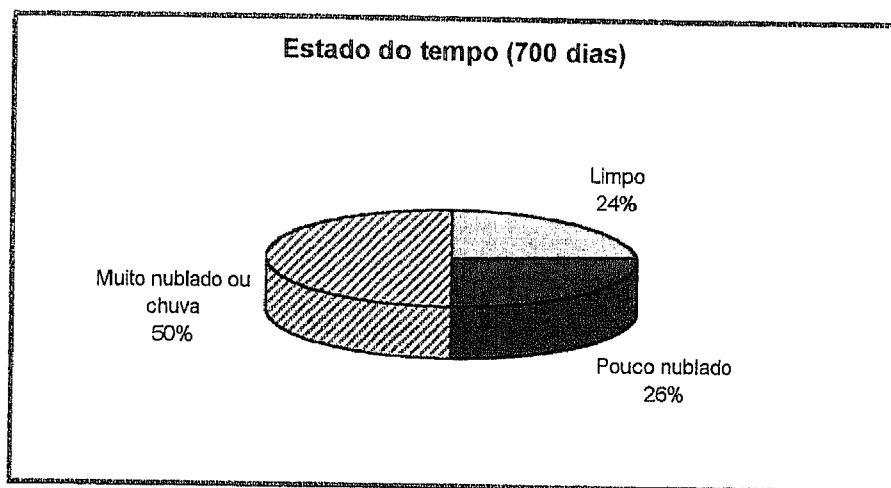


Gráfico 6 - Estado do tempo durante os 700 dias de duração do projecto.

A turvação da água do mar normalmente existente na costa norte de Portugal, deve-se fundamentalmente ao forte clima de agitação marítima existente que ressuspende os sedimentos e à presença de grandes quantidades de nutrientes que promovem grandes florescimentos de microalgas e zooplâncton. No seu conjunto estes factores têm como consequência que a luminosidade óptima para o crescimento de macroalgas alguns metros abaixo da superfície, só existe em dias de céu limpo, sendo ainda suficiente em dias pouco nublados. Em dias muito nublados ou de chuva pode considerar-se não haver condições favoráveis para a realização de fotossíntese não se verificando então crescimento significativo das macroalgas. Da análise do gráfico 6 pode então retirar-se que houve boas condições para o crescimento das macroalgas em apenas 50% do tempo de duração deste trabalho.

CAPÍTULO 2

MATERIAL E MÉTODOS

“Uma grande caminhada começa sempre por um pequeno passo”.

Provérbio tradicional chinês

2 - MATERIAL E MÉTODOS

2.1 - Fase A

2.1.1-Material de apoio

Além do material destinado à construção dos módulos recifais (cimento, areia, pranchas de aglomerado de madeira, ferramentas várias, argolas de plástico, bolas e válvulas de câmara de ar de bicicleta), foram necessários vários outros materiais e equipamentos para o desenvolvimento deste projecto.

Para a sinalização dos recifes foram usadas três bóias amarelas, segundo indicação das autoridades marítimas, amarradas com cabos de material sintético a cada um dos grupos recifais e devidamente identificadas.

Foram também utilizados:

- equipamentos completos de mergulho (escafandro autónomo);
- embarcações a motor;
- aparelho de navegação por satélite (G.P.S.);
- compressor para enchimento de garrafas de mergulho;
- câmara fotográfica subaquática “Nikonos”;
- vídeo-câmara de observação subaquática “Fisheye” e respectivo monitor de imagem, alimentados com bateria recarregável;
- material para tomar notas debaixo de água (placa de fórmica, caderno plástico e lápis de carvão);
- visor subaquático “Aquavision”;
- ecosonda.

2.1.2-Concepção e construção dos módulos

2.1.2.1 - Configuração e cofragem dos módulos

A concepção dos módulos obedeceu a um compromisso entre aquilo que se conhece quanto à forma mais eficiente para estas estruturas e os meios que estiveram à disposição para a realização deste trabalho. Sendo assim optou-se por fabricar módulos com as medidas de 30 x 30 x 30 cm para os tornar relativamente fáceis de transportar e permitir fazer vários tipos de arranjos espaciais.

Cofragem

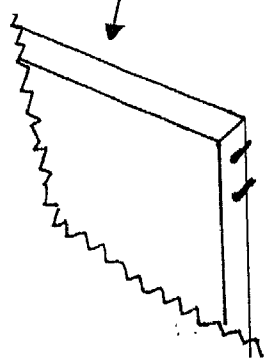
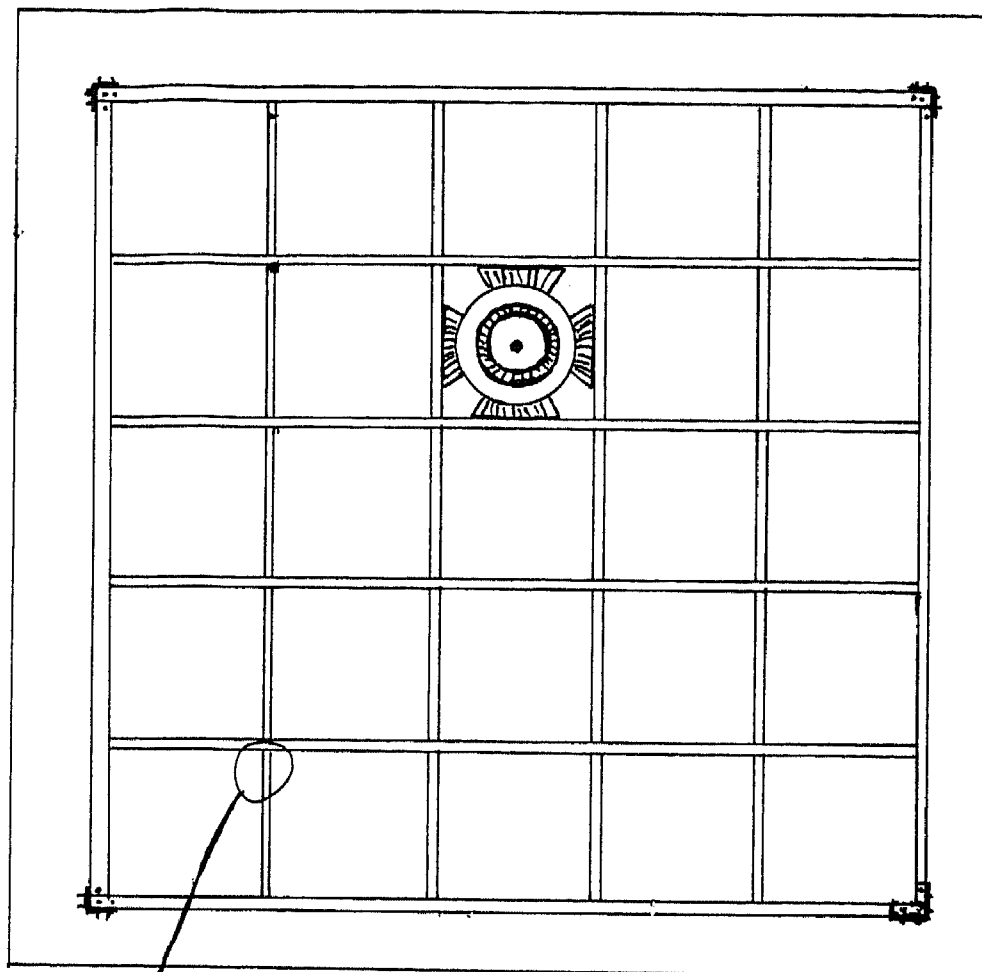
A cofragem foi construída com placas de aglomerado de madeira com a espessura de 2 cm, pintado com tinta de esmalte para resistir à humidade (Figs.22a e 23). A cavidade central de cada módulo foi criada por uma bola de plástico, à qual se adaptou uma válvula que permitiu o enchimento da mesma com ar. O enchimento da bola comprime contra as paredes da cofragem seis argolas de plástico com o diâmetro

exterior (18 cm) maior que o diâmetro interior (14 cm) criando-se assim as aberturas laterais (Figs. 22b e 24). A cofragem foi montada numa base de aglomerado de madeira com as medidas de 1,9 x 1,9 m.

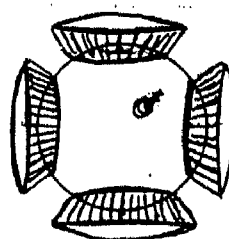
Duas peças com 1,62 x 0,3 x 0,02 m e duas com 1,58 x 0,3 x 0,02 m, aparafusadas topo a topo e reforçadas exteriormente por cantoneiras de aço constituíram a cofragem exterior, criando um espaço que depois de subdividido permite fazer 25 módulos de cada vez (Fig. 22a) com um peso médio de 40 kg. A subdivisão longitudinal foi conseguida intercalando peças com 1,58 x 0,3 x 0,02 m afastadas 0,3 m e a transversal intercalando peças com 0,3 x 0,3 x 0,02 m também afastadas 0,3 m entre si (Fig. 25). A fixação das peças internas foi feita através de um sistema de pernos e respectivos orifícios colocados nos topos das peças (Fig. 22c).

A cofragem descrita, utilizada três vezes, era untada com vaselina o que permitia a sua reutilização e facilitava a libertação dos módulos depois de ganharem presa (Fig. 26). O esvaziamento da bola permitia retirar a cofragem interna do módulo. De cada uma das três vezes foi usado betão com composição diferente (Tab. 2).

A - Planta completa da cofragem. Escala 1:15.



**C - Pormenor do sistema de encaixe
(Sem escala).**



**B - Cofragem da cavidade interna dos
módulos. (Sem escala).**

Figura 22 - Desenhos da cofragem utilizada.

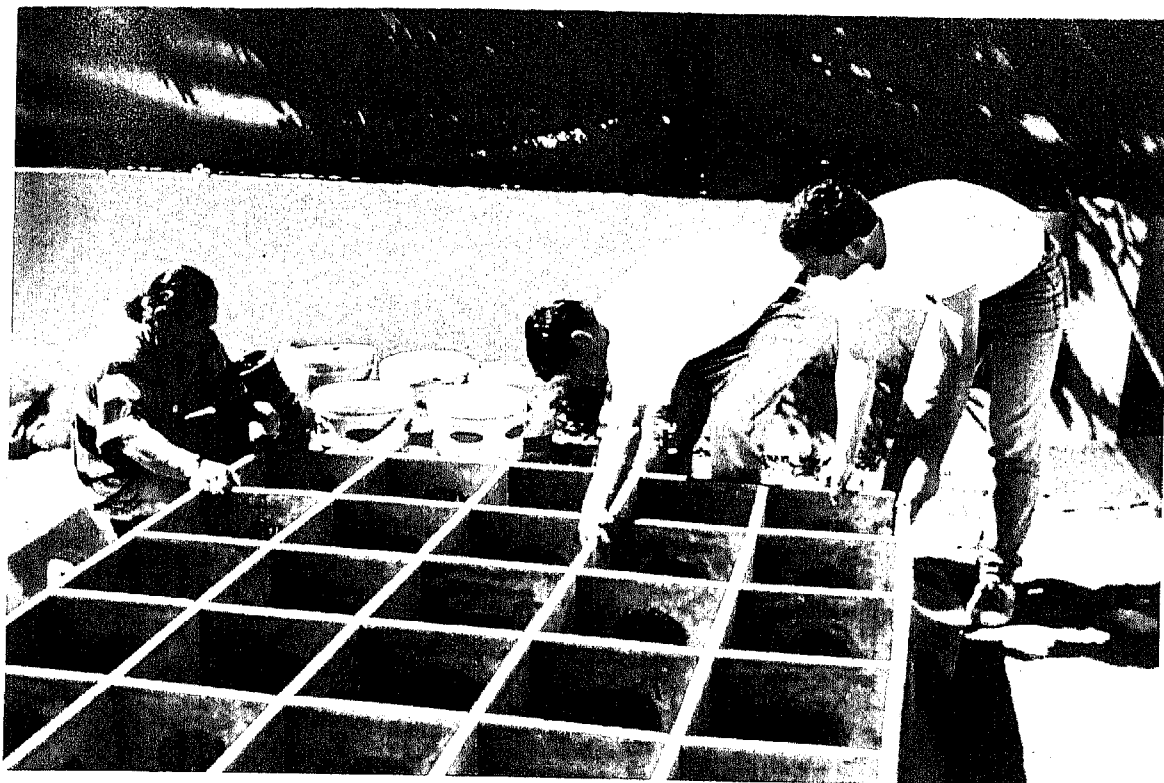


Figura 23 - Aspecto da montagem da cofragem.

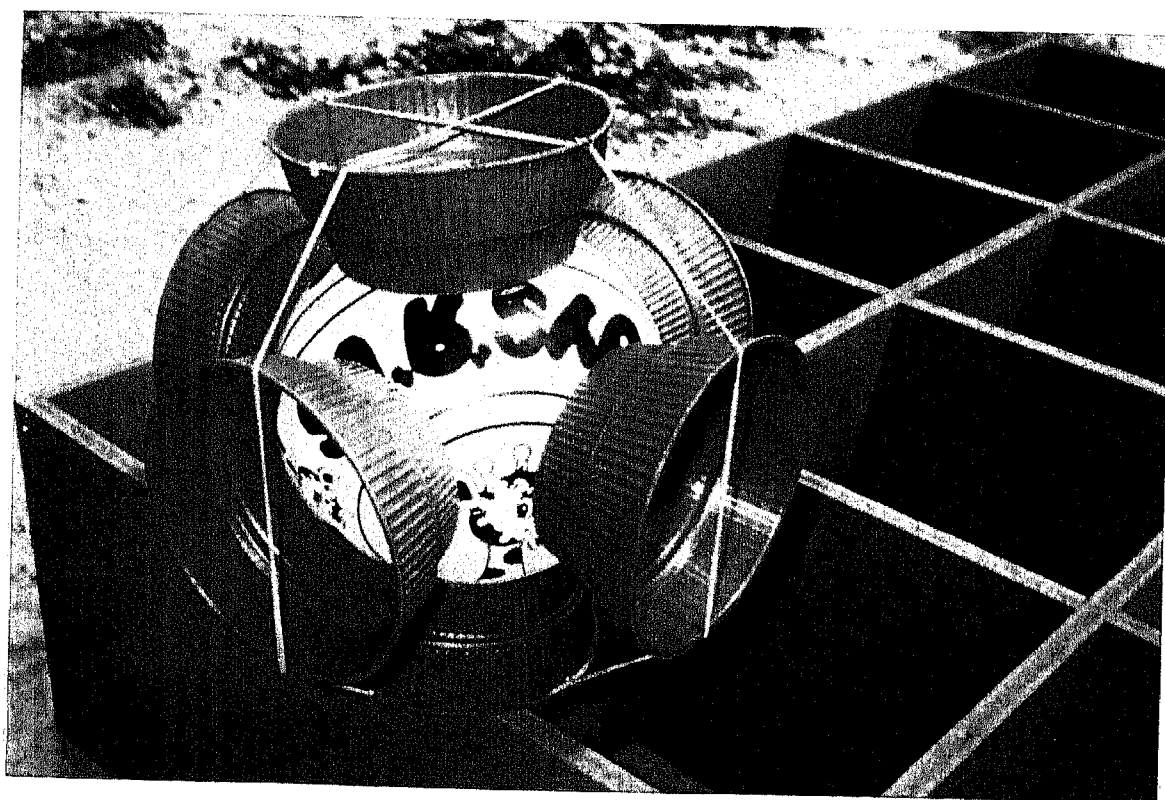


Figura 24 - Cofragem da cavidade interna dos módulos.

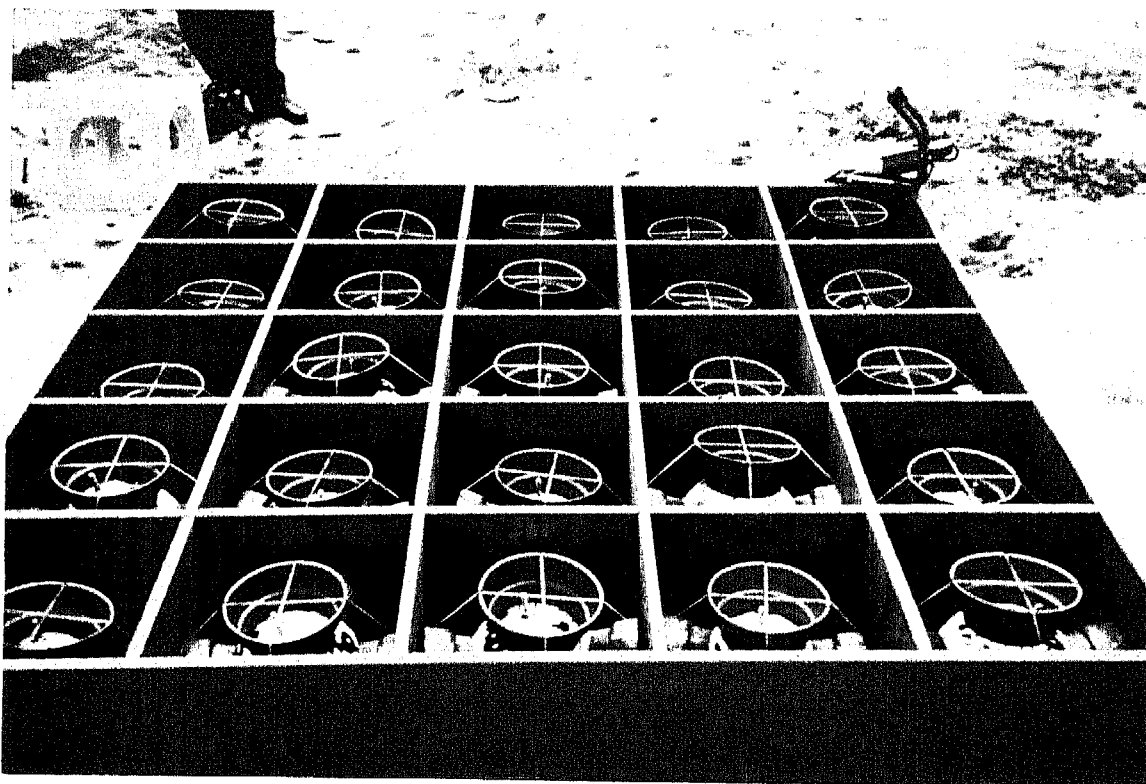


Figura 25 - Cofragem completa, pronta a ser betonada.

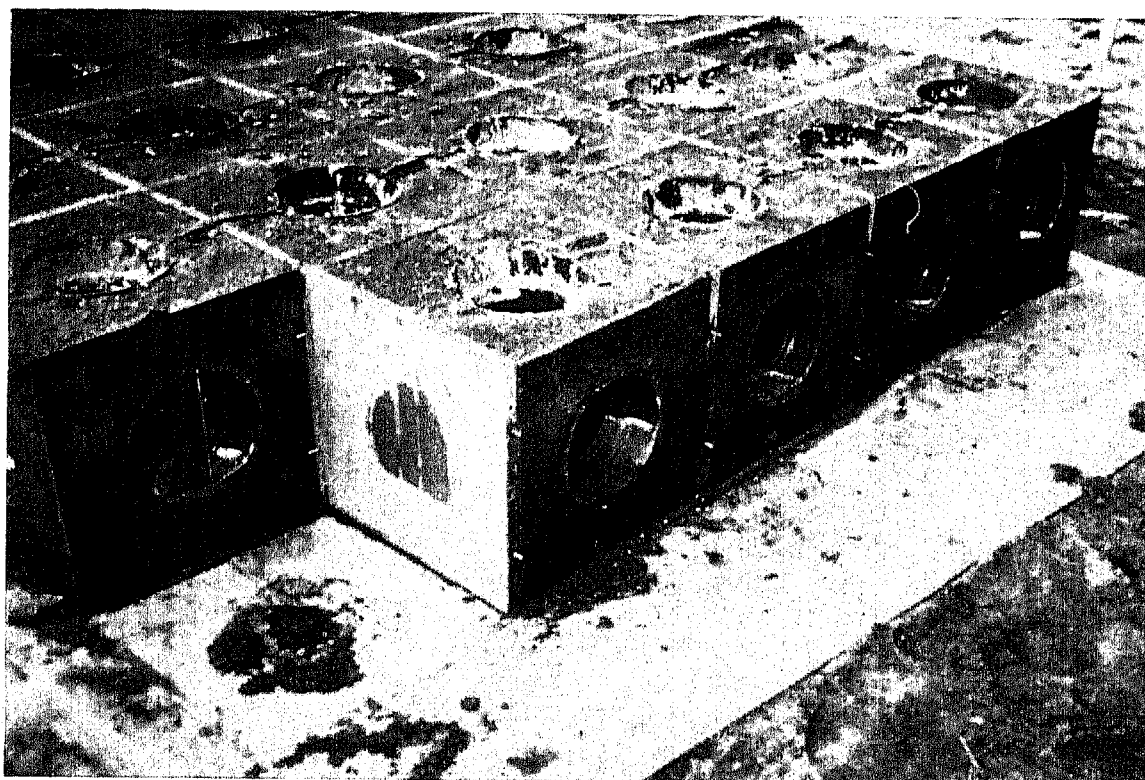


Figura 26 - Aspecto dos módulos recifais no momento da descofragem.

2.1.2.2 - O betão

O betão utilizado foi obtido por mistura de cimento Portland com inertes (areia fina) na proporção de 1:3 (25% de cimento e 75% de areia) e água. O cimento Portland é bastante resistente a ambientes agressivos, nomeadamente ambientes marinhos. Esta resistência advém do facto de ter na sua composição um baixo teor de aluminato tricálcico ($\text{Al}_2\text{O}_3, 3\text{CaO}$) que é o composto mais susceptível ao ataque dos sulfatos.

Nos módulos recifais em cuja composição entraram outras substâncias, nomeadamente substâncias orgânicas, a quantidade destas traduziu-se sempre numa diminuição da percentagem do inerte (areia) e nunca do ligante (cimento).

2.1.2.3 - Incorporação de substâncias no betão

A incorporação no betão de substâncias capazes de fornecerem nutrientes é uma tecnologia já experimentada um pouco por todo o mundo. A formação de um biofilme de microrganismos é acelerada por este processo e a presença deste biofilme atrai as larvas de organismos marinhos que vão fazer a colonização inicial do recife (Zobell & Allen, 1935; Müller & Buchall, 1973; Crisp, 1974; Scheltema, 1974; Neumann, 1979; Kirchman *et al*, 1982a e b; Weiner & Colwell, 1982).

Em Portugal esta tecnologia foi experimentada com sucesso por Serra (1996), que utilizou lama estabilizada proveniente duma E.T.A.R., numa percentagem de cerca de 7% na composição do betão.

Neste projecto utilizou-se para além de lama idêntica à referida embora numa proporção diferente, um subproduto da indústria alimentar, nomeadamente borras de café provenientes da fábrica da Nestlé de Avanca.

Foram construídos três grupos de módulos recifais com a seguinte composição:

Componente	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Areia	75%	62%	62%
Cimento	25%	26%	33%
Lama	0%	12%	0%
Borra	0%	0%	5%

Tabela 2 - Diferentes composições dos três grupos de módulos.

2.1.3 - Local de implantação e transporte dos recifes artificiais

O local para a colocação dos R.A.'s foi escolhido de acordo com informações dos pescadores, para que a sua localização não prejudicasse a pesca local, e foi objecto duma pré-selecção. Efectuaram-se dois mergulhos para a sua escolha e para testar equipamentos de mergulho e de imagem subaquática. No segundo mergulho efectuado dois dias antes do transporte dos módulos e da sua implantação, foram colocados no local três módulos com composições diferentes aos quais estavam presas as respectivas

bóias de sinalização. O local escolhido situa-se a cerca de $\frac{1}{4}$ de milha náutica de distância da costa em frente à praia da Aguda, sendo a sua posição $41^{\circ}02,72' N$ e $8^{\circ}39,38' W$.

Localiza-se numa zona de dissipação de energia como se pode ver pelo diagrama de agitação ao largo da Aguda (Fig.27). Coeficientes de refração inferiores a 1 indiciam rarefacção de energia. Nesse local o fundo é rochoso e relativamente plano e a profundidade é de cerca de 8 m ao Z.H. (Figs.28 e 29).

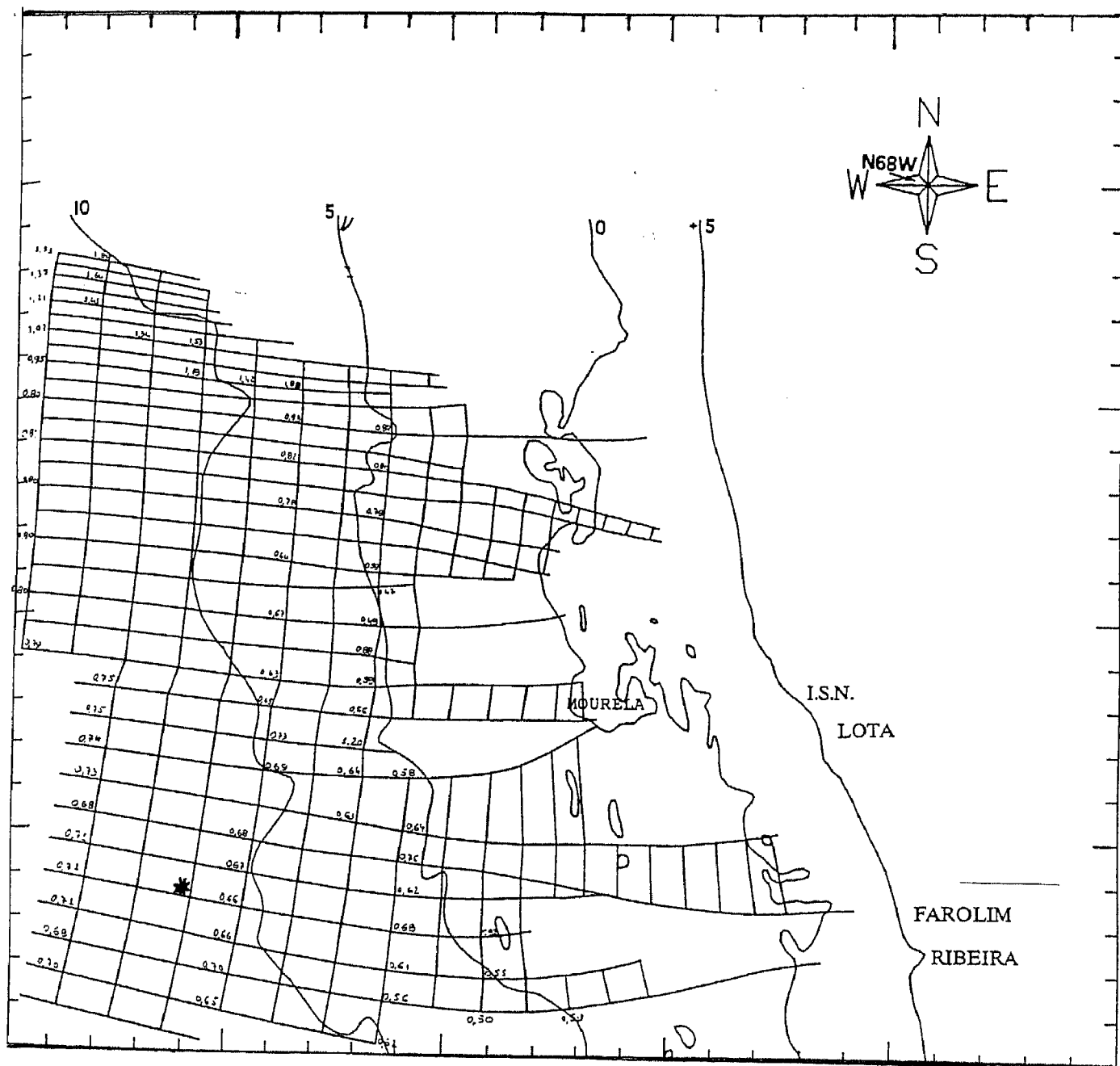


Figura 27 - Diagrama de refração para a praia da Aguda e localização dos recifes (*).
(I.H.R.H., 1988).

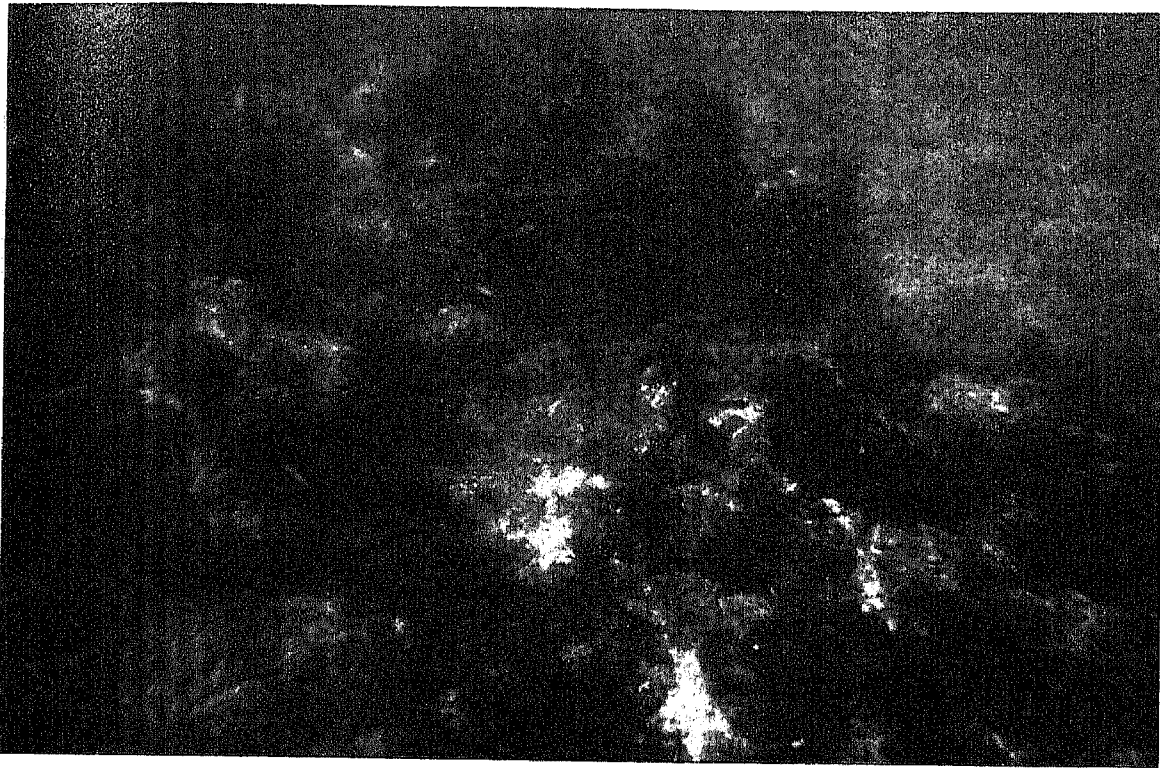


Figura 28 - Um aspecto dos fundos na zona de implantação dos recifes.



Figura 29 - Outro aspecto dos fundos nessa zona.

Transporte

Foram pensadas várias formas de efectuar o transporte dos módulos recifais para o local de colocação. No caso do transporte ser efectuado com a colaboração dos pescadores da Aguda a bordo de um dos seus barcos, os módulos teriam de ser previamente transportados para a praia onde seriam embarcados e transportados para o local de implantação. Dado o peso de cada bloco (cerca de 40Kg) e o seu número (75), o transporte iria ser efectuado em várias fases o que implicaria pelo menos seis viagens da praia até ao local de afundamento. A morosidade e a pouca eficiência desta opção de transporte levou a que outras fossem equacionadas, nomeadamente o transporte por via aérea recorrendo a um helicóptero da Força Aérea e também a utilização de um navio de trabalhos portuários equipado com guincho. Para isso foram feitos os respectivos pedidos a várias instituições, nomeadamente, à Força Aérea Portuguesa, Administração dos Portos do Douro e Leixões (A.P.D.L.), Junta Autónoma do Porto de Aveiro (JAPA), capitánias do porto do Douro e do porto de Leixões etc..

Os contactos realizados com as diversas instituições mostraram-se infrutíferos. Depois de várias diligências, a operação acabou por realizar-se graças à generosidade da empresa “Nautinforme” que disponibilizou um camião que efectuou o transporte dos módulos da Aguda para o porto de Leixões e o batelão “Ana Arieta” que efectuou o transporte por via marítima até ao local de afundamento (Fig.30).

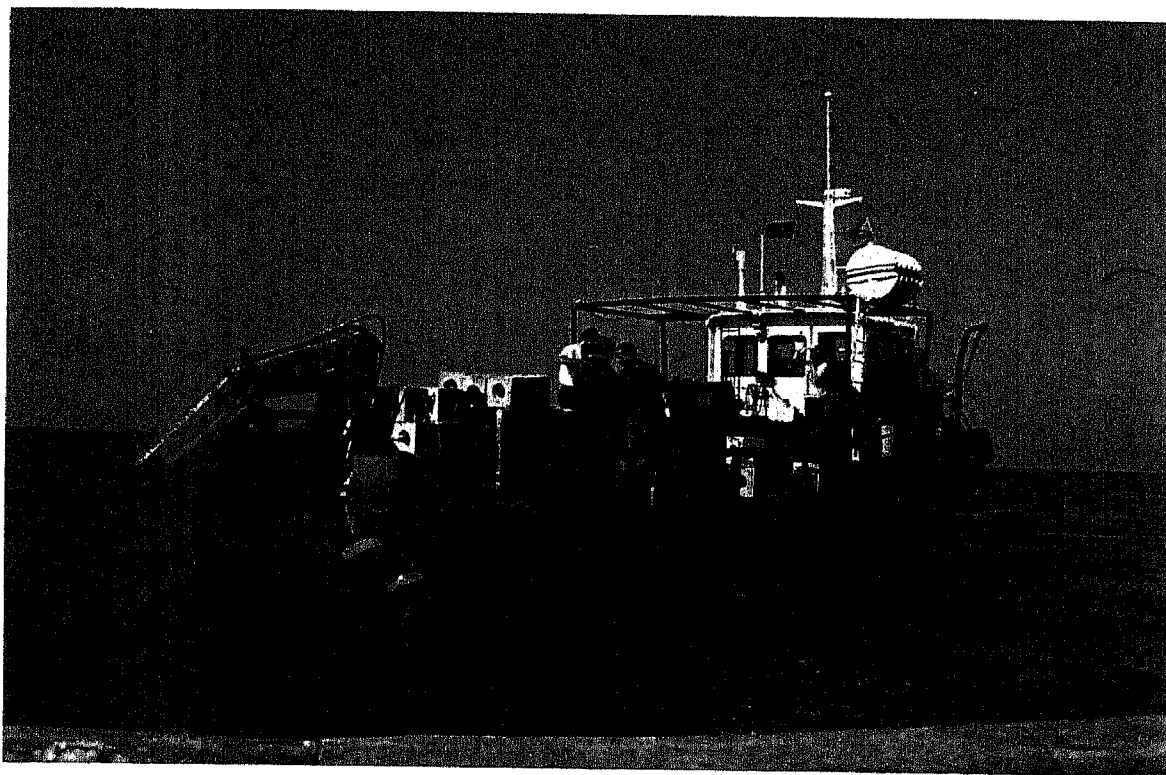


Figura 30 - Transporte dos módulos de Leixões para o local de implantação a bordo do batelão “Ana Arieta”.

2.1.4 - Afundamento e configuração dos Recifes Artificiais

Os vários módulos recifais foram afundados no local escorregando até ao fundo através de um cabo (Fig. 31). Uma vez no fundo, mergulhadores montaram os recifes, junto das bóias previamente instaladas. Cada um dos três recifes com 25 módulos cada e com as composições do betão diferentes e já referidas, apresenta uma forma cúbica e um volume de cerca de $0,75 \text{ m}^3$, ($0,9 \times 0,9 \times 0,9 \text{ m}$). Cada recife está identificado com uma marca colorida e as respectivas bóias estão numeradas de 1 a 3. Encontram-se a uma distância de cerca de 10 m uns dos outros e dispostos numa linha com orientação N-S.

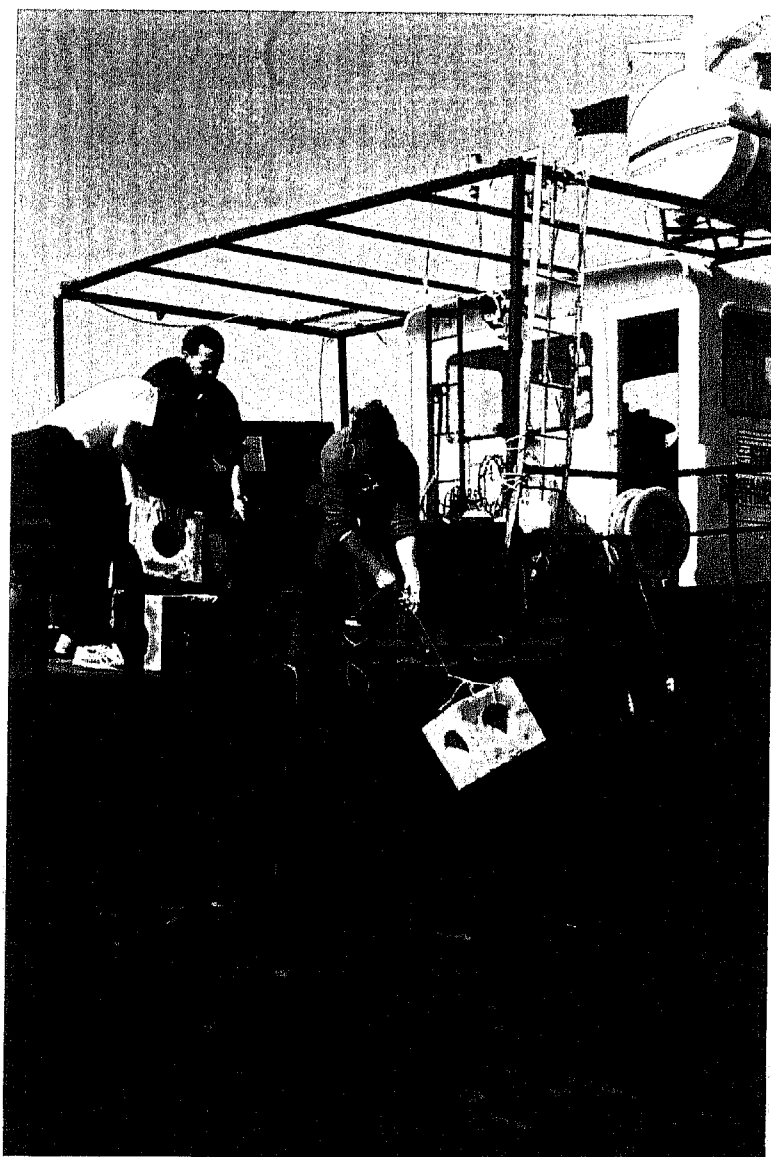


Figura 31 - Operação de afundamento dos módulos recifais.

As autoridades marítimas tomaram conhecimento deste projecto (Fig.32) e concederam as autorizações necessárias para a sua concretização. Depois da implantação dos recifes no mar, deslocaram-se ao local para verificar a legalidade da sua sinalização tendo comunicado posteriormente que tudo se encontrava de acordo com a lei e com o anteriormente acordado. foram emitidos os usuais avisos à navegação e afixados nos locais habituais (Anexo D).



Figura 32 - As autoridades marítimas deslocaram-se à Aguda e tomaram conhecimento do projecto.

2.1.5-Acompanhamento e monitorização

Depois do afundamento e implantação dos três recifes no local já referido e a sua posição devidamente assinalada com bóias a fase seguinte seria a sua monitorização através de mergulhos quinzenais, nos quais seriam efectuados registos das observações de animais nos recifes bem como da área coberta por algas e por organismos incrustantes. Seria também efectuada uma cobertura fotográfica dos mesmos para registar a evolução da sua colonização.

No entanto este trabalho não chegou a concretizar-se, pois devido à dificuldade em arranjar uma embarcação que fizesse o transporte do observador para o local ou devido ao estado do mar não foi possível efectuar mergulhos no local durante várias semanas, não sendo mais possível localizar os recifes posteriormente.

Entre os dias 27 de Dezembro de 1998 e 1 de Janeiro de 1999 o mar esteve particularmente agitado na costa Norte de Portugal, tendo a ondulação atingido a média de 6 metros nestes dias. A tempestade foi mais forte no dia 29 de Dezembro, no qual se referenciaram ondas de 8 m. Como resultado desta forte agitação marítima, duas das bóias sinalizadoras dos recifes foram arrancadas, aparecendo uma delas na praia.

As tentativas de efectuar uma expedição ao local enquanto ainda lá se encontrava uma bóia saíram sempre goradas, quer pelo mau estado do mar, quer pela falta de transporte nos poucos dias em que tal teria sido possível.

Nos dias 17, 18 e 19 de Janeiro de 1999 outra grande tempestade com ondas de 6 m, arrancou a terceira bóia. A partir daqui a primeira prioridade passou a ser encontrar de novo os recifes e assinalá-los com novas bóias.

Apenas no dia 15 de Maio foi possível reunir todas as condições para efectuar uma saída com o objectivo de encontrar os recifes e voltar a colocar bóias de sinalização. Essa saída efectuou-se com um pescador profissional, na embarcação “A Lei de Moisés”. Cerca das 10h00 a embarcação fez-se ao mar rumo ao local de implantação dos recifes. Era possível saber a sua localização através de azimutes tirados para pontos conspícuos em terra e registados aquando da sua implantação e também através da posição obtida por satélite.

Três mergulhadores efectuaram nesta data três mergulhos cada um. A visibilidade era inferior a 1 metro. Foram efectuados vários círculos com cerca de dez metros de raio em três pontos diferentes, tendo como ponto central a âncora do barco que mudou de posição por três vezes. Um dos mergulhadores efectuou ainda vários transectos (trajectos em linha recta) rumando a Norte e a Sul alternadamente. Nada foi encontrado.

No dia 10 de Junho realizou-se nova tentativa para encontrar os recifes. Efectuou-se outra saída para o mar com o mesmo pescador mas chegados ao local a visibilidade era tão má que a busca teve que ser interrompida ao fim de 5 minutos.

Tornou-se claro por esta altura que dadas as dificuldades em conciliar as disponibilidades dos mergulhadores, já que não se pode mergulhar sózinhos, as disponibilidades da embarcação e o estado do mar, seria necessário encontrar uma embarcação para uso exclusivo. Conseguiu-se a título de empréstimo a embarcação “Leónida” que careceu de algumas adaptações, após as quais foi colocada na praia da Aguda junto com os barcos de pesca.

Um pescador local ajudou a aparelhar o barco e acompanhou uma saída de mar para o testar. A manobra de sair e entrar de barco na praia é complexa e perigosa, pelo que o treino efectuado com este pescador foi necessário e revelou-se precioso mais tarde em outras saídas. Ele ensinou a melhor maneira de sair da praia pelo caneiro sul, o momento certo de pôr o motor em marcha, e as referências em terra para o sucesso da manobra. A manobra para entrar na praia, diferente da de saída, foi também treinada neste dia. Teoricamente simples, na prática esta entrada revela-se complexa e perigosa pois em alguns segundos é necessário cumprir com rigor e sem falhas várias tarefas, tais como pôr o motor em posição de levantar para não bater nas pedras, apontar o barco para o caneiro, evitar as ondas maiores na aproximação, desligar o motor, levantá-lo e remar para manter o barco aproado à praia. Depois de realizada a acostagem, o barco tem de ser puxado para a zona mais alta da praia, manualmente ou com o guincho, e amarrado.

Em 14 de Agosto foi efectuada nova tentativa de encontrar os recifes, no entanto não foi possível vencer a rebentação e o vento forte, sendo a operação abortada. Com efeito, a ondulação de noroeste e a nortada bastante forte facilmente atiravam o barco para cima das pedras. A pouca experiência nos remos e o facto de o motor não pegar à primeira iam ditando o naufrágio que felizmente não chegou a ocorrer.

Dia 24 de Agosto de 1999 pelas 15h00 efectuou-se nova saída desta vez com um pescador. Atingida a zona dos recifes foi feita uma inspecção do fundo com uma cápsula de observação subaquática. A seguir o local foi balizado com três bóias e junto de cada uma delas foi efectuado um mergulho e inspeccionadas as zonas vizinhas (Fig.33). Como nada foi encontrado foram efectuados dois transectos ao longo de 100 m, um com o rumo N-S e outro com o rumo S-N, afastados cerca de dez metros um do outro. Fez-se ainda outro transecto de cerca de 50 m no sentido Sudeste, sentido segundo o qual seria mais provável os módulos recifais terem sido arrastados. Esta expedição teve uma duração de cerca de três horas sendo efectuados um total de 9 mergulhos. Mais uma vez dos recifes nem rasto.

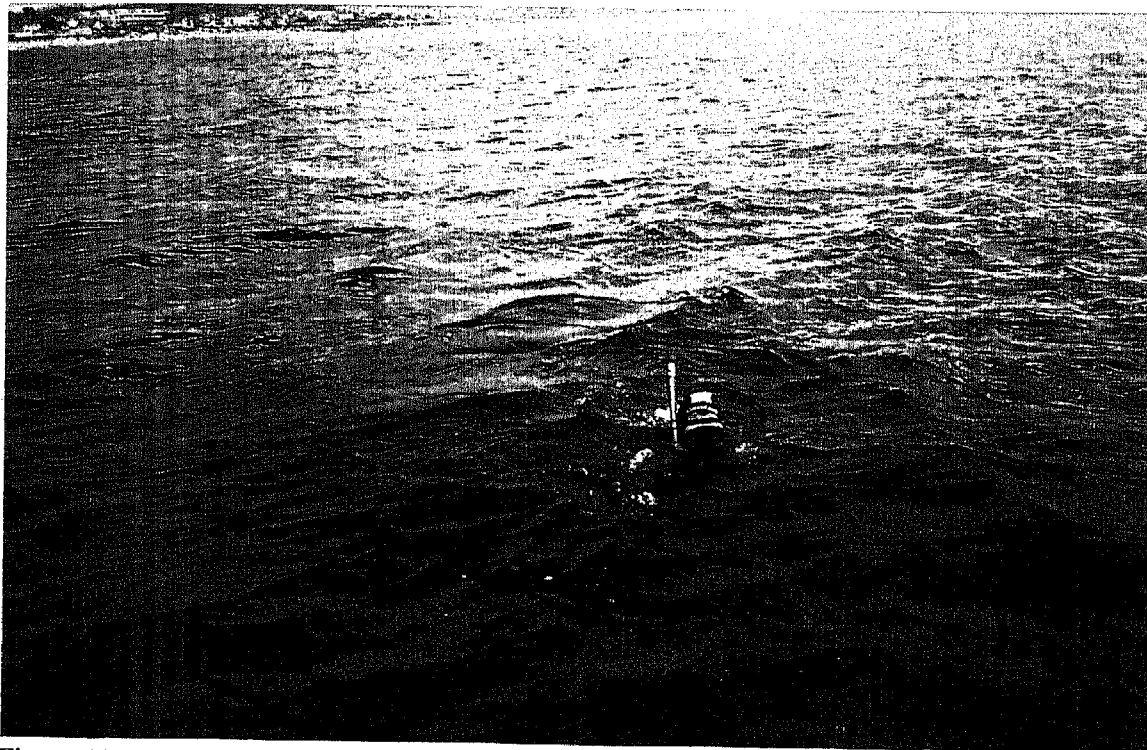


Figura 33 - Durante as buscas, ao largo da praia da Aguda.

Dia 27 de Agosto de 1999, aproveitando o bom estado do mar organizou-se nova expedição mais uma vez na embarcação “Leónida”. Optou-se por uma estratégia de busca diferente. Foi demarcado um rectângulo com 800 m² através da colocação de bóias e pretendia-se mergulhar em todas as bóias fazendo círculos com dez metros de raio em cada local. Só foi possível no entanto cumprir parte deste programa pois após mergulhos nas duas primeiras bóias, uma indisposição num dos mergulhadores e o súbito aparecimento de névoa obrigou a um regresso antecipado a terra.

Este regresso foi bastante difícil e perigoso, pois com a subida da maré e o aumento da ondulação o caneiro de entrada na praia apresentava ondas cruzadas. A primeira tentativa de entrada não resultou tendo o barco batido perigosamente nas rochas. Optou-se por sair novamente para o largo e repetir a manobra de entrada. A segunda tentativa de entrada na praia correu melhor, embora no último momento não tenha sido possível evitar que o barco se atravessasse à ondulação, tendo que ser orientado de dentro de água para não virar.

Sábado, 28 de Agosto. Nova tentativa. Chegados ao local foi posta em prática a estratégia da véspera. Foi balizado um rectângulo com seis bóias, aproximadamente com a localização do dia anterior. Em cada uma das seis bóias foram efectuados mergulhos, tendo cada um dos dois mergulhadores efectuado um círculo junto do fundo com dez metros de raio enquanto o outro aguardava junto da poita. A visibilidade era de cerca de 5 m, pelo que ao deslocar-se o mergulhador abrangia com a visão um semi-círculo de 10 m de diâmetro. Para além destes mergulhos foi ainda efectuado um círculo à volta da âncora do barco, num total de 14 mergulhos que cobriram visualmente uma área de cerca de 5000 m².

A saída seguinte efectuou-se a 1 de Setembro cerca do meio dia mais uma vez a bordo do "Leónida". Pretendia-se desta vez efectuar uma busca diferente, em linhas rectas com orientação N-S e S-N a partir do local onde presumivelmente estariam os recifes. A má visibilidade (0,5 m) tornou esta busca muito difícil tendo mesmo assim os mergulhadores efectuado três transectos com cerca de 50 m cada, permanecendo ligados um ao outro através de um cabo de 8 m. A entrada na praia foi mais uma vez arriscada, com o barco a ficar atravessado nas ondas e a ter de ser dominado de dentro de água.

Com o final do Verão tornou-se evidente que os recifes estavam assoreados e que já não iria ser possível descobri-los. Muito menos monitorizar a sua colonização, pois mesmo que as correntes retirassem a areia, os módulos estariam limpos, visto terem estado enterrados toda a Primavera e Verão.

Nesta altura tinham sido já realizadas 9 saídas de mar e cerca de 45 mergulhos correspondendo no seu total a uma área de busca superior a 7000 m².

No Verão de 2000 retomaram-se as buscas, na tentativa de relocalizar os recifes caso as tempestades de inverno tivessem retirado a areia e fosse então possível agora retomar o trabalho. Por duas vezes, foi utilizada uma câmara de observação subaquática "Fisheye" que permite observar os fundos através de um monitor instalado a bordo. Para além destas tentativas foram ainda realizadas mais duas buscas recorrendo a mergulhos com escafandro autónomo. Mais uma vez este esforço se revelou infrutífero pelo que as buscas foram abandonadas pois o esforço pessoal e de meios teve que ser canalizado para a fase B deste projecto, relatada a seguir.

2.2 - Fase B

Nesta fase foram realizados três estudos diferentes. Dois realizados ainda no Verão de 1999 para testar o local de implantação (poço da Mourela) (Fig. 34) em termos de hidrodinamismo e de colonização biológica e em termos de colonização diferencial de vários materiais. Para isso, a 1 de Junho de 1999 foram afundados no local dois módulos

recifais idênticos aos da fase A, de betão simples (Fig. 35) com o objectivo de observar a sua colonização neste local com mais luz e menor profundidade. No dia 3 de Julho de 1999 foram afundados nesse mesmo local dois semi-módulos de betão nos quais foram aplicadas 4 placas (10 x 10 cm) de diversos materiais: cerâmica, madeira, pvc, e borracha de pneu, que com uma área igual de betão definiam 5 tipos de materiais para os quais se pretendia estudar a colonização (Fig.36). A monitorização realizou-se ao longo do Verão de 1999 (Fig.37).

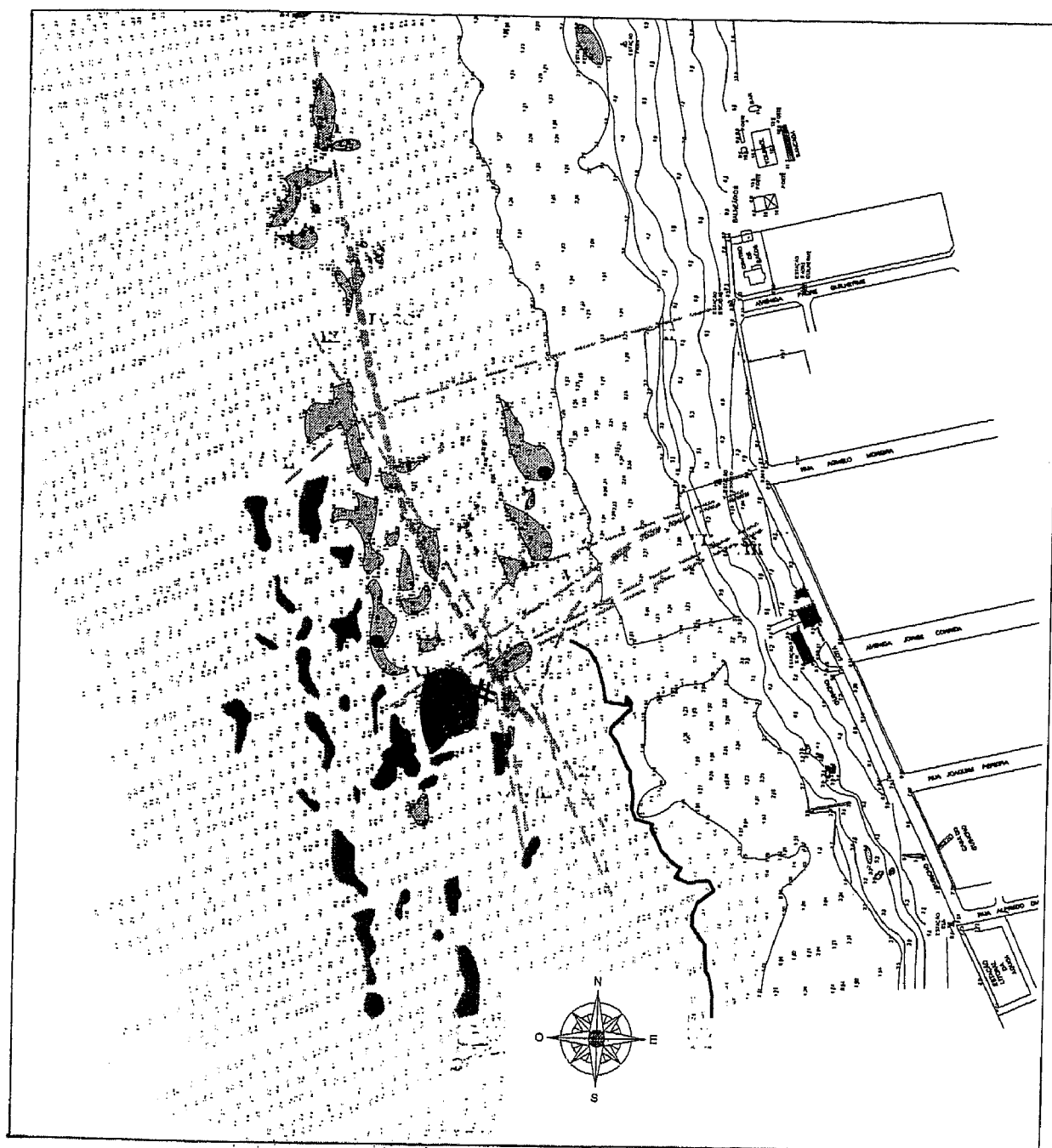


Figura 34 - Levantamento topohidrográfico da praia da Aguda. O “poço da Mourela” encontra-se assinalado com (#). Escala 1 : 2000. Fonte: IHRH/INAG - 1999.

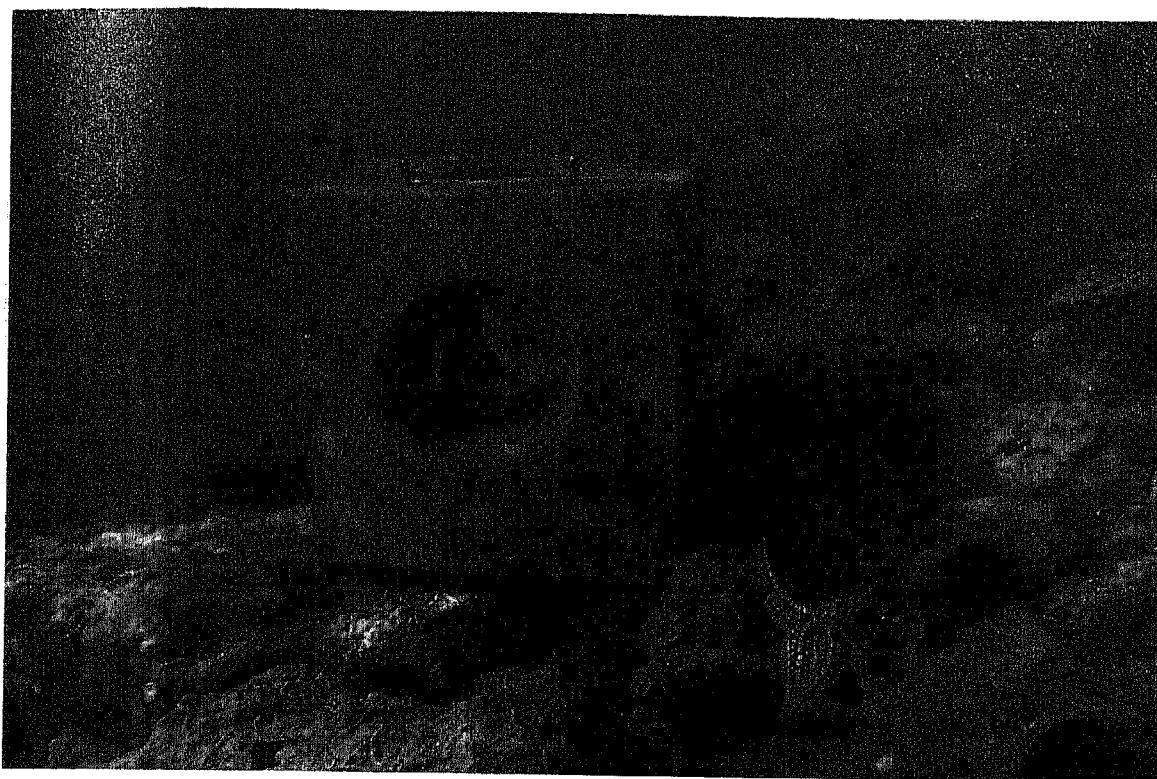


Figura 35 - Módulo de betão simples colocado no “poço da Mourela” no Verão de 1999.

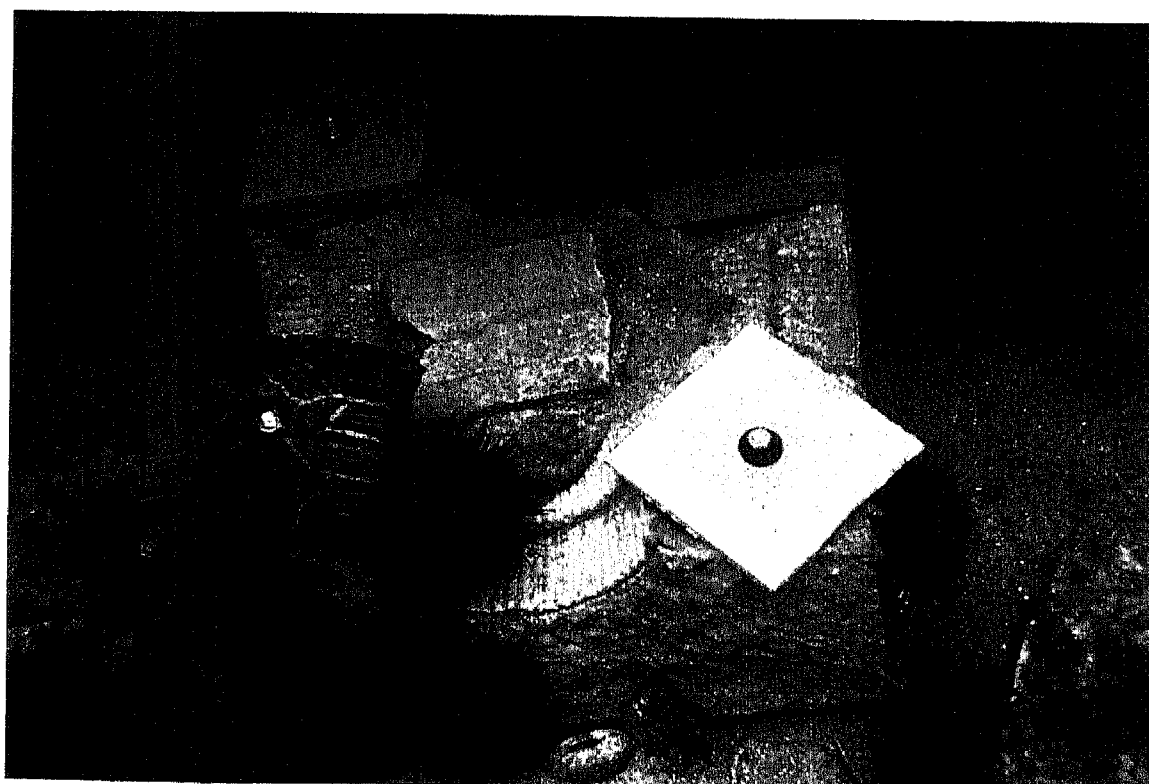


Figura 36 - Semi-módulo com placas (10 x 10 cm) de vários materiais.



Figura 37 - Recolha de dados junto de um dos módulos afundados no Verão de 1999.

O terceiro estudo, realizado no verão de 2000 e para o qual foram construídos novos módulos recifais envolveu a criação e monitorização de dois pequenos recifes implantados no “poço da Mourela” em 15 de Junho de 2000.

2.2.1 - Material de apoio

Tal como na fase A, para além do material destinado à construção dos módulos recifais (cimento, areia, lama de depuração de esgotos domésticos, cofragem em ferro, ferramentas várias, argolas de plástico, bolas de papel, etc.), foram necessários e utilizados vários outros equipamentos e materiais:

- equipamentos completos de mergulho (escafandro autónomo);
- embarcação a motor;
- compressor para enchimento de garrafas de mergulho;
- câmara fotográfica subaquática “Nikonos”;
- estufa, mufla, balança de precisão e diverso material de laboratório.

2.2.2 - Conceção e construção dos módulos

2.2.2.1 - Configuração e cofragem dos módulos

A concepção dos módulos obedeceu aos mesmos pressupostos dos construídos na fase A já descrita, optando-se no entanto por reduzir o comprimento das faces dos

cubos em 2 cm, passando de 30 cm para 28 cm. A sua configuração continuou a ser a de um cubo com orifícios em todas as faces, ligados a uma cavidade central.

Cofragem

A cofragem foi construída em chapa de ferro de 3 mm, sendo constituída por uma estrutura em “U” com 0,28 m de altura, à qual se aparafusa uma placa rectângular com 0,28 m de altura e 0,57 m de comprimento. Obtém-se assim uma estrutura quadrangular que é depois subdividida em quatro por uma chapa de ferro com 0,28 m x 0,57 m e duas outras com 0,28 m x 0,28 m (Fig.38). A cavidade central de cada módulo foi criada por uma bola de papel à qual eram presas seis argolas de plástico com o diâmetro exterior maior que o diâmetro interior criando-se assim as aberturas laterais. Esta cofragem, montada num estrado de aglomerado de madeira permitia fazer quatro módulos recifais de cada vez (Fig.39).

A cofragem descrita foi utilizada seis vezes, e para que a sua recuperação fosse possível foi untada com banha de porco para permitir a fácil libertação dos módulos depois de ganharem presa. O amolecimento com água da bola de papel permitia retirar toda a estrutura que moldava a cavidade interior do módulo. Foram construídos dois grupos de oito módulos, cada grupo com betão de composição diferente.

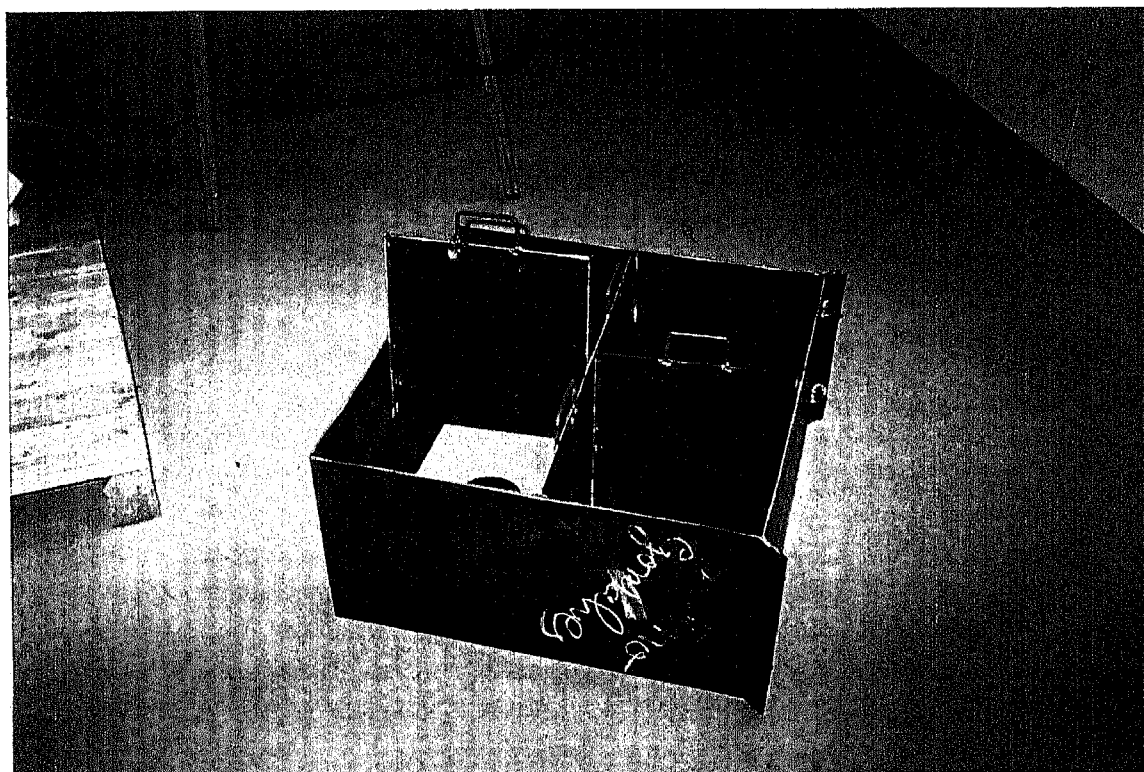


Figura 38 - Cofragem em chapa de ferro usada na construção dos módulos da fase B.



Figura 39 - Aspecto da cofragem completa, pronta a ser betonada.

2.2.2.2 - O betão

Na construção destes módulos usou-se mais uma vez cimento Portland misturado com inertes (areia fina) na proporção de 1:3 (25% de cimento e 75% de areia) e água.

Nos módulos recifais em cuja composição entraram outras substâncias, nomeadamente Lamas de ETAR, a quantidade destas traduziu-se sempre numa diminuição da percentagem do inerte (areia) e nunca do ligante (cimento). Nesta fase utilizaram-se apenas duas composições de betão diferentes, não tendo sido utilizadas as borras de café como fonte de nutrientes.

2.2.2.3 - Incorporação de substâncias no betão

A incorporação no betão de substâncias capazes de fornecerem nutrientes limitou-se nesta fase à incorporação de lamas de ETAR (Fig.40). A quantidade destas lamas a utilizar foi alvo dum estudo para ver até que ponto se poderia aumentar a sua proporção, sem comprometer demasiado a resistência do betão. A proporção de lama a incluir foi sempre calculada em função da matéria seca e não do produto integral. As lamas provenientes da ETAR de Parada na Maia, tinham um teor médio de matéria seca de 26,5 % com uma variabilidade muito grande conforme consta do respectivo boletim de análise (Anexo C).

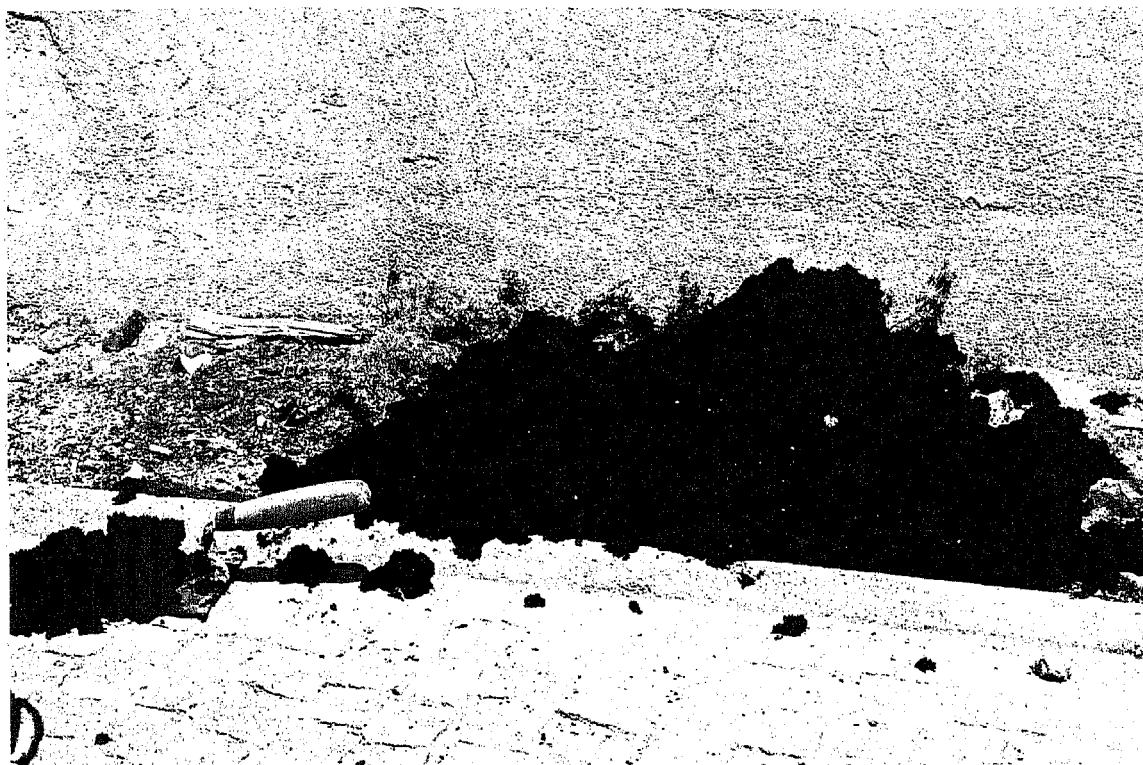


Fig. 40 - Lamas de depuração de esgotos domésticos.

Constatou-se porém que devido ao lapso de tempo entre essa análise (realizada à saída do filtro de banda) e a altura em que as lamas eram utilizadas o teor em humidade variava bastante pelo que se optou por calcular mediante análise laboratorial o teor em matéria seca das lamas imediatamente antes da sua utilização. A determinação foi feita por secagem de uma amostra em estufa à temperatura de 105° C. A perda de peso corresponde ao teor de humidade da amostra. As primeiras análises realizadas conduziram a um valor de matéria seca de 82,5 % (média de 3 ensaios). Análises realizadas duas semanas mais tarde indicaram um teor de matéria seca de 67,7 % (média de 3 ensaios).

Para se otimizar a quantidade de lama usada no betão foram realizados testes de resistência. Construíram-se paralelepípedos com dimensões de 20 x 10 x 3 cm, usando-se uma cofragem de cartão (Fig.41), e com composições em que a percentagem de lama variava de 0 a 16% (Tab.3). foi então criado um dispositivo que permitia pela queda livre de várias alturas de um corpo com a massa de 0,25 kg, verificar a força para a qual se dava a quebra do paralelepípedo (Fig. 42). Nestes testes foi considerado o valor de 82,5% de matéria seca.



Figura 41 - Paralelepípedos de betão com lamas usados nos testes de resistência.

Paralelepípedos	Composição (proporção cimento/inerte = 1:3)			Percentagem de lama no produto final
	Cimento	Areia	Lama	
Nº 1	25 %	75,0 %	0,0 %	0,0 %
Nº 2	25 %	70,2 %	4,8 %	4,0 %
Nº 3	25 %	65,3 %	9,7 %	8,0 %
Nº 4	25 %	62,9 %	12,1 %	10,0 %
Nº 5	25 %	60,5 %	14,5 %	12,0 %
Nº 6	25 %	55,7 %	19,3 %	16,0 %

Tabela 3 - Composição dos paralelepípedos usados nos testes de quebra.



Figura 42 - Testes de resistência aos betões com quantidades variáveis de lama.

Na construção dos módulos que se utilizaram na montagem dos dois recifes e mediante o resultado destes testes optou-se por usar 12% de lama.

Neste caso, a análise à matéria seca da lama efectuada antes da sua incorporação no betão conduziu ao valor de 67,7 %. Assim a incorporação de 12 % de lama, referido ao teor de matéria seca correspondeu à utilização de 17,7 % de lama fresca.

Foram construídos dois grupos de módulos recifais com oito módulos cada um, com a seguinte composição:

Componente	Grupo 1	Grupo 2
Areia	75%	63%
Cimento	25%	25%
Lama	0,0%	12%

Tabela 4 - Composição dos dois grupos de módulos.

2.2.3 - Transporte

Os módulos recifais foram transportados da Estação Litoral da Aguda, onde foram construídos, primeiro pela estrada numa viatura e depois à mão pela praia até à borda de água. A diminuição de peso em 10 kgf em relação aos módulos usados na fase A mostrou-se fundamental, pois facilitou bastante a sua manipulação e transporte.

Junto da água os 16 módulos foram embarcados no “S. Pedro”, barco de pesca da frota da Aguda, e transportados até ao local de afundamento.

2.2.4 - Afundamento e configuração do recife

O local de afundamento, designado “poço da Mourela” dista cerca de 150 m da praia. Neste local a profundidade é de cerca de 2 m em relação ao Z.H., sendo uma zona bastante mais profunda do que os fundos em volta. Está protegido da ondulação na baixa-mar pela existência de rochas emersas a barlar. A maior altura da coluna de água (+/- 6 m) e a configuração do próprio poço confere uma certa estabilidade ao local durante a preia-mar. Os módulos de betão colocados neste local no Verão de 1999, permaneceram aí durante todo o Verão, sendo no entanto removidos pela agitação marítima durante o Inverno.

Com a embarcação posicionada por cima do “poço da Mourela”, os módulos foram descidos do barco até ao fundo com um cabo e seguidamente dois mergulhadores montaram os dois recifes experimentais, um com módulos de betão simples e outro com módulos em cuja composição entraram lamas de ETAR. Cada recife é constituído por 8 módulos, empilhados quatro a quatro, formando estruturas cúbicas com 0,6 m de lado.

Estão situados a uma distância de 3 m um do outro. Para que os módulos não sofressem deslocamentos, foram todos presos uns aos outros com abraçadeiras plásticas, formando assim blocos coesos com o peso de 240 kgf. Esta medida revelou-se prática e eficaz pois os módulos mantiveram-se no seu lugar até ao fim do trabalho, ocorrendo apenas deslocamentos mínimos (Fig. 43).



Figura 43 - Recife artificial depois de montado no fundo. Os oito módulos que o constituem estão presos uns aos outros com abraçadeiras de plástico.

2.2.5 - Acompanhamento e monitorização

Depois de atentamente estudados os métodos de monitorização de recifes (ver 1.6), chegou-se à conclusão que nenhum deles se adaptava completamente ao trabalho em curso, já que a pequena dimensão dos recifes em causa permite a sua observação e quantificação dos seres vivos na totalidade. Assim, elaborou-se um procedimento de compromisso entre os métodos consagrados e anteriormente expostos (ver 1.6).

Procedimento adoptado: o mergulhador/observador, imediatamente a seguir à sua chegada junto do recife faz uma observação a uma distância de cerca de 1 metro (dependendo da visibilidade), durante 5 minutos. Em seguida aproxima-se do recife e faz uma contagem dos animais escondidos bem como daqueles que não era possível ver do local da primeira observação. Faz ainda uma quantificação dos organismos sésseis e das algas. Este procedimento é repetido para cada um dos dois recifes, sendo a ordem das observações alterada em cada mergulho, minimizando-se assim o efeito na quantificação da fuga dos peixes entre os recifes e para outras áreas devido à presença do mergulhador. Com esta técnica foi possível efectuar uma monitorização completa dos dois recifes em cerca de 30 minutos, o que era perfeitamente compatível com o tempo total de mergulho disponível.

O plano de monitorização teve que ser flexibilizado de acordo com o estado do mar e o cumprimento de princípios básicos de segurança, bem como com a disponibilidade dos companheiros de mergulho, obedecendo no entanto a uma calendarização que permitiu efectuar pelo menos dois mergulhos mensais com o

objectivo de recolha de dados e um outro de observação geral e destinado à cobertura fotográfica dos recifes (Fig.44).

Foram efectuados um total de 16 mergulhos neste local e efectuadas sete amostragens com intervalos médios de quinze dias entre elas, nomeadamente nos dias 19/6/00, 28/6/00, 8/7/00, 19/7/00, 2/8/00, 13/8/00 e 1/9/00.

Os animais e as algas presentes nos recifes eram quantificados e os dados eram registados no local numa placa de fórmica para posterior tratamento.



Figura 44 - Monitorização dos recifes artificiais. Poço da Mourela, Verão de 2000.

2.3 - Estudo laboratorial

2.3.1 - Material e métodos

Para observar mais directamente o comportamento dos módulos recifais com diferentes composições em relação ao desenvolvimento de um biofilme de microorganismos na sua superfície e às preferências de um conjunto de invertebrados, efectuou-se um estudo laboratorial.

Para este estudo usou-se o seguinte material:

- aquário de vidro com as dimensões de 100 x 40 x 35 cm;
- aparelho para a determinação electroquímica do pH;
- aparelho para a determinação electroquímica do oxigénio dissolvido;
- aparelho para a determinação electroquímica da salinidade;
- filtro de aquário com elemento de filtração sintético;
- filtro de aquário com aerificação.

No dia 10 de Dezembro de 1999, montou-se o aquário (Fig. 45), onde se introduziram três fragmentos de módulos recifais com as mesmas composições dos usados na fase A. Um de betão simples, outro de betão com lama de ETAR e o terceiro com borras de café.

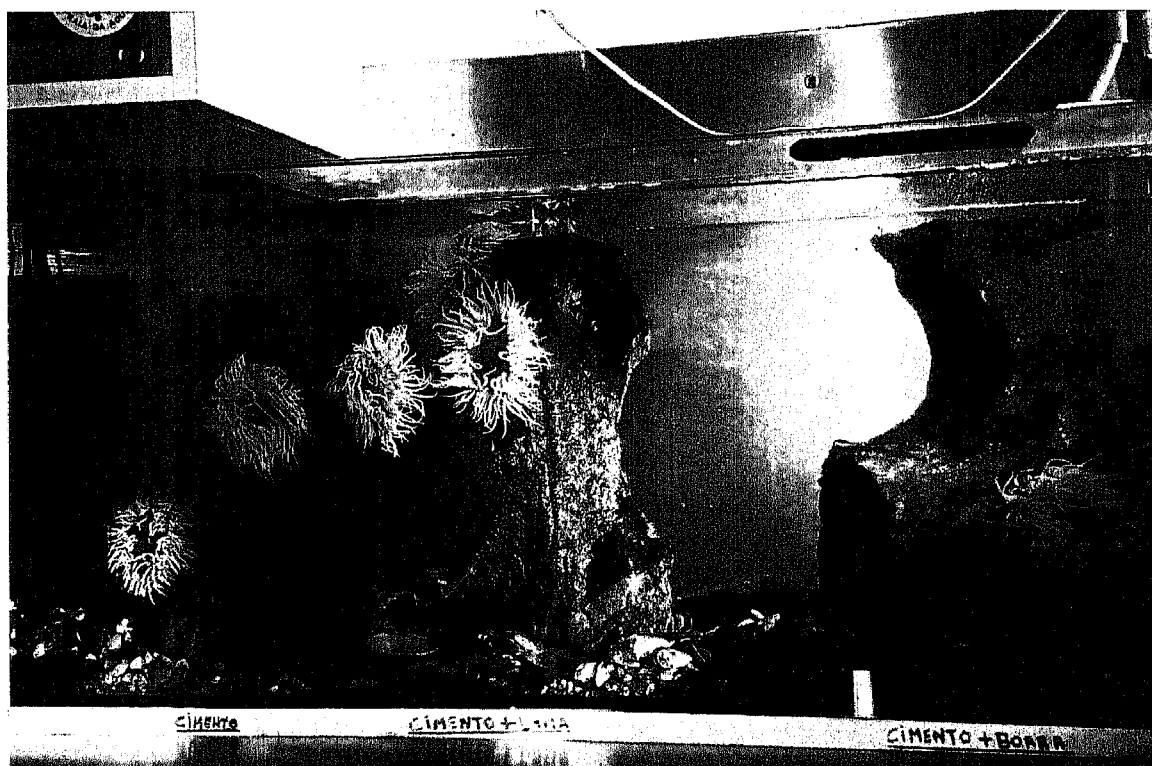


Figura 45 - Aquário onde se efectuou o estudo laboratorial.

O aquário com um volume útil de 120 L foi cheio com água do mar, areia e pedras da praia, macroalgas, e os seguintes indivíduos de espécies vulgares na zona intertidal:

- <i>Nucella lapillus</i> (Búzio).....	12
- <i>Ocenebra erinacea</i> (búzio).....	6
- <i>Gibbula umbilicalis</i> (burrié).....	20
- <i>Monodonta lineata</i> - (burrié).....	20
- <i>Patella aspera</i> (lapa).....	20
- <i>Calliostoma zizyphinum</i> (burrié).....	3
- <i>Paracentrotus lividus</i> (ouriço-do-mar).....	4
- <i>Anemonia sulcata</i> (anémone).....	4

Estes animais foram alimentados todos os dias com comida fresca e com flocos. O sistema foi monitorizado durante três meses. Uma pequena fracção da água era substituída diariamente e a sua qualidade era assegurada por um sistema de filtração e de aerificação adequado.

Foram efectuadas 50 observações em dias e horas ao acaso nas quais se registava a presença destes indivíduos nos três fragmentos de módulos.

Nessas observações, foi também acompanhada a evolução do biofilme de microorganismos.

CAPÍTULO 3

RESULTADOS E DISCUSSÃO

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 - Fase A

3.1.1 - Resultados

Apesar das intensas buscas efectuadas durante a Primavera e Verão de 1999 e retomadas no Verão de 2000 não foi possível localizar de novo os recifes da fase A, implantados em 10 de Outubro de 1998. Este facto impossibilitou a sua monitorização e consequentemente a obtenção de resultados da colonização biológica.

3.1.2 - Discussão

O material usado na construção da cofragem (aglomerado de madeira) revelou-se pouco adequado. O facto de absorver água proveniente da amassadura do betão e também água da chuva provocou uma deterioração precoce da cofragem tornando a sua reutilização cada vez mais difícil. Estes inconvenientes tiveram de ser contornados, redobrando de cuidados aquando da montagem e desmontagem da cofragem e procedendo à cobertura de toda a estrutura com plástico, pois o trabalho era efectuado ao ar livre. No entanto, esta cofragem de baixo custo possibilitou o rápido fabrico de 100 módulos recifais ao permitir executar 25 de cada vez.

O tamanho (30 x 30 x 30 cm) dos módulos e o seu peso (40 kgf) eram os ideais para cumprir os objectivos do trabalho. No entanto a inexistência de meios mecânicos de transporte adequados e o elevado número de módulos, tornou a sua manipulação por vezes muito penosa.

As proporções de substâncias adicionadas ao betão, embora diminuindo a sua resistência, não tornaram os módulos demasiado frágeis. O betão no qual foram incorporadas borras de café, na proporção de 12%, mostrou ser o mais frágil dos três grupos, tendo-se partido cinco módulos ao serem retirados da cofragem. Dos módulos com lamas apenas se partiu um e dos restantes, de betão simples, não houve nenhuma perda. Este facto deve-se provavelmente ao elevado teor de matéria orgânica (97,4%) das borras de café contra apenas 21,5% nas lamas de ETAR (anexo C).

O facto de não ser possível encontrar os recifes suscitou várias tentativas de explicação. Após as primeiras buscas admitiu-se que poderia haver um erro na determinação do local da sua implantação. No entanto a confirmação das coordenadas obtidas via satélite e a confirmação dos azimutes visuais e das profundidades do local veio dissipar completamente estas dúvidas. Admitiu-se também que os módulos recifais poderiam ter sido arrastados do local e espalhados por uma área significativa. À medida que as buscas avançavam e uma maior área era coberta, sem nunca se encontrar pelo menos um módulo, uma outra hipótese ganhou consistência: a do assoreamento. Com

efeito, apenas o assoreamento dos recifes explica que ao fim de tantas horas de busca e de tantos mergulhos efectuados na zona não fosse encontrado pelo menos um dos 75 módulos implantados no local. Essas buscas permitiram cobrir física e visualmente áreas parcialmente sobrepostas que no seu conjunto representam cerca de 7000 m².

Outras evidências corroboram esta hipótese:

- a existência de grandes bolsas de areia na zona do afundamento onde antes o fundo era rochoso;
- o intenso trânsito de areias na zona, nomeadamente entre a praia e o largo;
- nenhum módulo ter sido arrojado à praia nem haver notícia de ficar preso nas redes de pesca durante o período de dois anos.

Se no fim do período das buscas efectuadas ainda em 1999 ou no decurso das que se efectuaram em 2000 os recifes tivessem ficado desassoreados e fossem encontrados, o facto de terem estado enterrados impossibilitaria a sua colonização biológica e consequentemente a monitorização dessa mesma colonização.

Se por um lado os objectivos dos recifes artificiais só se cumprem plenamente se estes forem implantados em zonas arenosas e portanto pobres sob o ponto de vista biológico, a sua implantação nestes locais tem de ter em conta o risco de assoreamento. Sendo assim pode considerar-se que para a dimensão dos módulos e respectivos recifes, o local de implantação escolhido não foi o mais adequado.

Estruturas de maiores dimensões ou assentes numa plataforma de enrocamento não seriam tão susceptíveis de assoreamento. No entanto tais estruturas não seriam compatíveis com a logística e os meios disponíveis, nem com os objectivos deste trabalho.

3.2 - Fase B

3.2.1 - Módulos de betão simples implantados no Verão de 1999

3.2.1.1 - Resultados

Implantaram-se dois módulos recifais de betão simples no “poço da Mourela” em 1 de Junho de 1999 com o objectivo de verificar se a colonização biológica era eficaz nesse local. A evolução ocorrida entre a data da sua imersão e o dia 30 de Agosto, é bastante evidente comparando a fotografia da figura 35 (página 65) tirada no dia da colocação do módulo recifal e a da figura 46 obtida após três meses de permanência no mar.

Em 5 mergulhos de observação num período de 90 dias foi possível quantificar um total de 144 indivíduos distribuídos por 11 espécies (tabela 5).



Figura 46 - Colonização biológica do módulo de betão após 3 meses de permanência no mar.

Espécies	Datas dos mergulhos/observações e número de indivíduos observados (1999)						
	14-6	3-7	18-7	6-8	13-8	30-8	total
ouriço-do-mar (<i>Paracentrotus lividus</i>)	10	12	9		5	8	44
estrela-do-mar (<i>Marthasterias glacialis</i>)	4	5	4		4	5	22
anémone (<i>Anemonia sulcata</i>)		2	3		6	6	17
navalheira (<i>Macropipus puber</i>)	2	2	2		2	2	10
gastrópode (<i>Gibbula umbilicalis</i>)					3	5	8
gastrópode (<i>Calliostoma zizyphinum</i>)					1		1
maragota (<i>Parablennius gattorugine</i>)					1	6	7
caboz (<i>Gobius</i> sp.)					2	5	7
congro (<i>Conger conger</i>)						1	1
bodião (<i>Crenilabrus melops</i>)					1	1	2
sargo (<i>Diplodus</i> sp.)						25	25
algas verdes (<i>Enteromorpha</i> spp.)	25%	40%	50%		75%	50%	
algas vermelhas					10%	50%	
Total (algas excluídas)	16	21	18		25	64	144

Tabela 5 - Espécies e número de indivíduos observados nos módulos imersos no Verão de 1999.

3.2.1.2 - Discussão

No dia 6-8-99 não foi possível contabilizar os indivíduos presentes devido à péssima visibilidade existente.

As percentagens de algas correspondem a taxas de cobertura da superfície livre dos módulos e foram estimadas, devendo ser consideradas com reservas.

Não foi possível identificar as espécies de algas vermelhas presentes pois encontravam-se numa fase inicial de crescimento, apenas com alguns milímetros de comprimento.

Embora não seja possível afirmar com certeza tratar-se dos mesmos animais, a presença constante e do mesmo número de navalheiras nos módulos, indicia que estes animais os escolheram como abrigo permanente.

Estes resultados mostram que a colonização biológica é bastante eficiente naquele local o que permitiu avançar para a construção de novos módulos e implantação dos dois grupos de recifes no Verão de 2000.

3.2.2 - Semi-módulos com placas de vários materiais imersos em 1999

3.2.2.1 - Resultados

Em 3 de Julho de 1999 foram colocados no mesmo local (poço da Mourela) dois semi-módulos de betão simples aos quais foram aplicadas 4 placas de diferentes materiais reservando-se uma área idêntica (100 cm²) de betão livre. Os cinco materiais (pvc, borracha, madeira, barro e betão) foram observados durante um período de dois meses com o objectivo de verificar as diferenças na sua colonização biológica (Tab. 6).

Materiais	Presença (+) ou ausência (-) de algas verdes			
	18 Julho	6 Agosto	13 Agosto	18 Agosto
betão	+ (3 cm)	+ (8 cm)	+	+
madeira	+ (3cm)	+ (8 cm)	+	+
borracha	+ (3 cm)	+ (8 cm)	+	+
barro	-	+ (3 cm)	+	+
pvc	-	-	-	-

Tabela 6 - Colonização por algas verdes dos diversos materiais testados.

Em mergulho efectuado em 18 de Julho, três dos materiais (betão, borracha e madeira) já se encontravam colonizados por algas verdes, *Enteromorpha* spp. As placas de barro e de pvc não apresentavam colonização visível.

Os filamentos de alga apresentavam um tamanho médio de 3 cm. Para além das algas encontravam-se sobre os semi-módulos vários ouriços e estrelas-do-mar.

Dia 6 de Agosto foi possível observar que a alga verde já se tinha desenvolvido também no barro e atingia cerca de 8 cm de altura. A placa de pvc continuava sem colonização visível. Sobre os semi-módulos observaram-se, tal como no mergulho anterior, vários ouriços e estrelas-do-mar.

Em amostragem efectuada dia 13 de Agosto verificou-se que os semi-módulos estavam parcialmente cobertos por vaza e areia o que provocou um retrocesso na colonização e no crescimento das algas.

Dia 30 de Agosto a colonização biológica tinha recuperado um pouco, não atingindo porém, os níveis anteriormente registados.

Por esta altura as placas de pvc eram as únicas que não estavam colonizadas por algas verdes.

As diferenças na colonização biológica dos semi-módulos, após 33 dias de permanência no mar (3 de Julho a 6 de Agosto de 1999), são bastante evidentes comparando a fotografia da figura 36 (página 65) tirada no dia da colocação e a da figura 47 obtida no dia 6 de Agosto.



Figura 47 - Colonização biológica dos diversos materiais testados. A placa de pvc é a única que não está recoberta por algas verdes.

3.2.2.2 - Discussão

A colonização de materiais imersos é muito rápida em zonas de pequena profundidade onde a luz penetra com grande intensidade. Os organismos pioneiros não apresentam grandes preferências em relação à natureza do substrato sobre o qual se desenvolvem, mas sim em relação à textura e rugosidade das superfícies.

O aparecimento e crescimento das algas verdes foi praticamente simultâneo e idêntico no betão, na madeira e na borracha. Estes três materiais embora de constituição muito diferente eram todos porosos e apresentavam uma superfície rugosa. Os outros dois materiais eram os mais lisos dos cinco, tendo as algas aparecido muito mais tarde na placa de barro. Na placa de pvc que era a que apresentava a superfície mais lisa não chegaram a crescer durante o período de monitorização.

Estes resultados estão de acordo com o que é afirmado por vários autores, nomeadamente Bohnsack & Sutherland (1985), que afirmam ser a rugosidade superficial à escala dos milímetros directamente proporcional à eficiência da fixação por parte das algas.

Também autores como (Hixon & Brostoff, 1985; Bohnsack & Sutherland, 1985; Bailey-Brock, 1989), consideram que o tipo de material utilizado e a sua textura superficial podem influenciar o desenvolvimento da comunidade colonizadora dos R.A.'s.

Hixon & Brostoff (1985), demonstraram experimentalmente que a textura superficial rugosa, incentiva a fixação de organismos bênticos, servindo-lhes de refúgio e de protecção, permitindo-lhes uma aderência ao substrato mais eficaz do que as superfícies lisas donde são facilmente retirados por predadores ou pelas correntes.

Chojnacki (2000), no Báltico, testou tubos de betão com superfície macia, observando que a fixação era muito reduzida em relação a outros de superfície rugosa.

3.2.3 - Testes de resistência ao betão com lamas

3.2.3.1 - Resultados

Os resultados dos testes de resistência que conduziram à opção de usar a proporção de 12% de lama (matéria seca) encontram-se na tabela 7.

Nº	Proporção de lamas	Altura (m) da queda do corpo (0,25 kg)	Força de impacto (N) $F = \text{massa} \cdot \text{altura} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2$	Rotura
1	0%	0,2	0,49	-
2	4%	0,25	0,61	-
3	8%	0,30	0,74	nº6
4	10%	0,35	0,86	-
5	12%	0,40	0,98	-
6	16%	0,45	1,10	nº4 e nº5
		0,50	1,23	nº3
		0,55	1,35	-
		0,60	1,47	nº2
		0,65	1,59	-
		0,70	1,72	nº1

Tabela 7 - Resistência das várias composições de betão relativamente à proporção de lama incluída.

3.2.3.2 - Discussão

Material e métodos

O material e os métodos usados para a realização destes testes de quebra não correspondem aos métodos consagrados e homologados para testar a resistência de materiais. No entanto dada a impossibilidade prática de realizar esse tipo de testes ao material em estudo a tempo de obter resultados aplicáveis neste trabalho, optou-se por realizar este tipo de teste expedito. O que se pretendia era ter uma ideia aproximada da resistência relativa dos betões com diferentes proporções de lamas de modo a obter-se um valor de compromisso entre resistência e quantidade de lama incluída. Tendo em conta este objectivo, o método usado mostrou-se bastante eficaz e os módulos construídos com a proporção de lama escolhida com base nos seus resultados revelaram-se suficientemente resistentes à manipulação e à imersão no mar.

Resultados

O paralelepípedo nº1, construído com betão simples partiu para uma força de 1,72 N. Em face destes resultados optou-se por usar a proporção de 12% (matéria seca) de lama pois embora sendo a segunda composição com maior proporção de lamas mostrou ter uma resistência inferior à do betão simples em apenas cerca de 35%.

3.2.4 - Recifes implantados em 2000

3.2.4.1 - Resultados

Os recifes implantados no Verão de 2000 foram controlados durante 90 dias. Ao longo deste período foram efectuados sete mergulhos de monitorização, cujos resultados se resumem nas tabelas 8, 9 e 10 e nos gráficos 7, 8, 9 e 10. O recife montado com módulos de betão simples será aqui designado como recife B e o recife montado com módulos de betão enriquecido com lamas de ETAR será aqui designado como recife L.

Espécies observadas	19 Junho	28 Junho	8 Julho	19 Julho	2 Agosto	13 Agosto	1 Set.	Total
ouriço-do-mar (<i>Paracentrotus lividus</i>)		25	20	55	45	35	-	180
estrela-do-mar (<i>Asterias rubens</i>)							-	
estrela-do-mar (<i>Marthasterias glacialis</i>)								
anémoma (<i>Anemonia sulcata</i>)				2	4	4	-	10
navalheira (<i>Macropipus puber</i>)	1	2	1				-	4
gastrópode (<i>Gibbula umbilicalis</i>)		1		1			-	2
gastrópode (<i>Calliostoma zizyphinum</i>)							-	
choco (<i>Sepia officinalis</i>)							-	
maragota (<i>Parablennius gattorugine</i>)				2	1	2	-	5
maragota (<i>Coryphoblennius galerita</i>)							-	
caboz (<i>Gobius</i> sp.)					1		-	1
bodião (<i>Crenilabrus melops</i>)					1		-	1
sargo (<i>Diplodus</i> sp.)							-	
Total de espécies	1	3	2	4	5	4	-	7
Total de indivíduos	1	28	21	60	52	41	-	203
algas verdes	0%	10% 1 cm	30% 2 cm	60% 4 cm	60% 5 cm	25% 5 cm	-	
algas vermelhas	0%	0%	0%	0%	0%	0%		
Diversidade de Shannon-Wiener- H	0,00	0,41	0,19	0,37	0,55	0,51	-	
Diversidade de Simpson- D	0,00	0,20	0,10	0,16	0,24	0,26		

Tabela 8 - Espécies e indivíduos observados no recife B (módulos de betão simples), e respectivos valores dos índices de diversidade de Shannon-Wiener (H) e de Simpson (D).

Espécies observadas	19 Junho	28 Junho	8 Julho	19 Julho	2 Agosto	13 Agosto	1 Set.	Total
ouriço-do-mar (<i>Paracentrotus lividus</i>)	3	16	17	23	30	35	-	124
estrela-do-mar (<i>Asterias rubens</i>)					1	1	-	2
estrela-do-mar (<i>Marthasterias glacialis</i>)	1			1	1		-	3
anêmona (<i>Anemonia sulcata</i>)	1		2	4	10	10	-	27
navalheira (<i>Macropipus puber</i>)		2	2	2	2	3	-	11
gastrópode (<i>Gibbula umbilicalis</i>)				2		2	-	4
gastrópode (<i>Calliostoma zizyphinum</i>)		2				2	-	4
choco (<i>Sepia officinalis</i>)					1		-	1
maragota (<i>Parablennius gattorugine</i>)	1	3	4	2	2	3	-	15
maragota (<i>Coryphoblennius galerita</i>)				2	1	4	-	7
caboz (<i>Gobius</i> sp.)				1		1	-	2
bodião (<i>Crenilabrus melops</i>)				1	2	2	-	5
sargo (<i>Diplodus</i> sp.)				2	1	6	-	9
Total de espécies	4	4	4	10	10	11		13
Total de indivíduos	6	23	25	40	51	69		214
algas verdes	0%	50% 2 cm	60% 4 cm	60% 7 cm	70% 10 cm	70% 15 cm	-	
algas vermelhas	0%	0%	0%	30% 1 cm	30% 2 cm	30% 3 cm	-	
Diversidade de Shannon-Wiener- H	1,20	0,94	0,96	1,57	1,39	1,49		
Diversidade de Simpson- D	0,67	0,48	0,50	0,65	0,61	0,70		

Tabela 9 - Espécies e indivíduos observados no recife L (módulos de betão com lamas) e respectivos valores dos índices de diversidade de Shannon-Wiener (H) e de Simpson (D).

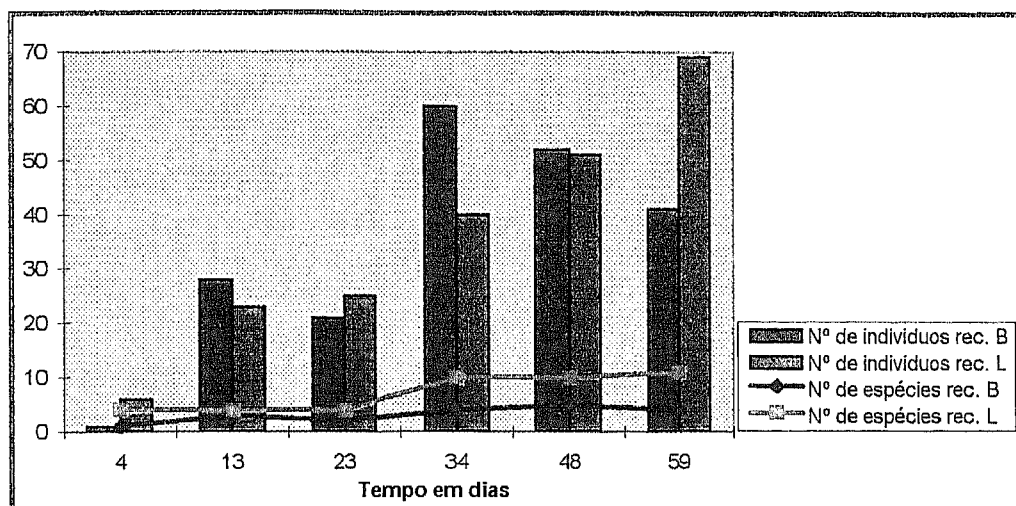


Gráfico 7 - Evolução temporal do número de indivíduos e espécies nos recifes B e L.

Com os dados recolhidos nas seis observações calcularam-se os índices de diversidade de Shannon-Wiener (H) e Simpson (D) e o índice de similaridade (SI) (Haefner, 1996).

A diversidade tem duas componentes: *riqueza*, que é o número de espécies presente, e *uniformidade* que é uma medida da distribuição da população pelas várias espécies.

$$H = - \sum (n_i/N_s) * \ln (n_i/N_s)$$

$$D = 1 - \sum (n_i/N_s)^2$$

n_i = número de indivíduos de cada espécie

N_s = número total de indivíduos de todas as espécies

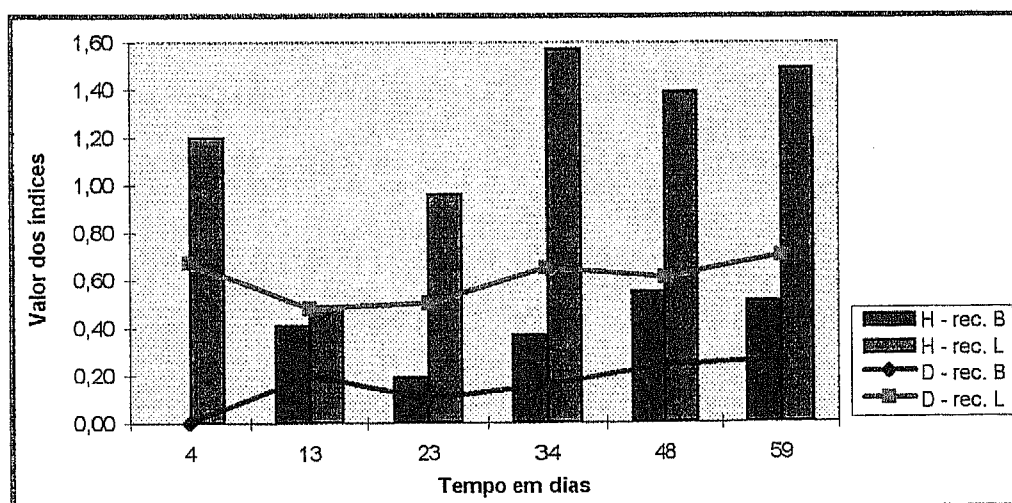


Gráfico 8 - Evolução temporal da diversidade nos recifes B e L.

H - índice de diversidade de Shannon-Wiener. D - índice de diversidade de Simpson.

Para o índice H e o recife B: média = 0,34; desvio-padrão = 0,21

Para o índice H e o recife L: média = 1,26; desvio-padrão = 0,27

A hipótese das variâncias serem idênticas (teste F) foi rejeitada ($p < 0,05$).

Estatisticamente os recifes B e L são significativamente diferentes quanto à diversidade medida pelo índice de Shannon-Wiener, apresentando o recife L uma diversidade significativamente superior.

Foi calculado o índice de similaridade (SI) entre os recifes B e L para verificar até que ponto eles eram semelhantes.

$$SI = 2c/a+b$$

a - número de espécies no recife B

b - número de espécies no recife L

c - número de espécies comuns aos dois

SI varia de 0 a 1

Os resultados obtidos são apresentados na tabela 10.

	19 Junho	28 Junho	8 Julho	19 Julho	2 Agosto	13 Agosto
Índice de similaridade (SI)	0,00	0,57	0,67	0,57	0,53	0,40
(SI) médio = 0,46						

Tabela 10 - Índices de similaridade entre os recifes B e L.

Da análise dos valores da tabela 10 pode inferir-se que os dois recifes não são similares já que o valor médio para SI é de 0,46 e o valor mais alto de todas as observações é de 67%.

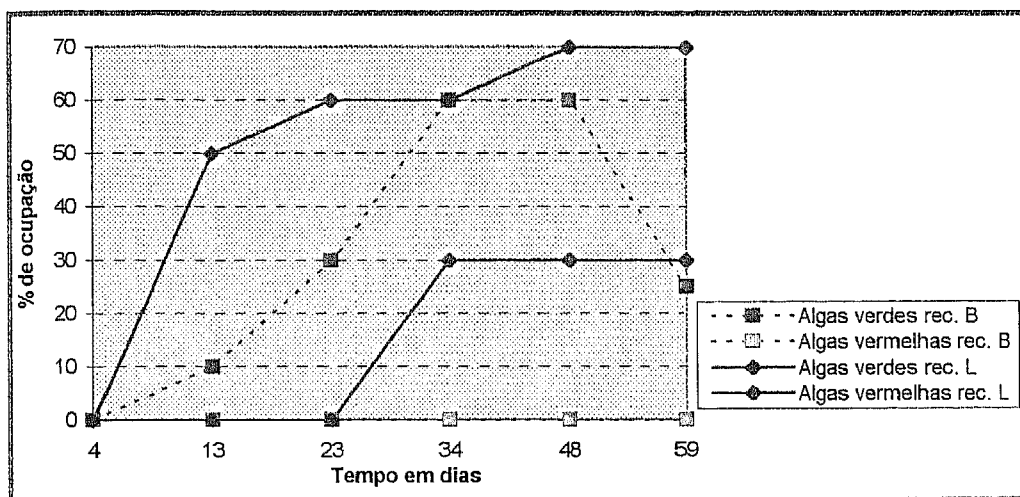


Gráfico 9 - A área ocupada pelas macroalgas verdes foi sempre maior no recife L do que no recife B. As algas vermelhas colonizaram o recife L sensivelmente a meio do período de monitorização, nunca chegando a crescer no recife B.

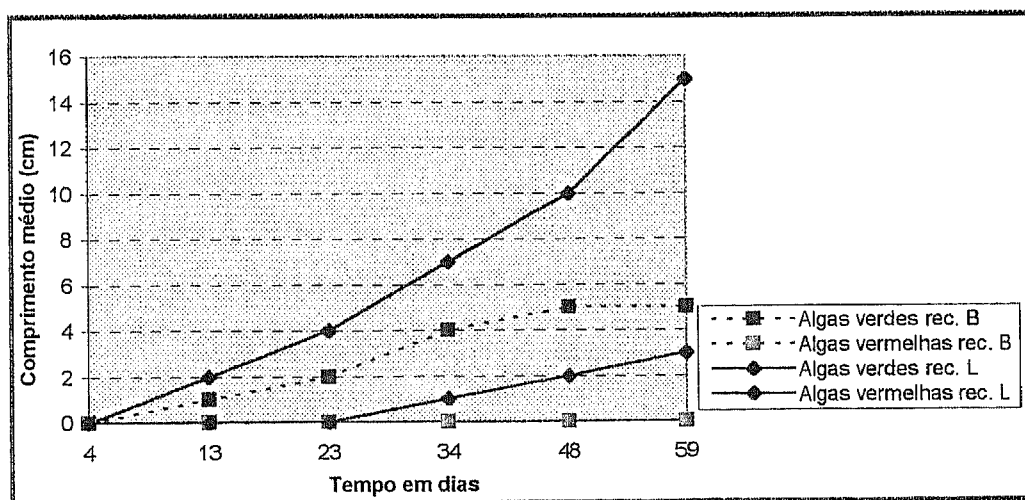


Gráfico 10 - Evolução temporal do comprimento médio das macroalgas nos recifes B e L. As algas verdes apareceram primeiro e cresceram mais no recife L do que no recife B.

3.2.4.2 - Discussão

Material e métodos

A cofragem utilizada nesta fase e já descrita no ponto 2.2.2.1, revelou-se bastante prática e de fácil manutenção. Por ser construída em ferro não apresentava os problemas de deterioração pela água que ocorreram com a cofragem utilizada na fase A. Com a pequena redução no tamanho dos módulos (2 cm em cada face) conseguiu-se diminuir o peso médio em 25%, (de 40 kg para 30 kg), o que tornou o transporte e a manipulação bem mais fácil.

A incorporação de 12% (matéria seca) de lama no betão dos módulos do recife L, não criou nenhum problema de resistência, não se tendo partido nenhum no momento da descofragem, nem no transporte e afundamento. No mar e durante o período de monitorização, mostraram-se adequados aos objectivos do trabalho.

A utilização de abraçadeiras de plástico para prender os módulos uns aos outros no recife mostrou-se muito eficaz. Com efeito, mesmo estando colocados numa zona de rebentação das ondas durante a preia-mar, nenhum módulo sofreu deslocamentos nem foi arrastado do local, notando-se apenas ligeiros deslizamentos.

A monitorização efectuada directamente por contagem integral dos organismos macroscópicos presentes em cada recife em cada mergulho/amostragem revelou-se eficiente. Apenas o estado do mar e a má visibilidade na zona constituíram por vezes um obstáculo, ultrapassado sem problemas de maior pelo conhecimento do local e experiência dos mergulhadores envolvidos. A utilização de placa de fórmica e lápis de carvão para o registo dos dados é um método simples e que conduz a bons resultados.

A cobertura fotográfica dos recifes revelou-se problemática, pois a fraca visibilidade subaquática não possibilita, grande parte das vezes, a captação de boas imagens. Este facto impede que estudos subaquáticos, realizados na costa norte do país, desenvolvam o plano de monitorização baseado principalmente em métodos fotográficos.

Resultados

Na atracção dos animais marinhos pelos recifes, o recurso alimento assume uma menor importância do que o abrigo, pelo menos no início da colonização, já que os peixes colonizam os R.A.'s num espaço de tempo muito curto, quando estes ainda não lhes podem fornecer alimento (Sale, 1980).

Mottet (1981) afirma que os recifes artificiais ou naturais não têm necessariamente que produzir alimento para atrair os peixes.

Neste trabalho verificou-se que os animais marinhos apresentam uma apetência e curiosidade inatas por estruturas susceptíveis de lhes proporcionar abrigo, observando-se que alguns segundos após a colocação dos módulos recifais no "poço da Mourela", eles foram rodeados por peixes curiosos (blenídeos e sargos).

Quatro dias após a sua implantação (19 de Julho), era já possível encontrar nos recifes, para além dos peixes, alguns crustáceos como as navalheiras (*Macropipus puber*) (Fig. 48).



Figura 48 - Maragotas (*Parablennius gattorugine*) e uma navalheira (*Macropipus puber*) no recife artificial, quatro dias após a sua implantação.

O número de indivíduos presentes no recife L foi superior ao apresentado pelo recife B em três das seis amostragens, atingindo um valor quase duas vezes superior na última amostragem. O aumento constante do número de indivíduos no recife L contrasta com a oscilação desse número no recife B, o que pode ser indício de uma maior permanência e menor mobilidade dos indivíduos que colonizaram o recife L (Gráf. 7). As oscilações quanto à abundância do número de indivíduos nas primeiras três amostragens poderão estar relacionadas com o padrão de excesso do número de espécies ou de indivíduos recrutados que surge na primeira colonização dum recife recém criado de que falam autores como Prince & Maugham (1979) e Grant *et al* (1982).

No que diz respeito ao número de espécies, constatou-se que é sempre superior no recife L do que no recife B. Esta maior diversidade em espécies deve-se provavelmente à maior riqueza e abundância da cobertura algal (Gráf. 7).

A diversidade medida pelo índice de Shannon-Wiener (H) apresenta valores significativamente maiores no recife L do que no recife B.

Também o índice de diversidade de Simpson (D) apresenta sempre valores superiores no recife L do que no recife B (Gráf. 8).

Nas figuras 49 e 50 pode observar-se o estado de colonização biológica em que se encontravam os recifes no dia 15 de julho, um mês após a sua implantação. O domínio dos ouriços (*Paracentrotus lividus*) no recife B (Fig. 49), indicando baixa diversidade, contrasta com o maior desenvolvimento das algas e a maior diversidade encontrada no recife L (Fig. 50).



Figura 49 - Recife B no dia 15 de julho. As algas verdes estão ainda no início do seu desenvolvimento. Os ouriços-do-mar (*Paracentrotus lividus*) são a espécie dominante.



Figura 50 - Recife L no dia 15 de julho. As algas verdes apresentam-se já bem desenvolvidas. Observa-se um maior equilíbrio nas espécies presentes.

A quantificação das algas foi efectuada por percentagem de cobertura da superfície livre da face superior dos recifes. A evolução temporal da respectiva área de cobertura e do comprimento das macroalgas está representada nos gráficos 9 e 10.

As macroalgas verdes pertencem aos géneros *Ulva* e *Enteromorpha* e foram quantificadas em conjunto pois nos primeiros estádios de desenvolvimento a identificação é muito difícil.

As algas vermelhas também não puderam ser identificadas devido ao seu incipiente estágio de desenvolvimento.

O recife B não chegou a ser colonizado por algas vermelhas durante o período de monitorização.

A rápida ocupação pelas algas da superfície dos recifes e o seu crescimento acentuado é um factor importante na naturalização dos recifes artificiais, contribuindo para um eficaz desenvolvimento do ecossistema. Com efeito a presença das algas atrai os herbívoros que por sua vez atraem os predadores atingindo-se rapidamente altos níveis de produção.

A maior área de ocupação das algas no recife com módulos de betão enriquecido com lamas (recife L) é muito evidente (Gráf. 9) e deve-se provavelmente ao facto dos esporos encontrarem aí melhores condições de desenvolvimento.

O crescimento das algas foi substancialmente maior no recife L do que no recife B (Gráf. 10), aproximando-se mesmo de um crescimento exponencial no caso das algas verdes. Esta diferença no crescimento, poderá ser explicada pela libertação de nutrientes a partir do betão enriquecido com lamas.

As algas são organismos que absorvem nutrientes directamente da água pela fronde pois não apresentam raízes. Sendo assim, em face destes resultados, poder-se-á colocar a hipótese de que o ligeiro aumento da concentração de nutrientes em solução na água na proximidade do recife L é responsável por estas diferenças de crescimento.

No mergulho efectuado em 1 de Setembro de 2000 verificou-se que os recifes estavam assoreados. O recife L encontrava-se assoreado em 50% e o recife B estava completamente assoreado (Fig. 51). Este facto impediu a recolha de dados nesse dia (Tabs. 8 e 9). Tendo em conta o que se passou na fase A deste projecto e o que aconteceu ao fim de dois meses e meio aos recifes da fase B, pode considerar-se que ultrapassadas as questões logísticas, o assoreamento constitui o principal obstáculo ao estudo da colonização biológica de recifes artificiais e ao pleno desempenho destas estruturas na costa norte.



Figura 51 - Recife artificial completamente assoreado. Apenas é possível observar as extremidades das abraçadeiras de plástico que uniam os vários módulos recifais. 1-9-2000.

3.3 - Estudo laboratorial

3.3.1 - Resultados

Observações diárias, ao longo de noventa dias, do desenvolvimento do biofilme e das algas nos três fragmentos de módulos recifais com composições de betão diferentes inseridos num aquário (ver fig. 45, pág. 75), conduziram aos resultados da tabela 11.

Tipo de cobertura	Dias da experiência																				
	10º dia			18º dia			35º dia			42º dia			65º dia			80º dia			90º dia		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
microalgas		+			+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
					+			+			+	+		+	+		+	+		+	+
											+			+			+	+		+	+
algas verdes								+			+			+			+	+		+	+
											+			+			+	+		+	+
algas vermelhas								+			+			+			+	+		+	+
														+			+			+	+

Tabela 11 - Tipo de cobertura e abundância observada. + até 20% de cobertura; ++ entre 20% e 40% de cobertura; +++ entre 40% e 60% cobertura. A - betão simples; B - betão com lama; C - betão com borra de café.

A partir de 50 observações distribuídas ao acaso por um período de três meses (Tab. 12), quantificou-se o número de indivíduos e de espécies presentes.

Observações	A									B									C									Similaridade (SI)		
	Espécies									Espécies									Espécies									A-B	A-C	B-C
	a	b	c	d	e	f	g	h		a	b	c	d	e	f	g	h		a	b	c	d	e	f	g	h				
1			2					0,0		4						0,0		3	1					0,6	1,0	0,7	0,7			
2			2					0,0		5						0,0		2	1					0,6	1,0	0,7	0,7			
3			3					0,0		3	1					0,6		5	1					0,5	0,7	0,7	0,5			
4			5	1	1			0,8		5	1		1			0,8		6	2					0,6	0,7	0,8	0,4			
5			13	1				0,3		5			1			0,5		4	1	1				0,9	0,5	0,8	0,4			
6			12	1	1			0,5		7	1					0,4		4	2	1				1	0,8	1,0	0,8			
7			2	1	1			1,0		5	1					0,5		7	1					0,4	0,4	0,8	0,5			
8	1		4	2				1,0		3	1					0,6		6	1	1				0,7	0,8	0,7	0,8			
9	1		4					0,5		7	2					0,5		7	1	1				0,7	0,5	0,4	0,8			
10	1		4					0,5		7	2					0,5		7	2	1				0,8	0,5	0,4	0,8			
11	1		6	1				0,7	1	8	2					0,8		6	2	1				0,8	0,3	0,7	0,7			
12	1		6	1				0,7		7	2					0,5	1	8	1	1				0,9	0,4	0,9	0,7			
13	1			1			1	1,1		2			3	1	1,0		4	3		1	1			1	0,7	0,7	1,0			
14			1	1			1	1,1		4	1			2	1,0		2	4	1	1	1,2			1	0,3	0,9	0,9			
15			4				1	0,5		3	3			2	1,1		5	4		1	0,9			1	0,8	0,8	1,0			
16			1				1	0,7		3	1			2	1,0		4	4		1	1			1	1,2	0,8	1,0			
17			5				1	0,5		3	1			2	1,0		4	4		1	1			1	0,8	0,8	1,0			
18							1	0,0		2	1			2	1,1		6	4		1	0,9			1	1,0	0,5	1,0			
19			2				1	0,6		2	1			2	1,1		5	4		1	0,9			1	0,8	0,8	1,0			
20			3				1	0,6		2	2			2	1,1		6	5		1	0,9			1	0,4	0,8	1,0			
21			4				1	0,5		2	2			2	1,1		3	3		1	1			1	0,8	0,8	1,0			
22			2				1	0,6	1	3	2			2	1,3		4	4		1	1			1	0,7	0,8	0,9			
23			2				1	0,6		2	2	1		2	1,4		6	4		1	0,9			1	0,7	0,8	0,9			
24			2				1	0,6		3	2			2	1,1		4	4		1	1			1	0,8	0,8	1,0			
25			4				1	0,5	1	3				1	2	1,3	5	4		1	0,9			1	0,7	0,8	0,6			
26			3				1	0,6		3				1	2	1,0	4	5		1	0,9			1	0,8	0,8	0,7			
27			2				1	0,6		2				1	2	1,1	4	6		1	0,9			1	0,8	0,8	0,7			
28			1				1	0,7		4	1		1	2	1,2		6	3		1	1	1,1		1	0,7	0,7	0,8			
29			1				1	0,7	3	5				2	1,0		7	3		1	1	1,1		1	0,8	0,7	0,6			
30			4				1	0,5	2	2		1		2	1,4		4	2		1	1			1	0,7	0,8	0,9			
31			3				1	0,6		1				1	3	1,0		7	3		1	1	1,1		1	0,8	0,7	0,9		
32			4				1	0,5	3	3				2	1,1		3	3		1	1			1	0,8	0,8	0,7			
33			1				1	0,7		7				1	2	0,8	6	1		1	0,7			1	0,7	0,8	0,7			
34			3				1	0,6		6	3		1	2	1,2		7	1		1	0,7			1	0,7	0,8	0,9			
35			3				1	0,6	1	5	4			2	1,2		5	1		1	0,8			1	0,7	0,8	0,6			
36			2				1	0,6		5	2			2	1,0		5	1		1	0,8			1	0,8	0,8	1,0			
37			3				1	0,6		5	1			1	2	1,1	6	1		1	0,7			1	0,7	0,8	0,6			
38			2				1	0,6		4				1	2	1,0	6	1		1	0,7			1	0,8	0,8	0,7			
39			3				1	0,6		4			1	2	1,0		7	1		1	0,7			1	0,8	0,8	1,0			
40			2				1	0,6		4	1	2			2	1,3	7	1		1	0,7			1	0,7	0,7	0,8	0,6		
41			2				1	0,6	1	2					2	1,1	6			1	0,4			1	0,8	1,0	0,8			
42			1				1	0,7		1	2			1	2	1,3	6			1	0,4			1	0,7	1,0	0,7			
43			1				1	0,7		5	2		1	3	1,2		1			1	0,7			1	0,7	1,0	0,7			
44	1		1				1	1,1	1	4				3	1,0		1	1		1	1,1			1	1,0	0,7	0,7			
45	1		1				1	1,1		3	4	1	1	2	1,5		1			1	0,7			1	0,5	0,8	0,6			
46			1				3	0,6		3	1			2	1,0		1			1	0,7			1	0,8	1,0	0,8			
47			2				1	0,6	1	4	1	1	1	2	1,4		1	1		1	1,1			1	0,6	0,8	0,8			
48			2				1	0,6		4	3			1	3	1,3	1			1	0,7			1	0,7	1,0	0,7			
49			1				1	0,7	1	5				1	2	1,1		1		1	0,7			1	0,7	1,0	0,7			
50			1				1	0,7		5				1	3	0,9		1			1	0,7			1	0,8	1,0	0,8		

Tabela 12 - Espécies e número de indivíduos encontrados nos fragmentos de módulos recifais em 50 observações. H - Diversidade de Shannon-Wiener; SI - índice de similaridade. A - betão simples; B - betão com lamas; C - betão com borra de café. Legenda na pág. seg.

Legenda da tabela 12: a - *Nucella lapillus*
 b - *Ocenebra erinacea*
 c - *Gibbula umbilicalis*
 d - *Monodonta lineata*
 e - *Patella aspera*
 f - *Calliostoma zizyphinum*
 g - *Paracentrotus lividus*
 h - *Anemonia sulcata*

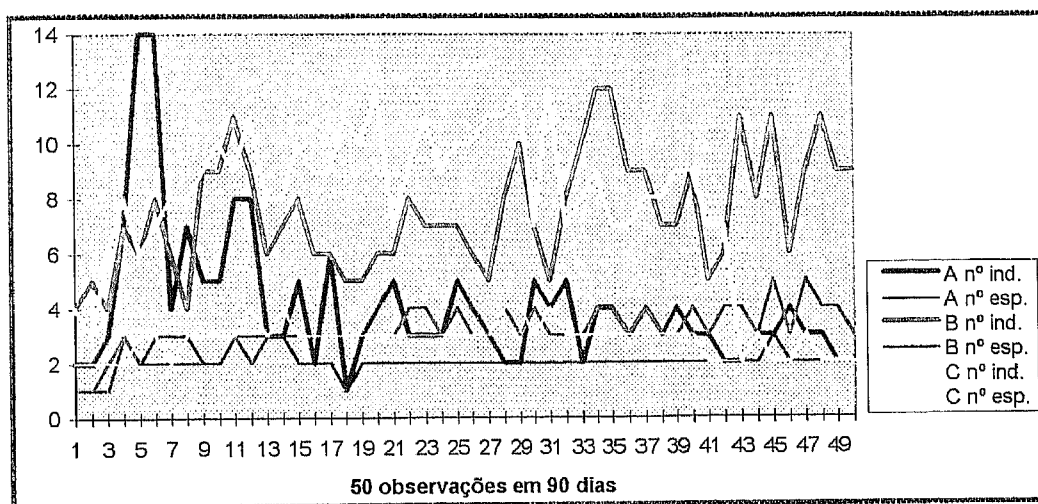


Gráfico 11 - Evolução do número de indivíduos e de espécies ao longo do tempo.
 A - betão simples; B - betão com lamas; C - betão com borra de café.

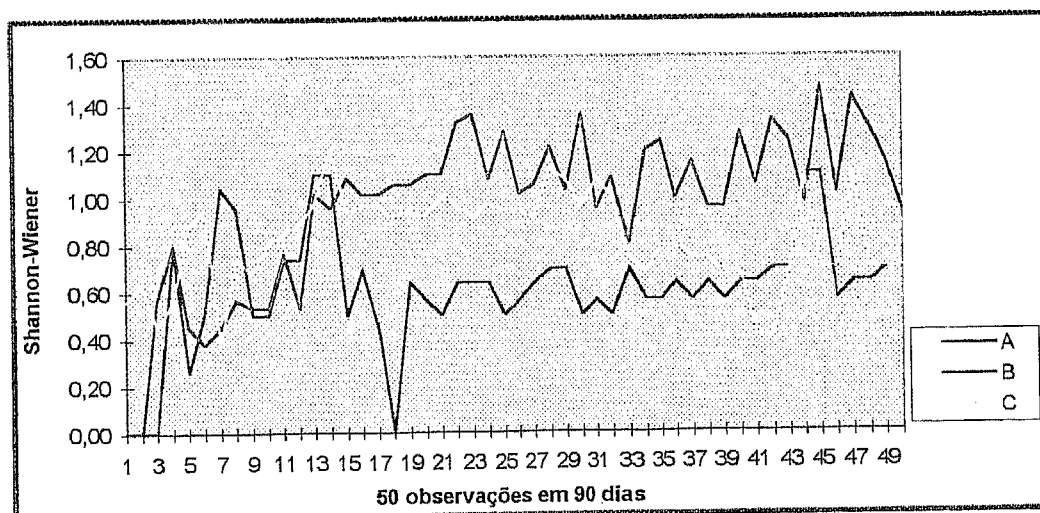


Gráfico 12 - Evolução temporal da diversidade de Shannon-Wiener (H).
 A - betão simples; B - betão com lamas; C - betão com borra de café.

Para o cálculo das médias e desvios padrão foram desprezadas as primeiras quinze observações devido à grande variabilidade que apresentam. A partir da décima sexta amostragem a estabilização dos valores permite já uma melhor análise.

Para o índice de diversidade de Shannon-Wiener obtiveram-se as seguintes médias e desvios-padrão:

A: média = 0,62; desvio-padrão = 0,01

B: média = 1,13; desvio-padrão = 0,16

C: média = 0,85; desvio-padrão = 0,18

As amostras apresentam uma distribuição normal. A análise de variância ANOVA mostrou serem significativamente diferentes ($F_{(2,10)} = 77,97$; $p < 0,001$) (Zar, 1984).

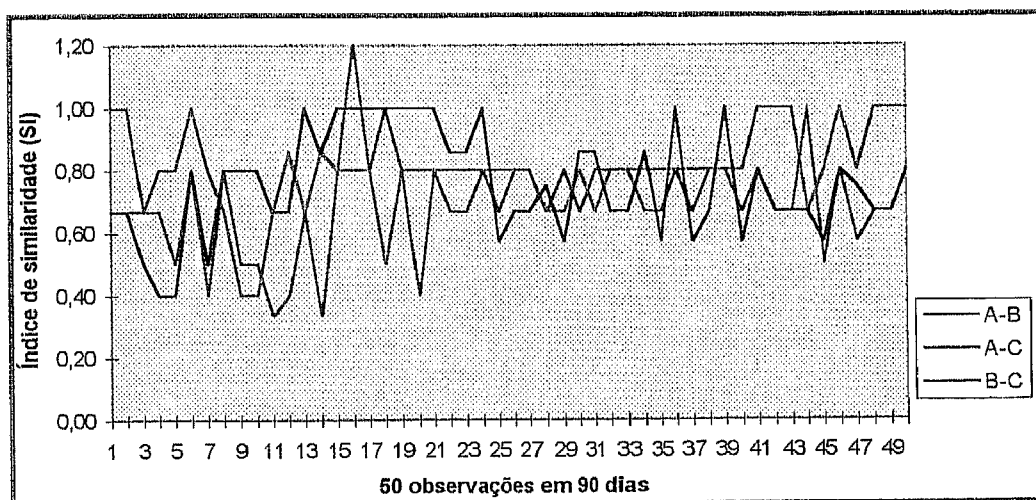


Gráfico 13 - Similaridade (SI) entre as três diferentes composições de betão.
A - betão simples; B - betão com lamas; C - betão com borra de café.

O cálculo dos índices de similaridade (SI) para os pares A-B, A-C e B-C nas cinquenta amostragens conduziu aos valores do gráfico 13 e às seguintes médias e desvios-padrão:

A-B: média = 0,71; desvio-padrão = 0,48

A-C: média = 0,79; desvio padrão = 0,14

B-C: média = 0,76; desvio-padrão = 0,17

A análise de variância ANOVA mostrou não existirem diferenças significativas ($p > 0,05$) entre a similaridade dos três pares testados.

3.3.2 - Discussão

3.3.2.1 - Material e métodos

Este estudo laboratorial teve como objectivo principal observar o crescimento do biofilme de microorganismos na superfície de três fragmentos de módulos recifais com composições diferentes, quer por observação directa, quer indirectamente por controlo da presença nesses fragmentos de animais marinhos da zona intertidal atraídos pela presença desse biofilme.

O estudo em aquário permitiu observar de perto o desenvolvimento da camada primária nos fragmentos de betão com as composições da fase A. O tamanho do aquário e a massa de água que continha (cerca de 120 l) pode ter influenciado os resultados obtidos devido à proximidade física dos fragmentos de betão. Provavelmente um estudo desta natureza, seria mais fiável se fosse utilizado um aquário de grandes dimensões ou então três aquários separados, usando água da mesma procedência e colocados num ambiente semelhante.

3.3.2.2 - Resultados

A colonização de um substrato duro acontece em dois patamares essenciais que variam na sua duração e forma de acordo com as épocas do ano: camada primária e camada secundária (Persoone, 1971).

Os primeiros organismos a aparecer (menos de uma hora), são bactérias cuja fixação a princípio se realiza de uma forma reversível (Berk, Mitchell, Bobbie, Nickels & White, 1981) tornando-se mais tarde irreversível através da secreção de polímeros extracelulares. Poucos dias depois surgem as cianofíceas, sendo substituídas mais tarde pelas diatomáceas. Quando o biofilme bacteriano está bem estabelecido aparecem os protozoários ciliados (Marshall, 1976).

A camada primária é uma forma bastante eficaz de organização biológica microscópica capaz de se adaptar a condições ambientais extremas. Desempenha um papel muito importante na natureza e a sua composição depende das condições ambientais (Flemming, 1990).

A camada secundária forma-se sensivelmente após o primeiro mês de imersão e é caracterizada pela presença de algas multicelulares e invertebrados (Montanari, 1991).

Vários autores consideram a camada primária como um factor determinante na posterior colonização dos substratos porque ajuda à fixação de larvas, é uma fonte de alimentos, modifica as superfícies macias que não são favoráveis à fixação, influencia o potencial químico e eléctrico das superfícies, protege os organismos de alguma substância tóxica que o substrato possa emitir e incrementa a alcalinidade encorajando a fixação de organismos com concha calcária (Zobell, 1939).

O módulo B (betão com lamas) foi o que primeiro evidenciou um biofilme visível composto por bactérias e microalgas (10º dia da experiência), enquanto que para o

módulo C isso só aconteceu ao 35º dia da experiência e no módulo A ao 42º dia. Foi nos módulos enriquecidos com matéria orgânica que o aparecimento do biofilme se deu mais cedo e cobriu uma maior área (Tab. 11).

O número de indivíduos presentes nos módulos, após as primeiras quinze observações, período de adaptação dos organismos ao novo ambiente e cujos dados apresentam uma grande variabilidade, foi sempre superior nos módulos com matéria orgânica do que no módulo de betão simples. A partir do trigésimo dia da experiência o número de indivíduos presentes no módulo B (betão com lamas) foi sempre superior ao número presente nos outros dois (Gráf. 11). A explicação para estas evidências encontra-se provavelmente no facto da naturalização da superfície ser aí mais rápida e eficiente e também por ser este o módulo onde os animais encontravam melhores condições de alimentação.

A diversidade medida pelo índice de Shannon-Wiener (H) a partir da décima sexta amostragem, altura em que os valores apresentam um padrão susceptível duma melhor análise, é sempre superior no módulo B do que nos outros dois. A diversidade média para os três tipos de módulos: $H_{\text{médio}} (A) = 0,62$; $H_{\text{médio}} (B) = 1,13$; $H_{\text{médio}} (C) = 0,85$ apresenta diferenças que a análise de variância ANOVA mostrou serem estatisticamente significativas.

Os valores apresentados para o índice de similaridade (SI), dos três pares testados A-B (betão simples - betão com lamas), A-C (betão simples - betão com borras) e B-C (betão com lamas - betão com borras) são elevados, o que quer dizer que os módulos são algo semelhantes. A análise de variância ANOVA mostrou que os três pares testados (A-B), (A-C) e (B-C) não apresentam diferenças significativas ($p > 0,05$) entre eles em relação à similaridade. Os valores médios para este índice são $SI_{\text{médio}} (A-B) = 0,71$, $SI_{\text{médio}} (A-C) = 0,79$ e $SI_{\text{médio}} (B-C) = 0,76$. Embora as diferenças não sejam estatisticamente significativas é possível hierarquizar os três pares, sendo menos similar o par A-B, a seguir o par B-C e por último o par A-C.

Estes resultados do índice de similaridade poderiam eventualmente ser diferentes e mais expressivos se no seu cálculo entrassem o biofilme e as macroalgas cujo crescimento e área de ocupação é substancialmente diferente nos três módulos (Tab. 11).

3.4 - Dificuldades inerentes às especificidades do projecto

Dado o pioneirismo e o carácter multidisciplinar deste projecto bem como a natureza do meio em que se desenvolveram as partes práticas, foram muitas as dificuldades encontradas. Essas dificuldades prenderam-se sobretudo com a falta de meios próprios e com a falta de colaboração das entidades estatais o que condicionou muito o bom desenvolvimento dum projecto ambicioso como este.

O pedido de financiamento através de bolsa de mestrado formulado ao Programa PRAXIS XXI foi recusado por quatro vezes, embora o júri tenha considerado o projecto de grande qualidade e interesse e lhe tenha atribuído uma nota de 4,5 valores em 5 possíveis. Esta recusa veio prejudicar muito o projecto pois reduziu drasticamente a disponibilidade do autor, que de outra forma se teria dedicado em exclusividade ao projecto. Outra dificuldade não prevista foi a total falta de colaboração das entidades a quem foi solicitada ajuda para o transporte e implantação dos recifes. Assim, os contactos realizados com as diversas instituições mostraram-se infrutíferos, o que demonstra bem que a tão propalada colaboração empresa/universidade é ainda, em Portugal, pura utopia.

A Força Aérea Portuguesa respondeu negativamente ao pedido de colaboração, alegando ser a operação tecnicamente muito complexa e acarretar custos muito elevados, da ordem dos cinco milhões de escudos. Estes argumentos não são muito convincentes, visto que uma empresa privada que efectua serviços com helicópteros, contactada com o mesmo propósito, mostrou-se disposta a efectuar o trabalho e por um custo 10 vezes inferior.

Quanto às outras instituições contactadas, a Administração dos Portos do Douro e Leixões (APDL), a Junta Autónoma do Porto de Aveiro (J.A.P.A), a Capitania do porto do Douro e a Capitania do porto de Leixões, não enviaram qualquer resposta.

Depois das várias diligências tomadas e já descritas para o transporte e afundamento dos módulos recifais, a operação acabou por realizar-se graças à generosidade da empresa "Nautinforme" que usando dos seus conhecimentos no meio marítimo conseguiu disponibilizar um navio e uma tripulação em dia de folga para realizar sem custos uma tarefa que sucessivas entidades que deveriam estar ao serviço da sociedade se recusaram fazer.

Como é do conhecimento geral as condições do mar na costa norte de Portugal são muitas vezes difíceis tornando o mergulho impraticável. Outras vezes embora com o mar relativamente calmo, a visibilidade é muito deficiente inviabilizando qualquer trabalho subaquático. Estas razões, embora já conhecidas e previstas pelo autor, vieram tornar ainda mais claro que um estudo a realizar no mar requer total disponibilidade e exclusividade a quem pretende cumprir um plano de monitorização, já que a flexibilização das datas e hora dos mergulhos de amostragem só é praticável com a total disponibilidade dos meios técnicos e humanos.

Outras contrariedades previstas como pesca nos recifes e suas proximidades por pescadores oriundos de outras comunidades, inexistência de legislação adequada a esta situação inovadora, caça submarina e vandalismo ou roubo dos meios de sinalização, não se vieram a concretizar, pois as boas relações com os pescadores da zona e as diligências efectuadas junto das autoridades marítimas garantiram uma certa segurança.

3.5 - Impacto social do projecto

Na população local

Acompanhado com interesse e curiosidade desde a primeira hora, este projecto suscitou os mais díspares comentários. A comunidade piscatória, céptica quanto aos resultados dum projecto desta natureza mostrou-se a princípio renitente a colaborar. O primeiro pescador contactado para efectuar o transporte dos módulos para o local de implantação, não se recusando a prestar esse serviço foi adiando sucessivamente a sua realização.

Esta atitude por parte dos homens do mar pode ser explicada por uma resistência a tudo o que é novo e a uma desconfiança a estranhos que intervêm no elemento onde exercem a sua profissão. Aliás, esta atitude de posse manifestada pelos pescadores em relação ao mar, prende-se com a natureza da própria actividade que é a última representante nos nossos dias duma relação ancestral do homem com a natureza, a de colector e predador.

O facto dos pescadores terem consciência de que a sua actividade pode ser prejudicada pela intervenção de terceiros no mar, na verdade tão legítima quanto a deles próprios, leva a uma animosidade latente para os estranhos à profissão. Já a sentiram mergulhadores, pescadores desportivos e, com menor intensidade pois não entram em competição com a actividade da pesca, biólogos marinhos. As actividades desenvolvidas por estes últimos geram uma curiosidade que quando bem gerida pode conduzir a uma profícua cooperação.

Durante a realização deste trabalho vários pescadores foram convidados a colaborar e vários o fizeram. Muitas vezes era notório um certo mal-estar quando eram abordados junto dos companheiros e surgiam várias desculpas para não colaborar, evitando assim comentários jocosos e inconvenientes por parte dos outros. Outras vezes era a própria vontade de afrontar os companheiros que os levava a colaborar, num comportamento também típico destas comunidades.

Duma maneira geral o bom relacionamento mantido com a comunidade piscatória local permitiu uma ampla colaboração desta, podendo afirmar-se que ao longo das várias fases do projecto sensivelmente metade da comunidade esteve directa ou indirectamente envolvida nele.

Em Janeiro de 1999, os promotores deste projecto foram confrontados com queixas por parte de um pescador local de serem os responsáveis pela alagem e posterior confiscação pela polícia marítima de artes de pesca que se encontravam a cerca de 50 m do local de implantação dos recifes e que portanto não estariam a infringir a proibição de pesca no local. Mais tarde, na Capitania do porto do Douro, foi esclarecido pelo responsável do projecto que o verdadeiro motivo da apreensão das redes se prendia com o facto de não estarem identificadas com o nome e número de registo da embarcação a que pertenciam o que é obrigatório por lei. Nessa altura realizaram-se contactos com as autoridades marítimas no sentido de ser perdoada a coima e entregues as redes ao pescador em nome do bom relacionamento que se impunha com a comunidade.



No meio empresarial

Em 19 de Novembro de 1997 e 2 de Dezembro de 1998 foram publicadas na imprensa, respectivamente no “Jornal de Notícias” e “O Primeiro de Janeiro”, reportagens sobre este projecto. Esses artigos incluíam fotografias dos módulos recifais da fase A, que nessa altura ainda se encontravam em terra.

O projecto suscitou então a curiosidade de empresários do sector de pré-fabricados em betão. Duas semanas mais tarde os promotores do projecto foram contactados pela empresa “Concretex” de Aveiro no sentido de se realizar uma reunião com a finalidade de estudar formas de colaboração. Nessa reunião realizada ainda no mês de Janeiro a direcção da empresa colocou-se à disposição para prestar colaboração técnica e para montar cofragens e fabricar módulos experimentais.

Como por essa altura os módulos já estavam construídos e não se pensava construir mais nenhuns, essa colaboração não chegou a concretizar-se, abrindo-se no entanto portas para uma cooperação futura.

No público em geral

Para promover a divulgação do projecto em particular e a tecnologia dos recifes artificiais em geral, montou-se um pequeno recife num dos aquários da Estação Litoral da Aguda. Para isso usaram-se três módulos sobrantes da fase A deste projecto que foram montados numa posição estratégica no aquário de maiores dimensões em exposição na ELA. Este recife foi ocupado por alguns animais desse aquário e ultimamente constitui o abrigo predilecto duma moreia (*Muraena helena*).

Para auxiliar o grande público a compreender os objectivos e o funcionamento de tais estruturas foi elaborado e colocado junto do aquário um painel cuja réplica é apresentada na figura 52. Desta forma mais de 30 000 pessoas tiveram já oportunidade de conhecer o projecto e tomar contacto com a tecnologia dos recifes artificiais.

Está prevista a realização de conferências e de uma exposição na Estação Litoral da Aguda sobre a temática dos recifes artificiais e as perspectivas da sua aplicação em Portugal.

RECIFES ARTIFICIAIS

A pesca em excesso e a poluição costeira têm aumentado. A um crescimento do esforço de pesca com melhores tecnologias e equipamentos, não tem correspondido um incremento das capturas tendo estas diminuído ou estagnado nos últimos anos. Por essa razão foram inventadas tecnologias diferentes no sentido de melhorar a produtividade dos ecossistemas marinhos.

Recifes artificiais são estruturas afundadas que favorecem o desenvolvimento da fauna e flora marinhas.

OBJECTIVOS

- Aumentar a área de colonização para espécies fixas ao substrato (sésseis) e semi-fixas (hemi-sésseis);
- proporcionar uma área de alimentação, reprodução e de refúgio;
- aumentar a biodiversidade;
- melhorar o potencial biológico de zonas pesqueiras;
- favorecer a pesca local pelo aumento das pescarias em quantidade e qualidade.

Os materiais usados não são contaminantes e podem ser organicamente enriquecidos (por ex. com lamas de ETAR's).

Os recifes artificiais são instalados a profundidades onde a penetração da luz permite a fotossíntese das algas e que são acessíveis aos mergulhadores que controlam a sua colonização.

A sequência da colonização começa pelas algas e passa para os hidrozoários e organismos incrustantes como poliquetas e briozoários que atraem equinodermes, crustáceos e moluscos, culminando em espécies de peixes residentes, visitantes periódicos e ocasionais.

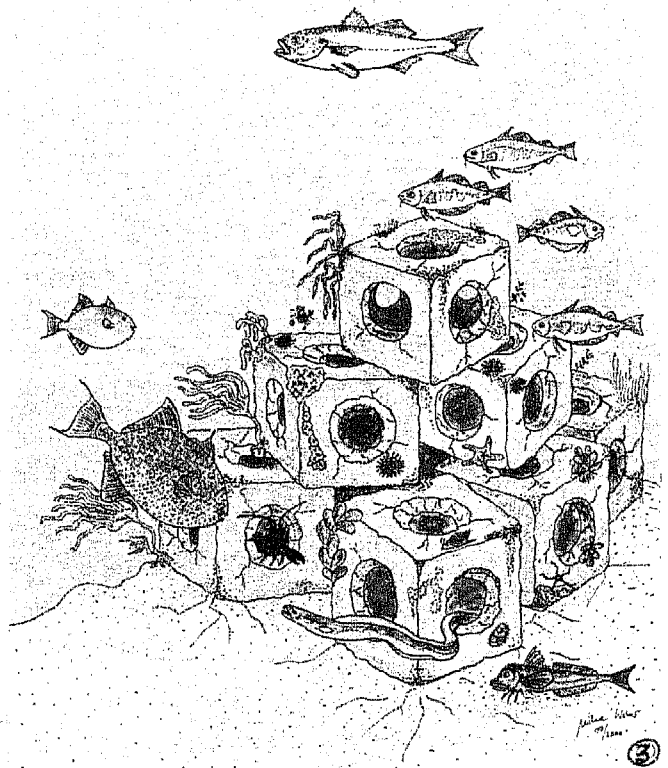
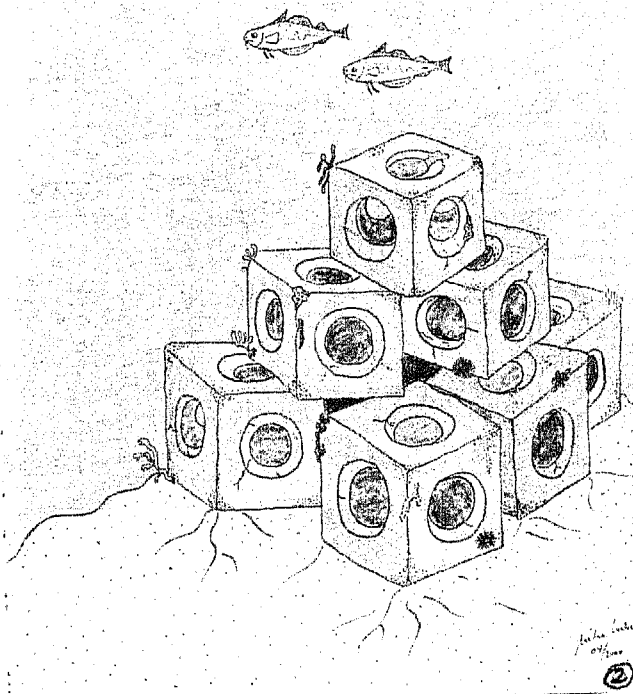
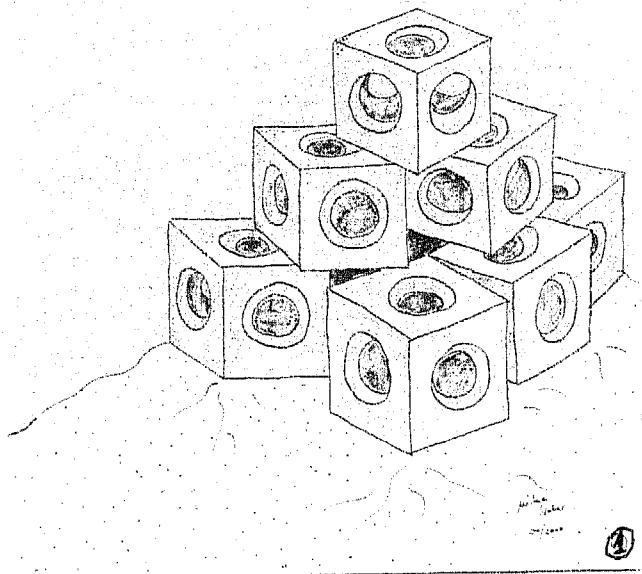


Figura 52 - Painel informativo colocado junto ao aquário que contém o recife artificial.

CAPÍTULO 4

CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE PROSECUÇÃO DOS TRABALHOS

4 - CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE PROSECUÇÃO DOS TRABALHOS

As águas costeiras portuguesas possuem características hidrológicas e físico-químicas que lhes conferem uma alta produtividade, nomeadamente nas zonas e alturas do ano em que ocorrem fenómenos de “upwelling”. Os nutrientes, devido ao grande número de cursos de água que desaguam na costa, também nunca foram um factor limitante. Estas condições permitiram sempre boas pescarias e fomentaram o desenvolvimento de inúmeras localidades piscatórias e portos que alcançaram notoriedade. Os pescadores portugueses têm sido reconhecidos em todo o mundo como óptimos profissionais, destacando-se na pesca do bacalhau, na pesca do atum e na arte do cerco à sardinha.

Todavia as pescas atravessam no país um período de crise com várias causas, das quais a má gestão dos stocks, a falta de fiscalização eficaz, a alteração das condições ambientais e o abandono do sector pelas camadas mais jovens são as principais e as mais vezes citadas.

Com uma costa bastante extensa e uma Zona Económica Exclusiva (Z.E.E.) das maiores entre os países europeus, tem de ser feito um esforço para inverter tal situação.

A tecnologia dos recifes artificiais tem uma grande aplicabilidade no nosso país, pois todos papéis reconhecidamente desempenhados por estas estruturas teriam o seu lugar numa gestão integrada e sustentável da zona costeira.

Os recifes artificiais podem ser usados em Portugal como forma de fomentar as pescarias, criando novos *habitats* em locais pouco produtivos e também para proteger espécies economicamente importantes que se encontram em declínio. Podem ser utilizados como forma de prevenir a penetração do arrasto ilegal em zonas interditas a esta arte de pesca, transformando-se assim em instrumentos de gestão das pescas.

Servir como estruturas de defesa costeira é outra das vocações dos R.A.'s que também pode ser posta em prática na costa ocidental portuguesa.

Betões especiais

O betão viu neste trabalho confirmada a sua excelência como material para a construção de módulos de recifes artificiais. Efectivamente, apenas um material com as suas características permite a incorporação de substâncias que forneçam nutrientes ao meio, propósito principal deste trabalho. A homogeneização dessas substâncias no betão, possibilita a gradual libertação dos nutrientes ao longo do tempo.

O estudo incidiu sobre a incorporação no betão de dois tipos de substâncias, fontes de matéria orgânica e de nutrientes, que são subprodutos da indústria: borras de café e lamas de depuração de esgotos domésticos. Os resultados deixam antever, no entanto, que a incorporação de nutrientes com outra origem, nomeadamente fertilizantes químicos, sólidos ou líquidos, não é de excluir, constituindo uma linha de investigação com interesse no futuro.

Os produtos testados apresentam a vantagem acrescida de serem de baixo custo e de, pela sua natureza, contribuírem para uma maior porosidade e rugosidade das superfícies do betão, o que constitui um factor potenciador da colonização biológica.

Os módulos de betão são colonizados rápida e eficientemente e a incorporação de lamas de ETAR no betão mostrou ser fundamental na aceleração dessa colonização.

Conforme se observou no estudo efectuado em laboratório, os módulos fabricados com inclusão de 12% de lamas foram aqueles onde o aparecimento da camada primária de biofilme foi mais rápido e onde cobriu maior superfície.

Na fase B deste trabalho montaram-se dois recifes no sublitoral, um constituído por módulos de betão com incorporação de lamas de ETAR e outro formado por módulos de betão simples. O recife construído com módulos em cuja composição entraram lamas na proporção de 12% (matéria seca) foi o que apresentou um crescimento mais precoce e acentuado da camada secundária de colonização biológica. Os animais mostraram ter preferência por este recife, que apresentou valores mais elevados para a abundância de organismos e para a diversidade.

A incorporação de lamas de ETAR no betão é fácil e não prejudica acentuadamente a sua resistência constituindo uma tecnologia a ser usada no futuro.

Hoje em dia as lamas de ETAR têm múltiplos aproveitamentos, já não sendo um produto de desperdício como há alguns anos atrás. No entanto, e porque as quantidades utilizadas são pequenas, será sempre possível no futuro estabelecer protocolos com câmaras municipais no sentido de se obterem lamas a baixo custo.

Textura superficial dos recifes artificiais

Neste trabalho foi confirmado que a natureza do material não é o mais importante nos R.A.'s mas sim a textura e rugosidade das superfícies.

Foram colocados no sublitoral da praia da Aguda dois semi-módulos de betão simples aos quais foram aplicadas quatro placas de diferentes materiais, reservando-se uma área idêntica (100 cm²) de betão livre. Os cinco materiais (pvc, borracha, madeira, barro e betão) foram observados durante um período de dois meses com o objectivo de verificar as diferenças na colonização biológica das suas superfícies, que após alguns dias de permanência no mar, eram já bastante evidentes.

A colonização de materiais imersos é rápida em zonas de pequena profundidade, onde a luz é suficiente para permitir uma grande eficiência da fotossíntese. Os organismos pioneiros não apresentam grandes preferências em relação à natureza do substrato sobre o qual se desenvolvem, mas sim em relação à textura e rugosidade das superfícies.

O aparecimento das algas verdes foi praticamente simultâneo no betão, na madeira e na borracha, tendo atingido idêntico crescimento. Estes três materiais, embora de constituição muito diferente, eram todos porosos e apresentavam uma superfície rugosa. Os restantes materiais eram os mais lisos dos cinco, tendo as algas aparecido muito mais tarde na placa de barro. Na placa de pvc, que era a que apresentava a superfície mais lisa, não chegaram a crescer durante o período de monitorização.

Estes resultados estão de acordo com o que é afirmado por vários autores, que consideram o betão o material mais apropriado para a construção de recifes artificiais pela natural rugosidade das suas superfícies e facilidade com que pode ser moldado em formas estruturais complexas.

Perspectivas de utilização de recifes artificiais em Portugal

O complexo recifal da costa algarvia, cuja instalação se iniciou em 1990 e se encontra neste momento na terceira e última fase, é o único projecto do género até ao momento no nosso país. Está instalado ao largo da Ria Formosa e é formado por um recife de protecção onde a pesca é interdita e vários recifes de exploração. O seu principal objectivo é a protecção dos juvenis provenientes da laguna (recife de protecção) e o fomento das pescas (recifes de exploração). Dados recentes da monitorização destes recifes indicam que a sua colonização está a ser um êxito, sendo já possível observar-se alguns resultados positivos nas pescas.

A costa ocidental portuguesa e a economia nacional teriam muito a ganhar com a instalação de vários pequenos recifes nas zonas menos produtivas que poderiam ser geridos e explorados por comunidades de pescadores da sua área de influência, supervisionadas pelo respectivo ministério através dos institutos ligados às pescas e ao mar.

Devido à concentração de pescadores e às condições hidrobiológicas, são três as zonas aconselháveis para a instalação de complexos de recifes artificiais na costa norte: a zona ao largo da Ria de Aveiro, os fundos arenosos ao largo da praia da Aguda e o sublitoral em frente a Vila do Conde e Póvoa do Varzim.

No primeiro caso, o recife artificial beneficiaria dos nutrientes provenientes da ria e ofereceria protecção e um *habitat* adequado aos juvenis criados nas suas águas.

Um recife instalado ao largo da Aguda, seria fácil e rapidamente colonizado, como ficou comprovado neste trabalho e poderia ser explorado pela comunidade piscatória local e também pelos pescadores da Afurada e de Espinho.

No terceiro caso, um recife artificial instalado no mar adjacente a Vila do Conde poderia contribuir para a recuperação de uma zona sobreexplorada e servir directamente as comunidades piscatórias sediadas em Angeiras, Vila do Conde e Póvoa do Varzim.

Como obstáculos à implementação destas políticas podem referir-se as dificuldades de associação e as divisões patentes na classe piscatória, bem como o excesso de entidades com competências na gestão do litoral.

Uma melhor definição dessas competências e uma maior capacidade associativa dos pescadores são então necessárias para o êxito de projectos de instalação de recifes artificiais em Portugal.

A par das questões técnicas, as quais são já actualmente bem dominadas, colocam-se as questões logísticas, sendo essencial para o sucesso destes projectos a existência de meios adequados e de um bom planeamento.

A instalação a médio prazo de outros sistemas de recifes artificiais em Portugal, é uma necessidade incontornável. O Plano de Ordenamento da Orla Costeira (POOC), Ovar-Marinha Grande prevê no seu regulamento a instalação de um sistema de R.A.'s, situado ao largo da Costa Nova, com uma extensão de cerca de 40 km e uma área de influência de cerca de 30 km².

A instalação do sistema de recifes nesta zona permite-lhe, à semelhança do complexo recifal da costa algarvia, usufruir do afluxo de nutrientes e de juvenis de espécies ictiológicas proveniente da laguna de Aveiro. É provável que para a instalação deste recife artificial se utilizem os barcos da frota bacalhoeira, já desactivados e que

neste momento asfixiam alguns portos portugueses, tais como Aveiro e Viana do Castelo. Embora a utilização de materiais de oportunidade, na montagem de recifes artificiais, tenha sido durante muitos anos prática corrente, os conhecimentos actuais apontam noutra direcção.

Estudos sobre o funcionamento ecológico dos recifes e do comportamento das espécies, indicam que é preferível a utilização de módulos recifais em betão, concebidos propositadamente com esse fim. Esses módulos devem ser estruturalmente complexos e apresentar formas e texturas adequadas às preferências das espécies que visam fomentar ou proteger.

Mesmo que sejam utilizadas as embarcações desactivadas já referidas para a montagem do recife artificial, aconselha-se a criação de recifes de protecção, feitos com módulos de betão, estrategicamente colocados nas proximidades do recife de exploração. A colocação de conjuntos de módulos de betão intercalados com as carcaças das embarcações é também de aconselhar para que se obtenha o melhor desempenho da estrutura.

Utilizar recifes artificiais como obras de defesa costeira, nomeadamente quebramares destacados, optimizando essas estruturas de forma a se inserirem bem na paisagem e de modo a que as suas partes imersas constituam abrigo e protecção para as espécies marinhas é também um desafio futuro.

A utilização de formas geométricas na construção de obras de defesa costeira, quer na pedra natural quer nas cofragens do betão, não favorece a integração destas estruturas no ambiente. Contrastam demasiado com a rocha natural envolvente e não respeitam a orientação da sua estratificação.

Seria desejável que nestas obras fossem utilizadas cofragens com formas não geométricas, com altos e baixos relevos e que introduzissem sulcos com orientação paralela à fissuração natural da rocha nessa zona. Técnicas já utilizadas de modelação do betão, imitando rocha natural, postas em prática na decoração de aquários e parques temáticos, deveriam ser usadas nas obras de defesa costeira para minimizar o seu impacto no ambiente e maximizar a colonização biológica destas estruturas.

Devido à crescente ocupação da costa e à subida do nível médio das águas do mar, é previsível que haja necessidade de construir mais obras de defesa costeira no nosso país. Será de todo o interesse continuar os estudos sobre a colonização de estruturas artificiais pelos seres vivos marinhos, para que no futuro sejam conciliadas numa só obra as vantagens da implantação de recifes artificiais ao nível do aumento da produção biológica, com as necessidades de defesa costeira.

O futuro quebramar destacado da Aguda, neste momento em fase de adjudicação, poderá vir a ser um exemplo e constituir um campo de testes a este nível, prevendo-se a inclusão de modelos de módulos recifais experimentais e a utilização de baixos relevos na cofragem com o objectivo de criar abrigos para os animais marinhos.

Os conhecimentos e experiência reunidos no decurso da realização deste trabalho no que respeita à forma, à textura de materiais, à facilidade de construção e à adequação às espécies, permitiram avançar com um projecto/protótipo (anexo B) que optimiza o módulo recifal e o torna fácil de construir, transportar e implantar.

Concepção, Construção, Implantação e Monitorização de um Sistema Piloto de Recifes Artificiais

JAIME PRATA DIAS DOS SANTOS



Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
2000

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Concepção, Construção, Implantação e Monitorização de um Sistema Piloto de Recifes Artificiais

Jaime Prata Dias dos Santos

Licenciado em Ciências do Meio Aquático pelo Instituto de Ciências
Biomédicas Abel Salazar (UP)

Dissertação apresentada para satisfação parcial dos requisitos do grau
de Mestre em Engenharia do Ambiente

Realizada sob a orientação do Professor Doutor Fernando Veloso Gomes,
Professor Catedrático da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
e do

Professor Doutor Michael Weber, Professor Auxiliar do Instituto de Ciências
Biomédicas de Abel Salazar da Universidade do Porto

Porto, Outubro de 2000

*...Basta pegar num velho búzio para se perceber distintamente a grande voz do mar. Criou-se com ele e guardou-a para sempre.
- Eu também nunca mais a esqueci...*

*Raúl Brandão
"Os Pescadores" 1923*

Agradecimentos

Quero aqui expressar a minha gratidão a todas as pessoas que tornaram possível a concretização deste trabalho.

Ao Professor Doutor Veloso Gomes pelo espírito de abertura com que acarinhou este projecto desde o seu início, pelo apoio a todos os níveis que prestou e pela sua orientação esclarecida. Agradeço ainda os ensinamentos de oceanografia física e de engenharia costeira que me transmitiu e que aumentaram muito os meus conhecimentos nestes domínios permitindo-me ter hoje uma diferente e melhor capacidade de intervenção nestas áreas.

Ao Professor Doutor Michael Weber pela confiança depositada, pela oportunidade das suas críticas e observações, pela ajuda técnica e prática dispensada e pela amizade e incentivo que me deram força nos momentos de desânimo. Agradeço ainda o seu papel na minha formação técnica e científica desde os tempos da licenciatura até ao presente.

Aos meus colegas e amigos, Isabel Cunha e Filipe Areia pelo grande apoio e ajuda prestados muitas vezes em situações de algum risco e grande esforço físico. Aos dois um enorme obrigado.

Ao Hugo Represas, ao Comandante Vasco Murta e à empresa “Nautinforme” sem cuja ajuda desinteressada não teria sido possível realizar parte deste trabalho.

Ao Amadeu Félix pela colaboração na concepção da cofragem e nos trabalhos de construção civil da fase A deste projecto.

À Eng^a. Assunção Abreu dos Serviços Municipalizados da Maia e Directora da ETAR de Parada pela cedência das lamas utilizadas neste trabalho e pela simpatia e disponibilidade com que sempre me recebeu.

Ao pessoal da ELA pelo espírito de entreajuda e colaboração com que sempre me honraram, em especial ao amigo António Oliveira sempre disponível para ajudar quer na invenção e recuperação de artefactos quer no trabalho mais pesado. A todos eles um grande abraço.

Ao Doutor José Carlos Antunes a cedência do barco “Leónida” que permitiu saídas de mar mais frequentes e em melhores condições.

Aos pescadores da Praia da Aguda, Víctor Chilro, arrais da embarcação “A lei de Moisés”, Joaquim Chilro “Kinita”, Fernando Cachola, Bruno Campota e José Chilro, arrais da embarcação “S. Pedro”, pela colaboração prestada em várias ocasiões.

À Esmeralda Miguel do IHRH pela sua simpatia e colaboração e pela sua disponibilidade para resolver os problemas burocráticos que foram surgindo.

À Fundação ELA pela cedência de instalações e do inúmero equipamento usado neste trabalho.

Aos meus pais pela educação que me proporcionaram e que permitiu chegar até este ponto da minha carreira.

A todos o meu grato reconhecimento.

Resumo

Neste trabalho é efectuada uma revisão exaustiva dos conhecimentos relacionados com a tecnologia dos Recifes Artificiais publicados até ao momento, no que respeita a objectivos, materiais usados, zonas de implantação, textura das superfícies, impactes no ambiente, e protecção de determinadas espécies e pescarias.

Com base nestes conhecimentos, foram desenvolvidos e fabricados módulos recifais cúbicos em betão, com os quais se montaram recifes experimentais, que foram implantados no sublitoral ao largo da Praia da Aguda em vários locais.

Pretendeu-se comparar composições diferentes do betão, nomeadamente adicionando-lhe substâncias residuais da indústria com a finalidade de comparar a velocidade de colonização por microalgas, macroalgas e macrobentos.

Os módulos de betão em cuja composição entraram lamas resultantes de tratamento de esgotos domésticos mostraram ser aqueles em cuja superfície se desenvolve mais depressa um biofilme e onde ele se torna mais espesso. Demonstraram ainda ser aqueles em que a cobertura de macroalgas se apresentava mais desenvolvida ao fim de algum tempo e os que evidenciaram maior diversidade e abundância de organismos colonizadores. A adição ao betão de substâncias capazes de fornecer nutrientes localmente parece ser uma opção importante para se obter uma rápida naturalização e uma eficiente colonização de Recifes Artificiais construídos em betão.

Faz-se ainda uma abordagem à aplicabilidade desta tecnologia em Portugal, com referências ao que já foi feito e ao que poderá ser realizado no futuro para bem das pescas e da recuperação do meio ambiente marinho.

Abstract

Artificial Reef technologies are reviewed on a worldwide basis concerning goals, materials, implantation zones, environment impacts and protection of some important species and fisheries.

Based on this knowledge, cubic concrete modules were developed and constructed to build experimental artificial reefs which were placed in the sublittoral zone of Aguda's beach (North Portugal).

The aims were to compare different concrete compositions by the addition of some industrial waste materials and the performance of the colonization by micro and macroalgae and macrobenthos, between the modules built with and without these substances.

The concrete modules containing sludge from a domestic wastewater treatment plant developed a thicker biofilm layer on its surface in a shorter time. They also demonstrated a more intensive and faster growth of macroalgae and a greater diversity and abundance of colonizing organisms.

The addition of substances to the concrete which can release nutrients locally, seems to be a good option in order to obtain a rapid naturalization and an efficient colonization Artificial Reefs.

An evaluation is made of the applicability of this technology in Portugal, reporting what has been done already on this subject and what could be done in the future, for the enhancement of fisheries and the recuperation of marine environment.

Résumé

On a essayé de faire une révision rigoureuse et épuisante, dans cette étude, des recherches les plus récentes qui se rapportent à la technologie des récifs artificiels on ce qui concerne les objectifs, matériels utilisés, l'impact à l'environnement, la texture, les zones d'implantation et bien sûr la protection de certaines espèces et ressources marines.

Grâce à ces connaissances, on a développé des modules cubiques en béton pour construire des récifs à l'experimentation. Ceux-ci ont été placés en des différents endroits de la zone côtière, au Nord du Portugal, plus précisément à la plage de Aguda.

On a cherché à faire la comparaison de différentes sortes de béton, en y ajoutant des substances résiduelles issues de l'industrie avec le but de vérifier la célérité du processus de colonisation soit par les micro-algues, macro-algues et animaux macrobenthiques.

Les modules en béton, dont leur composition a reçu des boues issues de la dépuración d'étangs domestiques, ont été justement ceux où s'est accompli très vite un biofilm bien épais. La couverture de macro-algues s'est présentée rapidement comme la plus développée dans ce type de modules, qui ont aussi démontré plus diversité et abondance d'organismes colonisateurs.

Il semble d'être une importante option, ajouter au béton de substances capables de fournir nourrissants, afin d'obtenir une rapide naturalisation et une efficace colonisation de récifs artificiels en béton.

On a réfléchi sur l'usage de cette technologie au Portugal, par rapport à tout ce qu'on a déjà fait dans ce domaine et encore au développement à suivre dans l'avenir, pour le grand succès des pêches et la pleine sauvegarde de l'environnement marin.

ÍNDICE GERAL

PÁGINA

Resumos.....	VI
Lista de figuras.....	1
Lista de gráficos.....	3
Lista de tabelas.....	4
 CAPÍTULO 1 - ESTADO ACTUAL DOS CONHECIMENTOS.....	6
1.1 - Introdução.....	7
1.2 - Objectivos dos Recifes Artificiais.....	10
1.2.1 - Recifes Artificiais como estruturas biofiltrantes.....	11
1.3 - Características dos Recifes Artificiais.....	13
1.3.1 - Materiais usados.....	13
1.3.1.1 - O betão nos Recifes Artificiais.....	15
1.3.1.2 - Betões especiais.....	17
1.3.2 - Configuração.....	18
1.3.2.1 - Configuração do módulo.....	18
1.3.2.2 - Configuração do recife.....	21
1.3.3 - Estabilidade.....	22
1.3.4 - Textura.....	23
1.4 - Obras de defesa costeira como Recifes Artificiais.....	24
1.5 - Ecologia dos Recifes Artificiais.....	27
1.6 - A monitorização dos Recifes Artificiais.....	31
1.7 - Recifes Artificiais em Portugal.....	33
1.7.1 - O sistema de recifes artificiais da costa algarvia.....	33
1.7.2 - Instalação de Recifes Artificiais noutras zonas do país.....	39
1.8 - Aspectos legais da instalação de Recifes Artificiais.....	39
1.8.1 - Na União Europeia.....	39
1.8.2 - Em Portugal.....	40
1.9 - Introdução ao projecto.....	40
1.9.1 - Justificação, enquadramento e objectivos.....	40
1.9.2 - Descrição geral.....	43
1.9.3 - Agitação marítima na zona de afundamento.....	44

CAPÍTULO 2 - MATERIAL E MÉTODOS.....48

2.1 - Fase A.....	50
2.1.1 - Material de apoio.....	50
2.1.2 - Concepção e construção dos módulos.....	50
2.1.2.1 - Configuração e cofragem dos módulos.....	50
2.1.2.2 - O betão.....	55
2.1.2.3 - Incorporação de substâncias no betão.....	55
2.1.3 - Local de implantação e transporte dos Recifes Artificiais.....	55
2.1.4 - Afundamento e configuração dos Recifes Artificiais.....	59
2.1.5 - Acompanhamento e monitorização.....	60
2.2 - Fase B.....	63
2.2.1 - Material de apoio.....	66
2.2.2 - Concepção e construção dos módulos.....	66
2.2.2.1 - Configuração e cofragem dos módulos.....	66
2.2.2.2 - O betão.....	68
2.2.2.3 - Incorporação de substâncias no betão.....	68
2.2.3 - Transporte.....	72
2.2.4 - Afundamento e configuração do recife.....	72
2.2.5 - Acompanhamento e monitorização.....	73
2.3 - Estudo laboratorial.....	75
2.3.1 - Material e métodos.....	75

CAPÍTULO 3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....77

3.1 - Fase A.....	78
3.1.1 - Resultados.....	78
3.1.2 - Discussão.....	78
3.2 - Fase B.....	79
3.2.1 - Módulos de betão simples implantados no Verão de 1999.....	79
3.2.1.1 - Resultados.....	79
3.2.1.2 - Discussão.....	81
3.2.2 - Semi-módulos com placas de vários materiais imersos em 1999.....	81
3.2.2.1 - Resultados.....	81
3.2.2.2 - Discussão.....	83
3.2.3 - Testes de resistência ao betão com lamas.....	84
3.2.3.1 - Resultados.....	84
3.2.3.2 - Discussão.....	84
3.2.4 - Recifes implantados em 2000.....	85
3.2.4.1 - Resultados.....	85
3.2.4.2 - Discussão.....	90

3.3 - Estudo laboratorial.....	94
3.3.1 - Resultados.....	94
3.3.2 - Discussão.....	98
3.3.2.1 - Material e métodos.....	98
3.3.2.2 - Resultados.....	98
3.4 - Dificuldades inerentes às especificidades do projecto.....	100
3.5 - Impacto social do projecto.....	101
CAPÍTULO 4 - CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE PROSECUÇÃO DOS TRABALHOS.....	104
ANEXO A - Defesa costeira e recifes artificiais em Portugal - estudo de casos.....	109
1 - Introdução.....	110
2 - Quebra-mares de Castelo de Neiva e da Aguda.....	114
2.1 - O quebra-mar destacado de Castelo de Neiva.....	114
2.2 - O quebra-mar destacado da Aguda.....	116
2.2.1 - Tipo de solução preconizada.....	116
2.2.2 - Localização e forma do quebra-mar.....	116
2.2.3 - Acumulação de areia entre o quebra-mar e a praia.....	118
2.2.4 - Perfil e coroamento do quebra-mar.....	119
ANEXO B - Protótipo de módulo recifal.....	121
ANEXO C - Resultados das análises efectuadas às lamas e à borra de café utilizadas na Fase A e às lamas utilizadas na Fase B.....	124
ANEXO D - Aviso à navegação.....	128
ANEXO E - Inquérito aos pescadores.....	130
REFERÊNCIAS E BIBLIOGRAFIA.....	134
Referências.....	135
Bibliografia.....	150

LISTA DE FIGURAS

Página

Figura 1 - Recife Artificial no Golfo Pérsico (Qatar). Foto de 10/5/97. “Reef Ball Development Group”.....	5
---	---

Capítulo 1

Figura 2 - Progressos na colonização dos R.A.'s do “Kuwait Diving Team”, 6 meses após a sua colocação. (Fot. de 25-2-96).....	9
Figura 3 - Últimos progressos dos mesmos R.A.'s, (Fot. de 12-5-97).....	9
Figura 4 - “F.A.D.” em madeira destinado a agregar lagostas, “casitas cubanas” (adaptado de Seaman & Sprague, 1991).....	13
Figura 5 - “F.A.D.” em cana de bambu, “payao” usado nas Filipinas para a agregação do atum (adaptado de Aprieto, 1988).....	14
Figura 6 - Módulo recifal pré-fabricado em betão (Reef Ball Devl. Group).....	15
Figura 7 - Cofragem em fibra de vidro e interior pneumático para o fabrico de módulos recifais em betão (Reef Ball Devl. Group).....	16
Figura 8 - Módulo recifal em betão pré-fabricado, disponível no mercado em vários tamanhos, para montar recifes artificiais (Reef Ball Devl. Group).....	16
Figura 9 - Relação espacial dos peixes com o recife.....	21
Figura 10 - Módulos recifais com uma plataforma horizontal que lhes confere grande estabilidade (Reef Ball Devl. Group).....	22
Figura 11 - Sentido do fluxo de água das forças de impulsão num módulo recifal (Reef Ball Devl. Group).....	23
Figura 12 - Vista aérea dos primeiros quatro recifes mostrando a erosão em frente aos intervalos. Extraído de Hamer Gardner & Runcie (2000).....	26
Figura 13 - Muitos dos estudos experimentais com R.A.'s foram efectuados com pequenas estruturas concebidas com blocos de construção. Fot. de (U.S National Marine Fisheries service).....	28
Figura 14 - Fundos Marinhos numa zona onde hoje existem R.A.'s (Reef Ball Devl. Group).....	29
Figura 15 - Colonização de recife artificial I (Reef Ball Devl. Group).....	30
Figura 16 - Colonização de recife artificial II (Reef Ball Devl. Group).....	30
Figura 17 - Colonização de recife artificial III (Reef Ball Devl. Group).....	31
Figura 18 - Esquema do complexo recifal algarvio. Adaptado de Santos & Monteiro (2000).....	34
Figura 19 - Localização dos dois primeiros R.A.'s do Algarve (Santos & Monteiro, 2000).....	35
Figura 20 - Alguns aspectos e plano geral do recife de protecção (Santos & Monteiro, 2000).....	37
Figura 21 - Módulos e planta geral dos recifes do Algarve (Eira do Souto, 1993).....	38

Capítulo 2

Figura 22 - Desenhos da cofragem utilizada.....	52
Figura 23 - Aspecto da montagem da cofragem.....	53
Figura 24 - Cofragem da cavidade interna dos módulos.....	53
Figura 25 - Cofragem completa pronta a ser betonada.....	54
Figura 26 - Aspecto dos módulos recifais no momento da descofragem.....	54
Figura 27 - Diagrama de refracção para a praia da Aguda e localização dos recifes.....	56

Figura 28 - Aspecto dos fundos na zona de implantação dos recifes	57
Figura 29 - Outro aspecto dos fundos nessa zona	57
Figura 30 - Transporte dos módulos de Leixões para o local de implantação.....	58
Figura 31 - Operação de afundamento dos módulos recifais.....	59
Figura 32 - As autoridades marítimas tomaram conhecimento do projecto.....	60
Figura 33 - Durante as buscas, ao largo da praia da aguda.....	62
Figura 34 - Levantamento topohidrográfico da praia da Aguda. O “poço da Mourela” encontra-se assinalado com #. IHRH/INAG - 1999.....	64
Figura 35 - Módulo de betão simples colocado no “poço da Mourela” no Verão de 1999.....	65
Figura 36 - Semi-módulo com placas de vários materiais.....	65
Figura 37 - Recolha de dados junto dos módulos afundados no Verão de 1999.....	66
Figura 38 - Cofragem em chapa de ferro usada na construção dos módulos da fase B.....	67
Figura 39 - Aspecto da cofragem completa, pronta a ser betonada.....	68
Figura 40 - Lamas de depuração de esgotos domésticos.....	69
Figura 41 - Paralelepípedos de betão com lamas usados nos testes de resistência.....	70
Figura 42 - Testes de resistência aos betões com quantidades variáveis de lama.....	71
Figura 43 - Recife artificial depois de montado no fundo. Os oito módulos que o constituem estão presos uns aos outros com abraçadeiras de plástico.....	73
Figura 44 - Monitorização dos recifes artificiais. Poço da Mourela, Verão de 2000.....	74
Figura 45 - Aquário onde se efectuou o estudo laboratorial.....	75

Capítulo 3

Figura 46 - Colonização biológica do módulo de betão após 3 meses de permanência no mar... ..	80
Figura 47 - Colonização biológica dos diversos materiais testados. A placa de pvc é a única que não está recoberta por algas verdes.....	82
Figura 48 - Maragotas (<i>Parablennius gattorugine</i>) e uma navalheira (<i>Macropodus puber</i>) no recife artificial quatro dias após a sua implantação.....	91
Figura 49 - Recife B no dia 15 de Julho. As algas verdes estão ainda no início do seu desenvolvimento. Os ouriços (<i>Paracentrotus lividus</i>) são a espécie dominante.....	92
Figura 50 - Recife L no dia 15 de Julho. As algas verdes apresentam-se já bem desenvolvidas. Observa-se um maior equilíbrio nas espécies presentes.....	92
Figura 51 - Recife artificial completamente assoreado. Apenas é possível observar as extremidades das abraçadeiras de plástico que uniam os vários módulos.....	94
Figura 52 - Painel informativo colocado junto ao aquário que contém o recife artificial.....	103

Anexo A

Figura A - Extremidade do molhe norte do porto de Sines, destruída pelo mar.....	110
Figura B - Porto de Sines. Tetrápode de 90 tf projectado pelo mar.....	111
Figura C - Defesa da costa tirando partido dos tómbolos formados pela difracção das ondas, provocada pelo quebra-mar destacado.....	112
Figura D - Quebra-mar longitudinal destacado e respectivo tómbolo de areias, induzido pelo fenómeno de dupla difracção das ondas. Vila do Conde.....	112
Figura E - Quebra-mar destacado de Castelo de Neiva. Agosto de 2000.....	113
Figura F - Quebra-mar de Castelo de Neiva. Acumulação de areias a norte (barlamar) do acesso ao quebra-mar, atingindo a cota deste. Agosto de 2000.....	115

Figura G - Quebra-mar de Castelo de Neiva. Areia acumulada a sotamar com a configuração típica de um tómbolo. Agosto de 2000.....	115
Figura H - Implantação prevista para o Quebra-mar destacado longitudinal da Aguda.....	117
Figura I - Formação rochosa natural e tómbolo por ela induzido. Praia de Vila do Conde. Julho de 2000.....	118
Figura J - Tómbolo de areia provocado pela presença de formação rochosa natural. Praia do Marreco. Julho de 2000.....	119

Anexo B

Figura A - Protótipo de módulo para recife artificial. Escala 1 : 20.....	123
---	-----

LISTA DE GRÁFICOS

Página

Capítulo 1

Gráfico 1 - Evolução temporal das algas e das quatro espécies de animais mais representativos (para efeitos de zonação) da zona intertidal, ao longo de 100 dias. Dias Santos, 1996.....	42
Gráfico 2 - Distribuição conjunta altura/rumos de onda ao largo da costa oeste portuguesa. (IHRH, 1988).....	44
Gráfico 3 - Distribuição de períodos e alturas de onda na costa oeste portuguesa. (IHRH, 1988).....	45
Gráfico 4 - Alturas de onda durante os 700 dias de duração do projecto.....	46
Gráfico 5 - Frequência das temperaturas mais significativas.....	46
Gráfico 6 - Estado do tempo durante os 700 dias de duração do projecto.....	47

Capítulo 3

Gráfico 7 - Evolução temporal do número de indivíduos e espécies nos recifes B e L.....	87
Gráfico 8 - Evolução temporal da diversidade nos recifes B e L. H - índice de diversidade de Shannon-Wiener. D - índice de diversidade de Simpson.....	87
Gráfico 9 - A área ocupada pelas macroalgas verdes foi sempre maior no recife L do que no recife B. As algas vermelhas colonizaram o recife L sensivelmente a meio do período de monitorização, nunca chegando a crescer no recife B.....	89
Gráfico 10 - Evolução temporal do comprimento médio das macroalgas nos recifes B e L. As algas verdes apareceram primeiro e cresceram mais no recife L do que no recife B.....	89
Gráfico 11 - Evolução do número de indivíduos e de espécies ao longo do tempo. A - betão simples; B - betão com lama; C - betão com borra de café.....	96
Gráfico 12 - Evolução temporal da diversidade de Shannon-Wiener (H). A - betão simples; B - betão com lama; C - betão com borra de café.....	96
Gráfico 13 - Similaridade (SI) entre as três diferentes composições do betão. A - betão simples; B - betão com lama; C - betão com borra de café.....	97

LISTA DE TABELAS

Página

Capítulo 1

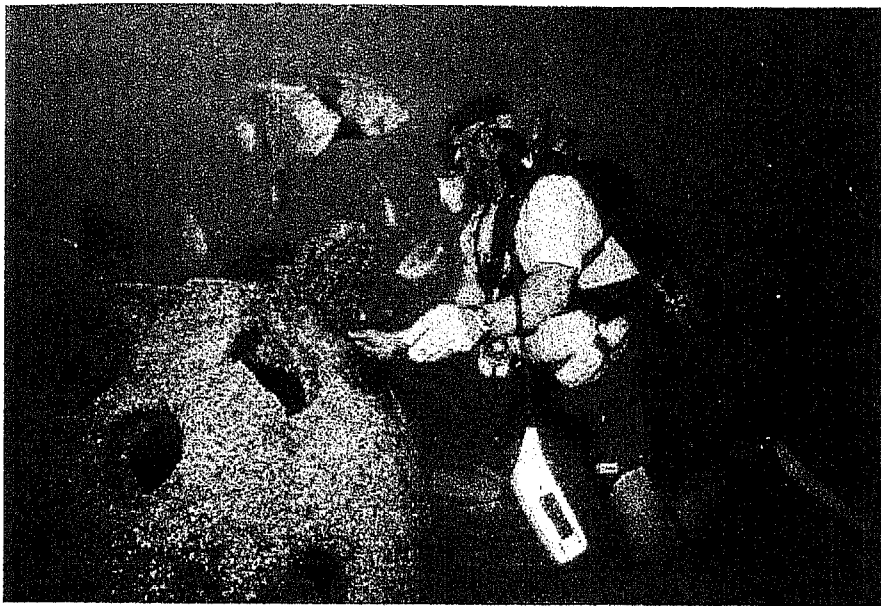
Tabela 1 - Valores das marés em Leixões. Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos (IHRH), 1988.....	44
--	----

Capítulo 2

Tabela 2 - Diferentes composições dos três grupos de módulos.....	55
Tabela 3 - Composição dos paralelepípedos usados nos testes de quebra.....	70
Tabela 4 - Composição dos dois grupos de módulos.....	71

Capítulo 3

Tabela 5 - Espécies e número de indivíduos observados nos módulos imersos no Verão de 1999.....	80
Tabela 6 - Colonização por algas verdes dos diversos materiais testados.....	81
Tabela 7 - Resistência das várias composições de betão relativamente à proporção de lama incluída.....	84
Tabela 8 - Espécies e indivíduos observados no recife B (módulos de betão simples), e respectivos valores dos índices de diversidade de Shannon-Wiener (H) e de Simpson (D).....	85
Tabela 9 - Espécies e indivíduos observados no recife L (módulos de betão com lamas), e respectivos valores dos índices de diversidade de Shannon-Wiener (H) e de Simpson (D).....	86
Tabela 10 - Índices de similaridade entre os recifes B e L.....	88
Tabela 11 - Tipo de cobertura e abundância observada. + até 20% de cobertura; ++ entre 20% e 40% de cobertura; +++ entre 40% e 60% de cobertura. A - betão simples; B - betão com lama; C - betão com borra de café.....	94
Tabela 12 - Espécies e número de indivíduos encontrados nos fragmentos de módulos recifais em 50 observações.....	95



**Figura 1 - Recife Artificial no Golfo Pérsico (Qatar). 10/5/97.
“Reef Ball Development Group”.**

ANEXO A

Defesa costeira e recifes artificiais em Portugal - estudo de casos

1 - Introdução

A costa ocidental portuguesa apresenta um clima de agitação marítima dos mais severos a nível mundial. Se tempestades com ventos ciclónicos e com ondas de grande altura não são muito frequentes, também o não são períodos prolongados de grandes calmarias. As ondas de altura e período médios fustigam continuamente esta costa tendo efeitos mais destrutivos, em termos de erosão das formações geológicas costeiras, do que teriam grandes tempestades ocorrendo pontualmente.

Para ilustrar o que ficou dito, pode tomar-se como exemplo o porto de Sines situado, aliás, numa zona do país que nem é das que possuem um mar mais alteroso.

A extremidade do molhe norte deste porto, constituída por tetrápodes de 70 tf foi destruída alguns anos após a sua construção (Fig. A). Nesse mesmo porto, tetrápodes de 90 tf foram já projectados pelo mar desde a base até próximo do coroamento do molhe (Fig. B).

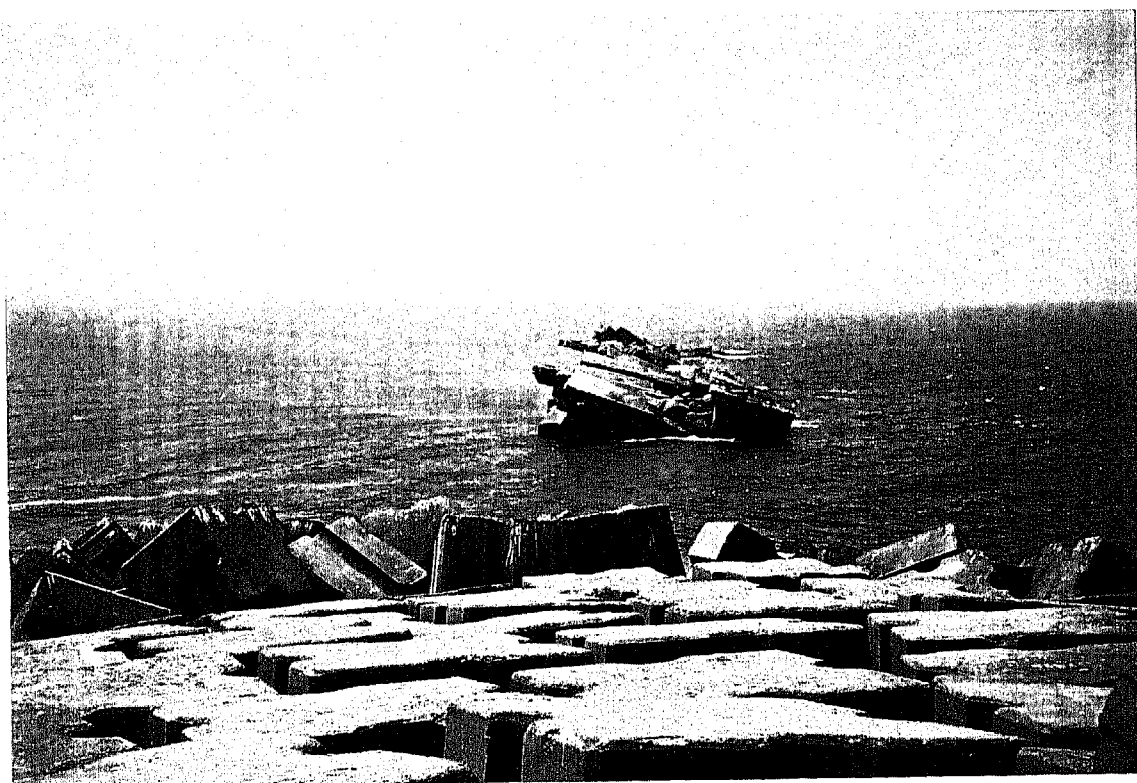


Figura A - Extremidade do molhe norte do porto de Sines, destruída pelo mar.



Figura B - Porto de Sines. Tetrápode de 90 tf projectado pelo mar.

Assim sendo as obras portuárias ou de defesa costeira, para serem eficazes, não podem efectuar grandes cedências a favor da estética ou em prol dos valores naturais, sob pena de não cumprirem os objectivos para os quais são construídas.

Há no entanto muito a fazer para tornar essas obras menos lesivas dos valores naturais e estéticos, sem perderem contudo a sua eficácia, sendo assim menos contestadas pela opinião pública.

No futuro, tal como vem sendo feito em vários países, (Cap.1, 1.4) podem ser usados recifes artificiais constituídos por quebra-mares destacados e galgáveis, para defesa das zonas de costa adjacentes. Com efeito, estas estruturas reduzem bastante a energia com que a ondulação atinge a costa e tirando partido do efeito de difracção das ondas, fomentam acumulações de areia (tômbolos) entre o quebra-mar e a costa que ajudam a essa defesa (Fig. C). São assim conciliadas numa só obra as vantagens da implantação de recifes artificiais ao nível do aumento da produção biológica com as necessidades de defesa costeira.

A ondulação predominante na costa ocidental portuguesa é de NW (Cap.1, 1.9.3). A interposição de obras destacadas paralelas à costa origina acumulações de areia na forma de tômbolos quase perfeitos (Fig. D), ao provocar fenómenos de dupla difracção.

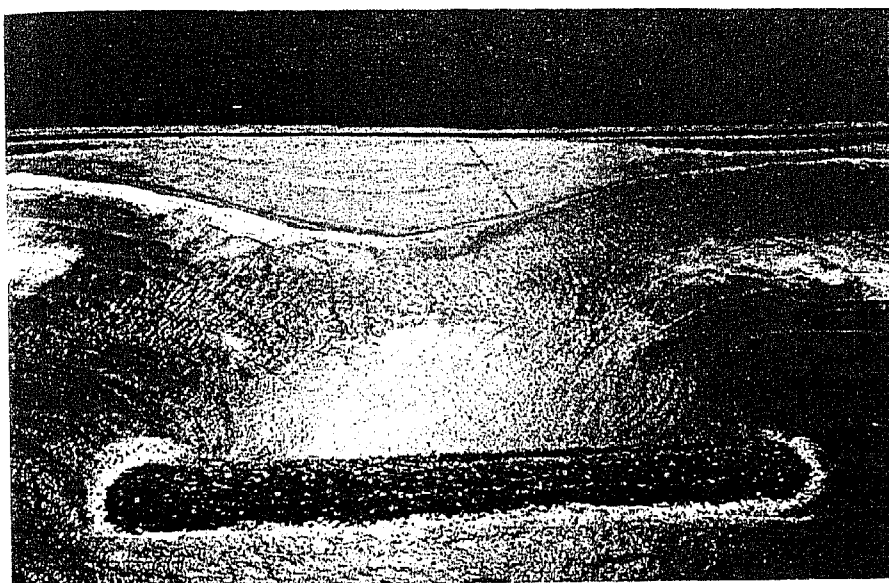


Figura C - Defesa da costa tirando partido dos tómbolos formados pela difracção das ondas, provocada pelo quebra-mar destacado. Norfolk, costa leste de Inglaterra. Extraído de Hamer, Gardner & Runcie, 2000.



Figura D - Quebra-mar longitudinal destacado e respectivo tómbolo de areias, induzido pelo fenómeno de dupla difracção das ondas. Praia de Caxinas, Vila do Conde.

Da parte dos responsáveis pela construção dessas estruturas vem-se notando uma crescente preocupação em executar projectos mais integrados no ambiente e em acautelar melhor as consequências fisiográficas nas zonas de costa a barlar.

A utilização de formas geométricas na construção de obras de defesa costeira, quer na pedra natural quer nas cofragens do betão, não favorece o enquadramento destas estruturas na paisagem. Contrastam demasiado com a rocha natural envolvente e não respeitam a orientação dos seus estratos e fissuras.

Seria desejável que nestas obras fossem utilizadas cofragens com formas não geométricas, com altos e baixos relevos e que introduzissem sulcos com orientação paralela à fissuração natural da rocha nessa zona.

A colonização natural pelas algas e outros organismos marinhos incrustantes é uma boa aliada do Homem na naturalização destas estruturas artificiais. Porém, essa colonização só é eficiente, constituindo uma mais valia estética, até aos três metros acima do zero hidrográfico (Fig. E). A partir desta cota, não se pode contar com a ajuda dos seres vivos para a integração na paisagem dos quebra-mares, pelo que estruturas com cotas superiores a +3m (Z.H.) permanecerão para sempre em conflito com a paisagem.



Figura E - Quebra-mar destacado de Castelo de Neiva ainda com a cota de coroamento de +4 m (Z.H.). A colonização biológica está já bem desenvolvida mas não ultrapassa a cota de +3 m (Z.H.). Agosto de 2000.

2 - Quebra-mares de Castelo de Neiva e da Aguda

Por serem contemporâneos deste trabalho abordam-se aqui os casos dos quebra-mares destacados de Castelo de Neiva, em fase de conclusão da obra, e da Aguda, em fase de projecto.

Ambos os quebra-mares têm a função de criar uma zona abrigada para os barcos da pesca local se fazerem ao mar em condições de segurança. Como complemento espera-se que contribuam em certa medida para a defesa da costa nesses locais ou pelo menos que não agravem a erosão já existente.

Os técnicos optaram por projectar e construir quebra-mares destacados, para permitir o trânsito das areias, evitando a sua acumulação a barlar e a erosão a sotamar, como tem acontecido em várias zonas do país onde se optou por obras transversais.

A necessidade de se manter um acesso a terra e o período, muitas vezes longo, de duração das obras faz com que durante a construção de um quebra-mar destacado, na prática, exista no terreno uma obra transversal.

Isto permite estudar o que aconteceria no local se se tivesse optado por uma obra transversal, bem como observar o comportamento das praias a sotamar.

2.1 - O quebra-mar destacado de Castelo de Neiva

Em Castelo de Neiva, cerca de dois anos após o início das obras é visível a grande acumulação de areias a barlar (Fig. F), devido à interrupção do trânsito de areias para Sul.

Existe também um crescente depósito de areias (tômbolo) a sotamar (Fig. G), aqui devido ao efeito de difracção das ondas causado pelo quebra-mar destacado longitudinal.

Com o desmonte do acesso prevê-se que deixe de existir acumulação de areia nas cotas superiores da praia, pois o seu trânsito é restabelecido.

Todavia, a acumulação de areia a sotamar, que já se verifica, deixa antever que existem condições para a formação de um tômbolo. No futuro, o desenvolvimento desta estrutura, dependendo das dimensões que alcance, pode obrigar a dragagens ou a alterações na forma como os barcos se fazem a terra.



Figura F - Quebra-mar de Castelo de Neiva. Acumulação de areias a norte (barlamar) do acesso ao quebra-mar, atingindo praticamente a cota deste. Agosto de 2000.



Figura G - Quebra-mar de Castelo de Neiva. Areia acumulada a sotamar com a configuração típica de um tómbolo. Agosto de 2000.

2.2 - O quebra-mar destacado da Aguda

Para a praia da Aguda encontra-se na fase de projecto um quebra-mar destacado, já esperado desde 1935, ano em que se fizeram as primeiras sondagens para a construção do então denominado “Portinho da Aguda”.

Toda a zona, na área de influência do quebra-mar, se encontra num processo de revitalização e têm sido realizados importantes investimentos nas Praias da Aguda e da Granja (instalação da Estação Litoral da Aguda e da Estação Elevatória de Águas Residuais, construção e reconstrução de moradias de veraneio e de habitação permanente, reconstrução do Parque da Aguda, recuperação da rede viária e ampliação das Piscinas Municipais da Granja) pelo que a defesa costeira se justifica mais ainda na actualidade do que no passado, não só pela actividade piscatória mas também para acautelar pessoas e bens.

2.2.1 - Tipo de solução preconizada

A opção de construir um quebra-mar destacado parece ser a mais correcta. Há uma menor interferência com o transporte de sedimentos de Norte para Sul, evitando-se assim alterações fisiográficas significativas nas praias a sul e acautela-se a segurança dos cidadãos, pois um quebra-mar com ligação a terra poderia ser fonte de acidentes com pessoas que inevitavelmente o utilizariam de forma menos responsável.

2.2.2 - Localização e forma do quebra-mar

A localização proposta para o quebra-mar, aliás próxima da preconizada pelos pescadores através da colocação de bóias (Fig. H), parece ser a melhor alternativa, mas no entanto insuficiente, para cumprir os objectivos de protecção de bens e pessoas (ver ponto 2.2), bem como para cumprir os objectivos de intervenção para a Unidade Operativa de Gestão UOPG nº14 do “Núcleo Antigo da Aguda” do Plano de Ordenamento da Orla Costeira (POOC) Caminha-Espinho, no seu Programa de Execução e Plano de Intervenção.

Não deveria ser desperdiçada a oportunidade de defender toda esta zona, nomeadamente estruturas importantes cuja edificação foi autorizada na perspectiva da construção de uma obra de defesa, que com a solução de implantação preconizada não ficarão totalmente protegidas.

Por estas razões seria conveniente um prolongamento do quebra-mar para Sul, até junto da última bóia colocada pelos pescadores (Fig. H).



Figura H - Implantação prevista para o quebra-mar destacado longitudinal da Aguda.

2.2.3- Acumulação de areia entre o quebra-mar e a praia

A difracção das ondas provocada pela presença do quebra-mar irá concerteza originar um tómbolo de areia entre esta estrutura e a praia. Tal situação, a acontecer, embora benéfica em termos de defesa costeira comprometeria definitivamente a pesca naquela localidade, pois o canal de navegação ficaria assoreado, dificultando a saída dos barcos para o largo. Esta situação obrigaria a dragagens periódicas do canal, o que não é desejável pois acarreta custos elevados.

Os pescadores afirmam que isso não vai acontecer, pois as formações rochosas existentes no local apresentam um desenvolvimento paralelo à costa e nunca originaram o assoreamento da zona.

No entanto as formações rochosas existentes no local são galgáveis, permitindo que durante a preia-mar a energia das ondas afaste a areia acumulada entre estas estruturas rochosas e a praia, o que deixará de acontecer com a construção do quebra-mar.

Aliás, são abundantes na costa norte os exemplos de afloramentos rochosos naturais que induzem tómbolos e cuja principal diferença estrutural com as formações rochosas existentes na Aguda está, precisamente, em não serem galgáveis (Figs. I e J).



Figura I - Formação rochosa natural e tómbolo por ela induzido. Praia de Vila do Conde. Julho de 2000.

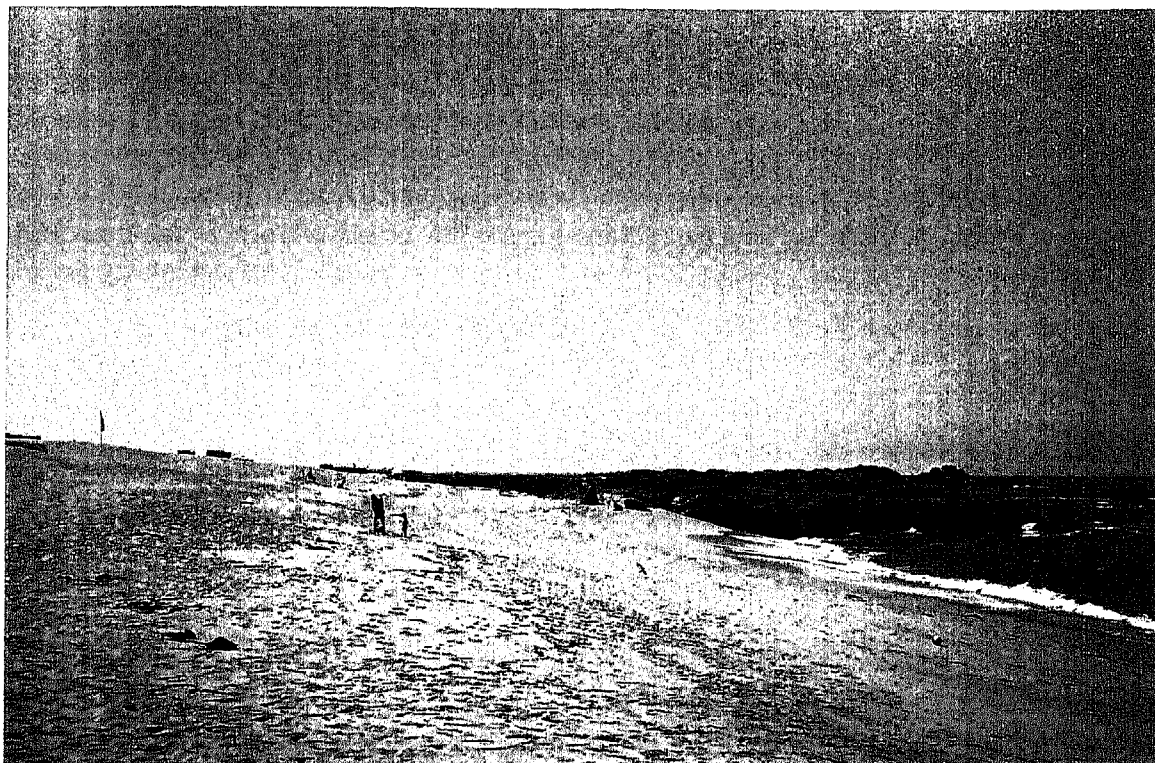


Figura J - Tômbolo de areia provocado pela presença de formação rochosa natural. Praia do Marreco. Norte do concelho de Matosinhos. Julho de 2000.

Por estas razões seria desejável um certo afastamento da costa do quebra-mar em relação ao preconizado, principalmente na sua extremidade norte. Com efeito, devido à curta distância entre o quebra-mar e a praia nesta extremidade, a formação de um tômbolo pode ligá-lo a terra obstruindo o trânsito das areias. Para além do afastamento, aconselha-se a inserção de três tubos de betão de grande diâmetro nesta extremidade, de modo a garantir o trânsito das areias e a permanência de correntes entre o quebra-mar e a praia.

2.2.4 - Perfil e coroamento do quebra-mar

Numa zona urbana e turística como aquela em que se insere a praia da Aguda, qualquer intervenção de defesa costeira terá necessariamente que ser pensada não só em termos de eficácia mas também em termos estéticos e de impacto paisagístico. O resultado final deverá ser portanto o melhor compromisso entre estas duas variáveis.

Embora a colonização biológica nesta zona seja bastante rápida e eficiente, este efeito só se fará sentir sensivelmente até à cota +3 m (Z.H.).

Esta intervenção seria então uma boa oportunidade para iniciar em Portugal a construção de obras de defesa costeira mais integradas na paisagem e com funções múltiplas. Para isso seria necessário baixar a cota de coroamento, permitindo que a

estrutura seja galgada e portanto integralmente molhada. Estruturalmente, devia ser concebida de modo a facilitar a colonização biológica e a assemelhar-se ao afloramento rochoso em que se insere, evitando as formas geométricas (ver ponto1).

O quebra-mar da Aguda tornar-se-ia assim numa obra inovadora e de referência, mostrando que a conciliação da defesa costeira com os valores estéticos e ambientais não é só desejável mas também possível.

ANEXO B

Protótipo de módulo recifal

Os conhecimentos e experiência reunidos no decurso da realização deste trabalho no que respeita à forma, à textura de materiais, à facilidade de construção e à adequação às espécies, permitiram avançar com um projecto/protótipo (Fig. A) que optimiza o módulo recifal e o torna fácil de construir, transportar e implantar.

Este modelo, de custo relativamente baixo apresenta como características principais a utilização de materiais de betão pré-fabricado usados na construção civil e a possibilidade de utilizar betão enriquecido com lamas de ETAR a unir estes materiais e a recobri-los. Apresenta soluções para prevenir em parte o assoreamento e para evitar a utilização de arrasto. Pesa cerca de 2000 kgf e tem dimensões na base de 1,5 x 1,5 m e uma altura de 1,8 m. Pode ser montado em qualquer local, por pessoal não especializado e prescinde de cofragens complexas para a sua construção.

A dupla base confere grande estabilidade ao conjunto (ver Cap. 1, pág.22), facilita o trânsito de areias pelo seu interior e permite em caso de assoreamento que a parte mais importante do módulo continue a ser utilizada pelos seres vivos.

A sua configuração e os vários diâmetros dos tubos incluídos satisfazem as preferências de várias espécies de peixes e também de crustáceos como o lavagante (*Hommarus gammarus*) (ver Cap. 1, págs.18 e 27), nas diversas fases de crescimento.

O custo deste módulo, estimado a preços de 2000, não excede os 175 Euros.

Material necessário:

-2 placas de betão pré-fabricado com 1,5 x 1,5 x 0,15 m, unidas entre si nos cantos por pilares com 0,5 m de altura.

-1 tubo de saneamento em betão pré-fabricado de Ø=0,3m e 1m de comprimento.

-15 tubos de saneamento em betão pré-fabricado de Ø=0,2 m e 1 m de comprimento.

-12 tubos de pvc ou cartão de Ø=0,1 m e 1 m de comprimento.

-12 tubos de pvc ou cartão de Ø=0,05 m e 1 m de comprimento.

-1 viga de ferro em “H” com 2 m de comprimento.

-Betão enriquecido com lamas de ETAR para unir os vários componentes e cobrir toda a estrutura.

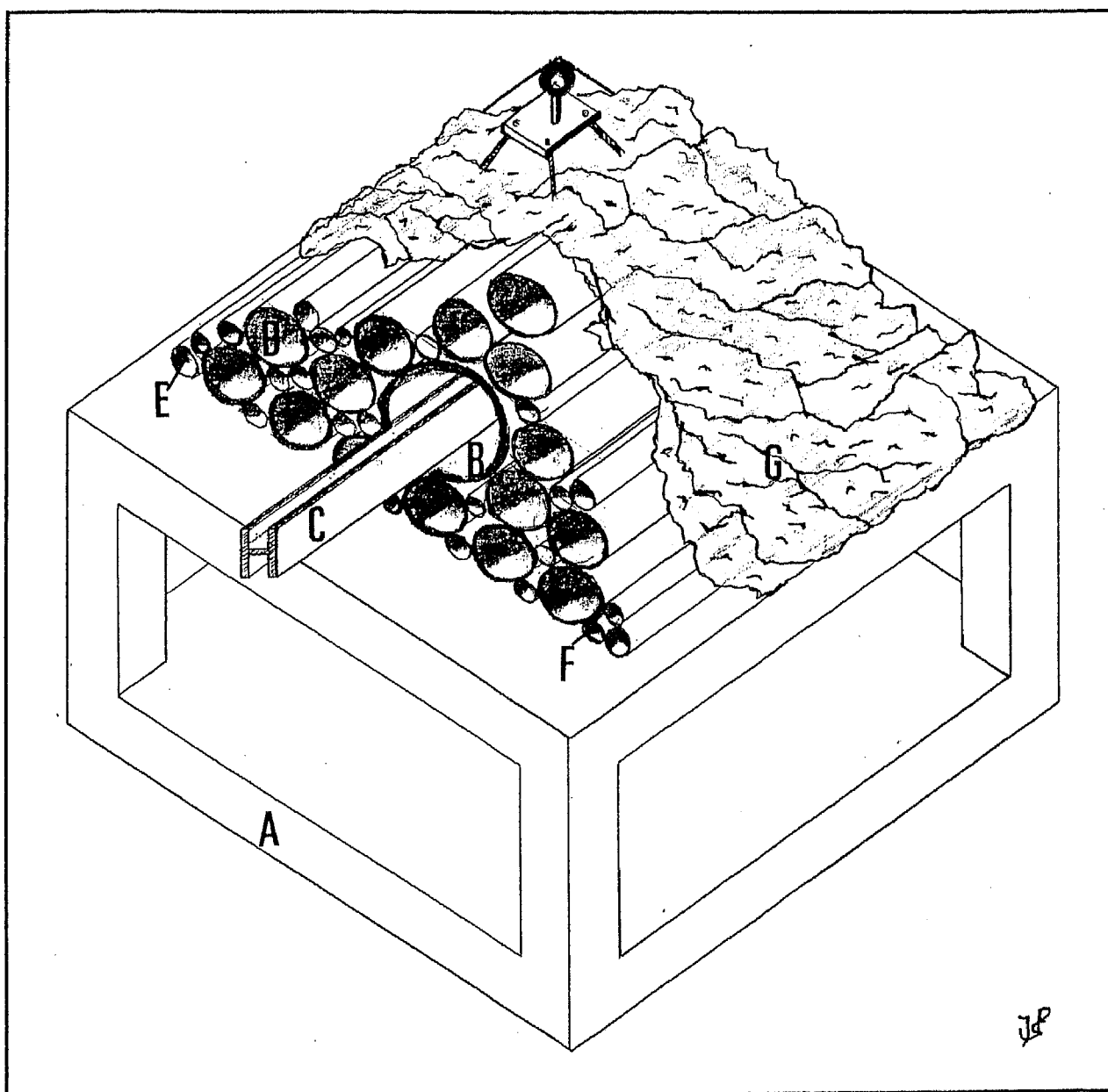


Figura A - Protótipo de módulo para recife artificial. Escala - 1 : 20.

Legenda:

- A - placas de betão pré-fabricado unidas entre si nos cantos por pilares.
- B - tubo de saneamento em betão pré-fabricado de $\varnothing=0,3$ m.
- C - viga de ferro em "H" destinada a romper as redes de arrasto.
- D - tubo de saneamento em betão pré-fabricado de $\varnothing=0,2$ m.
- E - tubo de pvc ou cartão de $\varnothing=0,1$ m.
- F - tubo de pvc ou cartão de $\varnothing=0,05$ m.
- G - betão com lamas de ETAR na proporção de 12 % (matéria seca).

ANEXO C

**Resultados das análises efectuadas às lamas e à borra de café utilizadas
na fase A e às lamas utilizadas na fase B**

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA
DIRECÇÃO REGIONAL DE ENTRE DOURO E MINHO
DIVISÃO DE LABORATÓRIOS
Rua da Restauração, 336
4050 PORTO

Nome: ETAR de Parada (LUSÁGUA), SA

Endereço: Rua Rodrigo Gonçalves Lage
Águas Santas - 4470 MAIA

Produto: Lama (Composto final - 96/03/22) Entrada: 96/03/22

Saída: 96/04/17

Acondicionamento: Saco de plástico N° de Laboratório: 260

DETERMINAÇÕES ANALÍTICAS	RESULTADOS
pH 1:5	5.50
Humidade a 100°C	65.24
Matéria Seca	34.76
Matéria Orgânica (Tinsley)	21.55
Carbono Orgânico	12.50
Azoto Total (Kjeldhal)	0.48
Azoto Amoniacal	0.00
Azoto Nítrico (Mét. Devarda)	0.03
Cloretos (NaCl)	0.04
Fósforo Total (P ₂ O ₅)	0.68
Cálcio Total (CaO)	0.86
Magnésio Total (MgO)	0.06
Potássio Total (K ₂ O)	0.04
Sódio Total (Na)	0.02
Fósforo Solúvel em H ₂ O (P ₂ O ₅)	0.01
Cálcio Solúvel em H ₂ O (Ca)	0.14
Magnésio Solúvel em H ₂ O (Mg)	0.02
Potássio Solúvel em H ₂ O (K ₂ O)	0.02
Sódio Solúvel em H ₂ O (Na)	0.01
Enxofre (S)	0.25
Razão Carbono/Azoto	26
Cobre (Cu)	184
Zinco (Zn)	616
Ferro (Fe)	1974
Manganês (Mn)	144
Crómio (Cr)	63
Cobalto (Co)	vestígios
Chumbo (Pb)	43
Cádmio (Cd)	não detectável
Níquel (Ni)	21
Cond. Eléctrica (1:5)	3.053

Obs: Os valores referem-se à substância original.

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGAÇÃO AGRÁRIA
LABORATÓRIO QUÍMICO AGRÍCOLA REBELO DA SILVA
TAPADA DA AJUDA - 1300 LISBOA - TELEF. 3648201

BOLETIM DE ANÁLISE

REQUERENTE: B 2 A, Lda.		AMOSTRA Nº 508/D	
MORADA: Estrada de Benfica, 746 - 1600 Lisboa		ENTRADA 02/10/96	
IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO: Barras - NESTLÉ AVANCA			
INDICAÇÕES DO ROTULO: <i>Humidos</i>			
ACONDICIONAMENTO DA AMOSTRA:			
RESULTADOS			
Humidade	79,6	%	
Cinza		%	
pH (H ₂ O)	4,9		
Condutividade Eléctrica (mS/cm, 25°C)			
Matéria orgânica - perda por calcinação	97,4	%	
Carbono orgânico (oxidação)		%	
Azoto total, expresso em N	2,8	%	
Azoto amoniacal, expresso em N		%	
Azoto nitrico, expresso em N		%	
Azoto ureico, expresso em N		%	
Azoto orgânico, expresso em N		%	
Fósforo total, expresso em P ₂ O ₅	0,8	%	
Fósforo solúvel em água, expresso em P ₂ O ₅		%	
Potássio total, expresso em K ₂ O	0,2	%	
Cálcio total, expresso em CaO		%	
Magnésio total, expresso em MgO		%	
Sódio total, expresso em Na		%	
Clorofos: expressos em Cl		%	
Enxofre total, expresso em SO		%	
Compostos nítricos		%	
Ácidos nítricos		%	
Ácidos fúlvicos		%	
Relação C/N	20	%	
Ferro total, expresso em Fe			ppm
Cobre total, expresso em Cu			ppm
Zinco total, expresso em Zn			ppm
Manganés total, expresso em Mn			ppm
Boro total, expresso em B			ppm
Níquel total, expresso em Ni			ppm
Crómio total, expresso em Cr			ppm
Cádmio total, expresso em Cd			ppm
Chumbo total, expresso em Pb			ppm

NOTA: Resultados reportados à matéria seca

Preço da análise: 4.388 Esc. (n/IVA incluído)

Lisboa, 27 de Outubro de 1994

O Analista

O Responsável

Manuela Rodrigues

Ulisses Cintra

RESULTADOS DO CONTROLE ANALÍTICO DA LAMA ANO 1999
(JANEIRO - DEZEMBRO)

LAMA (Valores relativos a matéria original)

Parâmetros analíticos	LAMA 14,1 REF166	LAMA 11,2 REF 512	LAMA 16,3 REF 986	LAMA 23,4 REF 1433	LAMA 23,6 REF 1801	LAMA 14,9 REF 2417	LAMA 7,10 REF 2606	LAMA 19,11 REF 3100	MIN	MAX	MEDIA	MEDIANA	DESVIO PADRÃO
pH (3.3)	9,15	9,3	6,75	8,7	8,5	8,3	7,5	7,4	6,75	9,30	8,31	8,60	0,85
Humidade (%)	79,35	73,91	27,55	77,78	86,77	57,73	81,4	81,2	27,55	87,78	75,47	79,28	17,76
Matéria seca (%)	22,64	25,09	72,45	22,22	13,23	42,22	18,60	18,83	12,22	72,45	28,53	20,73	17,76
Matéria orgânica (insley) (%)	9,42	11,83	11,45	12,52	10,70	9,58	9,26	9,24	5,24	12,52	10,50	10,14	1,22
Carbono orgânico (%)	5,46	6,86	6,64	7,26	6,21	5,56	5,58	5,36	5,36	7,26	6,12	5,90	0,63
Azoto Total (Kjeldahl) (%)	1,17	1,21	0,44	1,01	0,89	0,80	0,86	0,80	0,44	1,21	0,90	0,88	0,23
Azoto Ammoniacal (%)	0,11	0,12	0,01	0,14	0,17	0,09	0,09	0,06	0,01	0,17	0,10	0,10	0,05
Azoto Nitrico (Met Devarda) (%)	0,11	0,12	0,01	0,14	0,18	0,14	0,11	0,09	0,01	0,18	0,11	0,12	0,05
Cloretos, (NaCl) (%)	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fósforo, (P2O5) (%)	0,59	0,72	0,47	1,06	0,73	0,74	0,70	0,57	0,47	1,06	0,70	0,71	0,15
Potássio, (K2O) (%)	0,05	0,06	0,11	0,10	0,05	0,05	0,06	0,07	0,05	0,11	0,07	0,06	0,02
Cálcio, (Ca) (%)	0,78	0,91	0,89	1,33	0,81	1,03	0,81	0,72	0,72	1,33	0,91	0,85	0,18
Magnésio, (MgO) (%)	0,11	0,12	0,22	0,11	0,11	0,12	0,11	0,10	0,10	0,22	0,13	0,11	0,04
Sódio, (Na) (%)	0,04	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,04	0,02	0,02	0,01
Razão C/N	5	5	15	7	7	7	6	7	5,00	15,00	7,38	7,00	3,00
Condut.(1:5) mmhos/cm	3,075	3,116	1,538	5,248	5,740	4,182	3,239	2,378	1,54	5,74	3,56	3,18	1,32

LAMA (Valores relativos a matéria original)
METAIS PESADOS

Parâmetros analíticos(ppm)	LAMA 14,1 REF166	LAMA 11,2 REF 512	LAMA 16,3 REF986	LAMA 23,4 REF 1433	LAMA 23,6 REF 1801	LAMA 14,9 REF 2417	LAMA 7,10 REF 2606	LAMA 19,11 REF 3100	MIN	MAX	MEDIA	MEDIANA	DESVIO PADRÃO
Cobre	94	115	47	116	112	77	69	71	47,00	116,00	87,63	85,50	23,92
Manganês	75	76	55	72	55	43	43	49	43,00	76,00	68,50	55,00	13,02
Níquel	47	42	<20	24	21	11	9,8	15,0	9,80	47,00	24,26	21,00	15,12
Cobalto	25	18	<20	7,2	<5	<4,3	<4,4	<5,7	7,20	25,00	16,73	18,00	9,26
Crômio	31	41	24	54	38	18	26	24	18,00	54,00	32,00	28,50	10,97
Chumbo	25	37	<67	41	25	20	19	26	19,00	41,00	27,57	25,00	11,62
Cádmio	<0,9	<1,2	<3,4	<1,2	1,7	<1,0	<1,0	<0,9	1,70	1,70	1,73	1,70	0,56
Ferro	2044	2791	3624	2740	2547	1993	2550	2858	1993,00	3624,00	2544,83	2645,00	480,03
Zinco	261	372	146	322	277	253	261	242	146,00	372,00	256,75	251,00	50,91

ANEXO D

AVISO À NAVEGAÇÃO

CAPITANIA DO PORTO DO DOURO

AVISO À NAVEGAÇÃO LOCAL Nº 090/98

Capitão-de-mar-e-guerra JÚLIO DE ALMEIDA MARINHO Capitão do Porto do Douro, no uso das competências que lhe são conferidas pelo artº 3º do Dec. Lei nº 265 / 72, de 31 de Julho, torna público o seguinte:

De acordo com o estabelecido no "Projecto de Recifes Artificiais", o Centro de Coordenação da Estação Litoral da Aguda procedeu à instalação ao largo da praia da Aguda de três grupos de módulos recifais com o volume aproximado de um metro cúbico cada.

Os módulos foram colocados na posição 41º 02'.7 N e 8º 39'.4 W, a uma distância de costa de 0,25 Milhas e a uma profundidade de 7 metros em relação ao Z. H., estando assinalados com bóias amarelas.

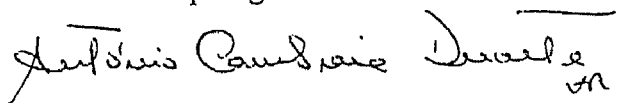
Assim, avisa-se toda a navegação que deve tomar as devidas precauções para não prejudicar os objectivos do projecto e os pescadores em geral para a proibição de pescar naquele local.

Capitania do Porto do Douro, 16 de Novembro de 1998

O CAPITÃO DO PORTO



Júlio de Almeida Marinho
Cap.m.g.



ANEXO E

Inquérito aos pescadores

Inquérito aos pescadores

Objectivos

Com este inquérito pretendeu-se ficar a conhecer se entre os pescadores não profissionais existe a percepção dos benefícios trazidos pelos R.A.'s em termos de abundância de pescado e da sua agregação. Outro dos objectivos era saber se a população alvo compreendia a função recife desempenhada pelos molhes e esporões.

Com as várias questões colocadas pretendia-se tirar conclusões sobre se a pesca é ou não mais abundante junto dos molhes e esporões e se os pescadores reconhecem esse facto e o associam à presença dessas estruturas.

Metodologia

O inquérito, cujo questionário se apensa na página 132, foi realizado a pescadores que se encontravam a exercer essa actividade em vários esporões da zona norte, nomeadamente no esporão de Paramos, esporão sul de Espinho, esporão norte de Espinho, quebra-mar sul do porto de Leixões, estrutura de defesa de Caxinas e molhe sul do porto da Póvoa do Varzim.

Foi efectuado em catorze dias diferentes, distribuídos ao acaso por um período de quinze meses, abrangendo todas as estações do ano, em dias de semana e de fim-de-semana. Foram inquiridas quarenta e três pessoas.

TEXTO DO INQUÉRITO REALIZADO

F.E.U.P. - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

I.H.R.H. - Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos

Mestrado em Engenharia do Ambiente

- Inquérito à pesca nos molhes

Data :...../...../..... Local.....Dia da Semana.....

Nome:.....Idade.....

Morada:.....

Profissão:.....

Considera-se um pescador profissional, amador ou semi-profissional?.....

Costuma pescar sempre a partir da costa ou também de barco?.....

Quantas vezes vem pescar por semana?.....

É um pescador habitual neste molhe?.....

Que espécies pesca habitualmente neste local?.....

Quantos Kg. pesca em média?.....

Pesca sempre nos molhes ou também pesca noutros locais?.....

Quais?.....

⇒ Se pesca exclusivamente nos molhes:

Qual a razão de pescar apenas nos molhes?.....

Em sua opinião porque é que se pesca melhor aqui?.....

⇒ Se também pesca noutros locais:

Prefere pescar nos molhes ou em outros locais?.....

Pesca-se melhor aqui ou noutros locais?.....

Qual a razão em sua opinião?.....

Resultados

Todos os inquiridos se consideram pescadores amadores embora muitos deles reconheçam que por vezes vendem o pescado que é uma fonte de rendimento a ter em conta.

As espécies de peixes (nomes vulgares) mais capturadas pelos pescadores inquiridos são a tainha, o robalo, o sargo, a enguia, o linguado, a choupa, o pargo, a dourada e o congro.

O peso médio capturado por sessão de pesca é de 1,22 kg, sendo o máximo referido de 3 kg e o mínimo de 0,5 kg.

Dos quarenta e três inquiridos, vinte e sete (62,8 %) só pescam nos molhes e esporões. Os restantes referiram as praias, as albufeiras e os rios como outros locais onde exercem a actividade.

Do total de inquiridos, seis (14 %) não consideram que nos molhes se pesca mais nem melhor, invocando a comodidade e a proximidade de casa como razões para a sua presença nesses locais.

Trinta e sete (86 %) dos inquiridos consideram ser os molhes o local onde se pesca mais e melhor. Destes, trinta e um (83,8 %) associam esse facto ao efeito de atracção exercido pelos molhes/recifes sobre os peixes e à oferta de alimento e abrigo por parte destas estruturas. As frases mais vezes registadas e que denotam um conhecimento empírico do efeito dos recifes artificiais sobre as populações de animais marinhos foram “Nas pedras há mais comedoria” e “O peixe vem abrigar-se nas pedras”.

Conclusões

Existe no seio dos pescadores amadores, muitos milhares no nosso país, a percepção de que qualquer composição estruturalmente complexa afundada no mar tem um efeito benéfico nas populações de animais marinhos.

Os quebra-mares de instalações portuárias ou de defesa costeira funcionam como recifes artificiais atraindo para junto de si várias espécies de pescado costeiro e potenciam o incremento dessas espécies ao proporcionar-lhes abrigo e alimento. No futuro, estas estruturas devem ser optimizadas para desempenhar melhor essa função marginal mas de grande importância ecológica e económica.

Tomando como base o conjunto de respostas deste inquérito, poderá inferir-se que projectos futuros de instalação de recifes artificiais na costa ocidental portuguesa não serão, provavelmente, alvo de contestação pública por parte desta população alvo.



Referências e Bibliografia

Referências

- ◆ALEVIZON, W.; RICHARDSON, R.; PITTS, P. & SERVISS, G., (1985) - "Coral zonation and patterns of community structure in Bahamian reef fishes". Bull. Mar. Sci., 36(2). pp 304-318.
- ◆AMBROSE, R.F., & ANDERSON, T.W., (1990) - "Influence of an Artificial Reef in the Surrounding Infaunal Community". Mar. Biol. 107: pp 41-52.
- ◆AMBROSE, R.F., & S.L. SWARBRICK, (1989) - "Comparison of Fish Assemblages on Artificial and Natural Reefs Off the Coast of Southern California". Bulletin of Marine Science 44: pp 718-733.
- ◆ANTSULEVICH, A.E. & L.A. BUGROVA, (1989) - "Hydrobiological criterias for design for artificial reefs". SU Conference for Scientific and Technical Problems of Mariculture in the Country, Vladivostok, pp. 220-221.
- ◆ANTSULEVICH, A.E. & L.Y. BUSGROV, (1991) - "Artificial Reefs project for improvment on water condition in Neva Estuary close by Leningrad Dam". 5th Int. Conference for Aquatic Habitat Enhancement. Long Beach Califórnia, pp. 4-5.
- ◆ANTSULEVICH, A., P. LAIHONEN & I. VUORINEN, (2000) - "Employment of Artificial Reefs for Environmental Maintenance in the Gulf of Finland" in A.C. Jensen *et al* (eds), Artificial Reefs in European Seas, pp 319-329.
- ◆APRIETO, V.L., (1988) - "Aspects of Management of Artificial Habitats for Fisheries: The Philippine Situation in Report of the Workshop on Artificial Reef Development and Management". Penang, Malaysia, 8:pp 102-110.
- ◆APRIETO, V.L., (1991) - "Payao, Tuna Aggregating Device in the Philippines" in V.L.C. Pietersz. Symposium on Artificial Reefs and Fish Aggregating Devices as Tools for The Management and the Enhancement of Marine Fishery Resources. Colombo, Sri Lanka, 14-17 May 1990, Bangkok, RAPA REPORT 1991/11,pp.1-15.
- ◆ARAÚJO I.A., - "O Essencial Sobre o Litoral Português", Imprensa Nacional-Casa da Moeda, Março de 1987.
- ◆BAILEY-BROCK, J.H., (1989) - "Fouling Community Development on an Artificial Reef in Hawaiian Waters". Bulletin of Marine Science 44:pp 580-591.
- ◆BAYNES, T.W. & A.M. SZMANT, (1989) - "Effect of current on the sessile benthic community structure of an artificial reef". Bulletin of Marine Science. 44(2):pp 547-566.

- ◆BELL, M., (1997) - "Marine Artificial Reefs". Office of Fisheries Management: South Carolina Dept. of Natural Resources.
- ◆BERK, S. G., R. MITCHELL, R. J. BOBBIE, J. S. NICKELS & D.C. WHITE (1981) - "Microfouling on metal surfaces exposed to sea water". *Intern. Biodet. Bull.* 17(2):pp 545-566.
- ◆BLAIR S.M., MCINTOSH T.L., MOSTKOFF B.J. - "Impacts of Hurricane Andrew on the Offshore Reef Systems of Central Northern Dade County, Florida": Dade city dept. environm. resources management, div. nat. resources restorat, 33 sw 2nd ave., Miami, FL 33130 Dade city dept. environm. resources management, enhancement sect., Miami, FL, 33130 JN: *Bulletin Of Marine Science*, 1994, Vol.54, N°3, pp.961-973 IS: 0007-4977 AB.
- ◆BOHNSACK, J.A., (1989) - "Are High Densities of Fishes at Artificial Reefs the Result of Habitat Limitation or Behavioral Preference?". *Bull. Mar. Sci.* 44:pp 631-645.
- ◆BOHNSACK, J.A., (1991) - "Habitat Structure and the Design of Artificial Reefs" in S.S. Bell, E D. McCoy and H.R. Mushinsky, eds. *Habitat Structure: The Physical Arrangement of Objects in Space*". London, Chapman and Hall, pp. 412-426.
- ◆BOHNSACK, J.A., (1994) - "Effects of Reef Size on Colonization and Assemblage Structure of Fishes at Artificial Reefs of Southeastern Florida, U.S.A.". *Bull. Mar. Sci.* 44:pp. 631-645.
- ◆BOHNSACK, J. A. & BANNEROT, S. P., (1986) - "A stationary visual census technique for quantitatively assessing community structure of coral reef fishes". NOAA Technical Report NMFS 41, pp.15.
- ◆BOHNSACK, J.A., & SUTHERLAND, D.L. (1985) - "Artificial Reef Research: A Review With Recommendations For Future Priorities". *Bull. Mar. Sci.* 30: pp. 710-723.
- ◆BOHNSACK, J.A., & SUTHERLAND, D.L. (1985) - "Artificial Reef Researchs: a review with recommendations for future priorities". *Bulletin Of Marine Science.* 37(1): pp. 11-39.
- ◆BOMBACE, G., (1989) - "Artificial Reefs in the Mediterranean Sea". *Bull. Mar. Sci.* 44. pp. 1023-1032.
- ◆BOMBACE, G., G., FABI e L. FIRRENTINI, (1993). - "Census Results on artificial reefs in the Mediterranean Sea". *Bolletino di Oceanologia Teorica e Applicata.* 11: pp. 257-263.

- ◆BORTONE, S. A.; HASTINGS, R. W. & OGLESBY, J., (1986) - "Quantification of reef fish assemblages: a comparison of several *in situ* methods". Northeast Gulf Science. 8(1). pp. 503-508.
- ◆BORTONE, S. A.; KIMMEL, J. & BUNDRICK, C., (1989) - "A comparison of three methods for visually assessing reef fish communities: time and area compensated". Northeast Gulf Science 10(2). Pp. 85-96.
- ◆BORTONE, S. A.; MARTIN & BUNDRICK, L.M., (1991) - "Visual census of reef fish assemblages: a comparison of slate, audio and video recording devices". Northeast Gulf Science, 12(1), pp.17-23.
- ◆BROCK, R., (1982) - "A critique of the visual census method for assessing coral reef population". Bull.Mar. Sci., 32, pp. 269-276.
- ◆BROMLEY, D.W., (1989) - "Property relations and economic development: the other land reform". World development. 17(6):pp. 867-877.
- ◆BROMLEY, D.W., (1991) - "Environment and Economic: Property Rights and Public Policy". Oxford: Basil Blackwell.
- ◆CAMPOS, J.A. & C. GAMBOA, (1989) - "An Artificial Tile-Reef in a Tropical Marine Sistem: a Management Tool", Bull. Mar. Sci., 44(2), pp. 757-766.
- ◆CARLISLE, J.G. JR, C.H. TURNER & E.E. EBERT, (1964) - "Artificial Habitat in the Marine Environment". Calif. Dept. of Fish and Game, Fish. Bull., pp. 124. 93.
- ◆CHANG, K., LEE, S.C. & SHAO, K.T., (1977) - "Evaluation of Artificial Reef Efficiency Based on the Studies of a Model Reef Fish Community Installed in North Taiwan". Bull. Inst. Zool. Acad. Sinica, pp. 16, 23.
- ◆CHOJNACKI, J.C.(1989) - "Hydrobionty Zatoki Pomorskiej i estuarium Odry". Proceedings of Polish-Swedish seminar: Baltic water protection. 27-28 September 1989. AR Szczecin, pp. 21-27.
- ◆CHOJNACKI, J.C.(1993) - "Man-made reefs. An alternative for recultivation and protection of the Pomeranian Bay". Aura. 6: pp. 11-13.
- ◆CHOJNACKI, J.C. & E.J. CERONIK (1997). "Artificial reefs in the Pomeranian Bay (Southern Baltic) as biofiltration sites. Proceedings of the 13th Baltic Marine Biologists Symposium 31st Aug-3rd Sept. 1993, Riga-Jurmala.
- ◆CHOJNACKI, J.C.(2000) - "Environmental Effects of Artificial Reefs in the Southern Baltic (Pomeranian Bay). Artificial Reefs in European Seas, 307-317. A.c. Jensen *et al.* (eds), Kluwer Academic Publishers.

- ◆CHUA C.Y.Y., CHOU L.M. - "The Use of Artificial Reefs in Enhancing Fish Communities in Singapore": NATL Univ. Singapore, dept. zool., 10 Kent. Ridge Crescent, Singapore 0511, Singapore JN: *Hydrobiologia*, 1994, Vol. 285, N°1-3, Pp. 177-187 IS: 0018-8158 AB.
- ◆COLLINS, K.J., A.C. JENSEN & A.P.M. LOCKWOOD, (1991a) - "Artificial Reefs: using coal fired power station wastes constructively for fishery enhancement. *Oceanologica acta*. 11: pp. 225-229.
- ◆COLLINS, K.J., A.C. JENSEN & A.W.H. TURNPENNY, (1991b) - "The Artificial Reef Project, Poole Bay: A fishery enhancement experiment. In de Pauw, N. e Joyce (eds). *Aquaculture and the environment*. European Aquaculture Society special publication No. 14, pp. 74-75.
- ◆COLLINS, K.J., A.C. JENSEN & A.P.M. LOCKWOOD, (1992) - "Stability of coal waste artificial reef". *Chemistry and Ecology*. 6: pp. 79-93.
- ◆COLLINS, K.J., A.C. JENSEN & J.J. MALLISON, (1996) - "Observations of wrasse on an artificial reef". In Sayer, M.D.J., Treasurer, J.W. & Costello, M.J. (eds) *Wrasse: Biology and Use in Aquaculture*. Oxford: Blackwell Scientific Ltd., pp. 47-54.
- ◆CRISP, D.J., (1974) - "Factors Influencing the Settlement of Marine Invertebrate Larvae". In *Chemoreception in Marine Organisms*, P.T. Grant and Macke (eds.), pp. 177-265. Academic Press. New York.
- ◆CUSHING, "Climate and Fisheries". Academic Press, London, 1982.
- ◆DAMMAN, A.E., (1974) - "Some problems that may be faced in the construction of an artificial reef". In Colunga, L. and R. Stone. (eds) *Proc Int Conf Art Reefs*. Houston, Texas, pp. 19-20.
- ◆DANISH HYDRAULIC INSTITUTE. 1991. Happingburgh to Winterton. Sea Defenses. Hydraulic investigations, May 1991.
- ◆DEMARTINI, E., ROBERTS, D., & ANDERSON, T. (1989) - "Contrasting patterns of fish density and abundance at an artificial rock reef and a cobble-bottom kelp forest". *Bull. Mar. Sci.*, 44(2), pp. 881-892.
- ◆DIAS SANTOS, J.P., (1996) - "Estudos de Ecologia Marinha Aplicada no Litoral da Praia da Aguda". I.C.B.A.S., Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar, Porto. 137 pp.
- ◆DOHERTY, P.J. & D.M. WILLIAMS, (1988) - "The Replenishment of Coral Reef Fish Populations". *Annual Review of Oceanography and Marine Biology* 26: pp. 487-551.

- ◆EGGLESTON, D.B., R.N. LIPCIUS, D.L. MILLER & L. COBA-CETINA, (1990) - "Shelter Scaling Regulates Survival of Juvenile Caribbean Spiny Lobster *Palinurus argus*". Marine Ecology Progress Series 63: pp. 79-88.
- ◆EIRA DO SOUTO, P.J.F., (1993) - "Métodos de Avaliação Visual da Ictiofauna - Aplicação ao Estudo de Impacto dos Recifes Artificiais da Costa Algarvia", Unidade de Ciências e Tecnologias dos Recursos Aquáticos. Universidade do Algarve, 1993.
- ◆FALCÃO, M., C. VALE & M.N. SANTOS, (1999) - "An ecological comparison between two artificial reef systems (South Portugal): chemical evolution on water column and sediment". *Proc. 7th CARAH*: 635 pp.
- ◆FLEMMING, H. C., (1990) - "Biofouling in water treatment". *Proc. of Intern. Workshop on Indr. Biofouling and Biocorr.*, Stuttgart: pp. 47-80.
- ◆FOWLER, A.J., A.C. JENSEN & K.J. COLLINS, (1999) - "Age structure and diel activity of pouting on the Poole Bay artificial reef. *Journal of Fish Biology*. 54: pp. 944-954.
- ◆GLANTZ, M. H. & THOMPSON (eds.).- "Resource Management and Environmental Uncertainty": Lessons From Coastal Upwelling Fisheries. Wiley Interscience, New York, 1981.
- ◆GRANT, J.J., K.C. WILSON, A. GROVER & H.A., TOGSTAD, (1982) - "Early Development of Pendleton Artificial Reef". *Mar. Fish. Rev.* 44 (6-7): pp. 53-60.
- ◆GROVE, R.S. & C.Y. SONU, (1983) - "Review of Japanese Fishing Technology". Tech. Rep. 83-RD-137. Southern California Edison Company, Rosemead, California.
- ◆GROVE, R.S. & C.Y. SONU, (1985) - "Fishing Reef Planning in Japan". Pp. 187-251 in F.D'Itri ed.. *Artificial Reefs: Marine and Freshwater Applications*. Lewis Publishers, Inc. Chelsea, Michigan.
- ◆GUILLÉN, J. E., RAMOS, A.A., MARTÍNEZ, L. & J.L. SÁNCHEZ LIZASO, (1994) - "Anti-Trawling Reefs and the Protection of *Posidonia oceanica* (L.)". *Delile Meadows in the Western Mediterranean Sea: demands and aims*, Bull. Mar. Sci., 55(2-3), pp. 645-650.
- ◆HAGINO, S., (1991) - "Planning and Fishing Effects on Artificial Reefs in Japan in V.L.C. Pietersz". Symposium on Artificial Reefs and Fish Aggregating Devices as Tools for the Management and the Enhancement of Marine Fishery Resources. Colombo, Sri Lanka, 14-17 May 1990. Bangkok, RAPA REPORT 1991/11, pp. 303-313.

- ◆HALCROW, (1991) - "Sea Defenses - Norfolk. Happisburgh to Winterton". Final Report on Proposed Sea Defenses. Volumes 1 and 2.
- ◆HALCROW, (1995a) - "Sea Defenses - Norfolk. Happisburgh to Winterton". Report on Urgent Works in Stage Two. Volume 1.
- ◆HALCROW, (1995c) - "Sea Defenses - Norfolk. Happisburgh to Winterton". Bathymetric and Beach Level Changes, November 1990 to January 1995.
- ◆HALCROW, (1995d) - "Sea Defenses - Norfolk. Happisburgh to Winterton". Report on Urgent Works in Stage Two. Volume 2.
- ◆HALCROW, (1996a) - "Happisburgh to Winterton Sea Defenses". Strategy Review.
- ◆HAMER, B., GARDNER, J., & R. RUNCIE, (2000) - "Physical Protection of the Seabed and Coast by Artificial Reefs" Artificial Reefs in European Seas, pp. 403-417. A.c. Jensen *et al.* (eds), Kluwer Academic Publishers.
- ◆HARLAND, M.G. & H.J. HARLAND. (1980). - "The Flooding of Eastern England". Minimax Books Ltd, Peterborough.
- ◆HARMELIN-VIVIEN, M.L.; HARMELIN, J.; CHAUVET, C.; DUVAL, C.; GALZIN, R.; LEJEUNE, P.; BARNABÉ, G.; BLANC, F.; CHEVALIER, R.; DUCLERC, J.; LASSERRE, G. (1985) - "Evaluation visuelle des peuplements et populations de poissons: methods et problemes". Rev. Ecol. (Terre vie), 40, pp. 467-539.
- ◆HELFMAN, G.S., (1979) - "Fish Attraction to Floating Objects in Lakes". Pp. 49-57 in D.L. Johnson and R.A. Stein, eds. Response of Fish to Habitat Structures in Standing Water. North Central Division, American Fisheries Society, Special Publication 6.
- ◆HELFMAN, G.S., (1983) - "Underwater methods". In L.A. Nielsen and D.L. Johnson (eds.). Fisheries techniques. American fisheries society. Bethesda, Maryland, pp. 349-369.
- ◆HIXON, M.A. & W.N. BROSTOFF, (1985) - "Substrate Characteristics, Fish Grazing and Epibenthic Assemblages Off Hawaii" Bulletin of Marine Science 44: 37: pp. 200-213.
- ◆HIXON, M.A. & J.P. BEETS, (1989) - "Shelter Characteristics and Caribbean Fish Assemblages: Experiments With Artificial Reefs". Bulletin of Marine Science 44: pp. 666-668.
- ◆HOWARD, A.E., (1988) - "Lobster behaviour, population structure and enhancement". Symposium of the Zoological Society of London. 59: pp. 355-364.

- ◆HUECKEL, G.J. & R.L. SLAYTON, (1982) - "Fish Foraging on an Artificial Reef in Puget Sound, Washington". Mar. Fish. Rev. 44 (6-7): pp. 38-44.
- ◆I.H.R.H., (1988) - "Estudo Prévio das Obras de Protecção na Praia da Aguda", Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos, Abril 1988, 107pp.
- ◆JONES, R. & THOMPSON, J., (1978) - "Comparison of Florida reef fish assemblages using rapid visual technique". Bulletin of Marine Science, 28(1). 159-172pp.
- ◆JENSEN, A.C., COLLINS, K.J., FREE, E.K., & BANNISTER R.C.A., (1994) - "Lobster *Homarus gammarus* Movement on an Artificial Reef".-The Potencial Use of Artificial Reefs for Stock Enhancement: Univ. Southampton, Dept. Oceanog., Southampton NS09 5NH, Hants, England Maff, Fisheries Lab., Lowestoft NR33 OHT, Suffolk, England JN:Crustaceana, 1994, Vol.67, Nº.Pt2, pp.198-211 IS:0011-216X AB.
- ◆JENSEN, A.C., COLLINS, K.J., FREE, E.K., & BANNISTER R.C.A., (1994b) - "Lobster (*Homarus gammarus*) Movement on an Artificial Reef".-The Potencial Use of Artificial Reefs for Stock Enhancement. Crustaceana. 67(2): pp. 198-211.
- ◆JENSEN, K.J., & A.C., COLLINS, (1995) - "The Poole Bay artificial reef project 1989 to 1994". Biologia Marina Méditerranea. 2(1): pp. 111-112.
- ◆JENSEN, A.C., COLLINS, K.J., & P.LOCKWOOD, (2000) - Artificial Reefs in European Seas, 489-499. A.C. Jensen *et al.* (eds), Kluwer Academic Publishers.
- ◆JENSEN, A.C., COLLINS, K.J., & P.LOCKWOOD, (2000) - Introduction and background to "Artificial Reefs in European Seas". Artificial Reefs in European Seas, ix-xii. A.C. Jensen *et al.* (eds), Kluwer Academic Publishers.
- ◆JENSEN, A.C., COLLINS, K., & P. SMITH, (2000) - "The Poole Bay Artificial Reef Project" ". Artificial Reefs in European Seas, 263-287. A.C. Jensen *et al.* (eds), Kluwer Academic Publishers.
- ◆JENSEN, A.C., WICKINS & BANNISTER R.C.A., (2000) - "The Potencial Use of Artificial Reefs to Enhance Lobster Habitat". Artificial Reefs in European Seas, 379-401. A.C. Jensen *et al.* (eds), Kluwer Academic Publishers.
- ◆KHAILOV, K.M., S.E. ZAVALKO & Y.G. KAMENIR, (1987) - "Biological and physical parameters of marine fouling and artificial reef design". Abstracts of SU Conf. (Artificial reefs for fishery), VNIRO, Moscow, pp. 35-57.
- ◆KIMMEL, J. (1985) - "A new species-time method for visual assessment of fishes and its comparison with established methods". Env. Biol. Fish. Vol. 12, Nº1, pp. 23-32.

- ◆KIRCHMAN, D.L., GRAHAM, D.S., REISH, D. & MITCHELL, R., (1982a) - "Bacteria Induce Settlement and Metamorphosis of *Janua (Dexiospira) brasiliensis* (Grube). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 56, pp. 153-63.
- ◆KIRCHMAN, D.L., GRAHAM, D.S., REISH, D. & MITCHELL, R., (1982b) - "Lectins May Mediate in the Settlement and Metamorphosis of *Janua (Dexiospira) brasiliensis* (Grube). Marine Biology Letters, 3, pp. 131-42.
- ◆KNOCK, A.G. (1996) - "The effect of habitat complexity and other environmental factors on the behaviour of juvenile European lobsters (*Homarus gammarus* (L.)). M.Sc. Thesis, University of Southampton, 78pp.
- ◆KUNG-HSIUNG, C. (1985) - "Review on artificial reefs in Taiwan: emphasising site selection and effectiveness". Bulletin of Marine Science. 37(1): pp. 143-150.
- ◆KUROKI, T., (1982) - "Sound Production and the Auditory Sense of Fish". Pp. 282-283 in S.F. Vik, ed. Japanese Artificial Reef Technology. Aquabio, Inc., 2957 Sunset Blvd., Bellair Bluffs, Fl. Tech. Rep. 604pp.
- ◆LUTHER, G. (1990) - "Erhalt von Fauna und Flora in Küstennahen Ostseegewässern durch Verlangern der Übergangszeit". Ideen des Vereins Ostseesanieung. Nationale Konferenz - Schutz der Meeresumwelt - Ostsee 19.05.1990 Verein Ostsee Sanierung, Rostock, 5pp.
- ◆MALIG, J.; DE JESUS, A.S. & DICKSON, J.O., (1991) - "Deep-Sea Fish Aggregating Devices (FAD's) in the Philippines in V.L.C. Pietersz". Symposium on Artificial Reefs and Fish Aggregating Devices as Tools for the Management and the Enhancement of Marine Fishery Resources. Colombo, Sri Lanka, 14-17 May 1990, Bangkok, RAPA REPORT 1991/11, pp. 214-228.
- ◆MARSHALL, K. C., (1976) - "Interfaces in Microbial Ecology". University Press, Cambridge, Mass.
- ◆McGURRIN, J.M., R.B. STONE & R.J. SOUSA, (1989) - "Profiling United States Artificial Reef Development". Bulletin of Marine Science 44: pp. 1004-1013.
- ◆MOLLES, M.C., (1978) - "Fishes Species Diversity on Model and Natural Patch Reefs: Experimental Insular Biogeography". Ecological Monographs 42: pp. 289-305.
- ◆MONTEIRO & CARVALHO, (1989) - "Os Recifes Artificiais Como Contributo Fundamental Para o Ordenamento das Pescarias Litorais Algarvias", Relatórios Técnicos e Científicos do INIP, Lisboa, Janeiro de 1989.
- ◆MONTANARI, M., (1991) - "Biologia ed ecologia del fouling". A.I.T.I.V.A. - I.C.M.M., Atti Giornata di Studio XXXI Salone Nautico, Genova, pp. 1-22.

- ◆MONTEIRO, C.C., & M.N. SANTOS, (1999) - "Complexo recifal da costa algarvia". Informação IGP - Inspeção geral das Pescas. Nº 9 - Dez. 1999, pp. 2-5.
- ◆MONTEIRO, C.C., & M.N. SANTOS, (2000) - "Portuguese Artificial Reefs" *In* A.C. Jensen *et al* (eds.), Artificial Reefs in European Seas, pp. 249-261.
- ◆MORENO, I., ROCA, I. REÑONES, O., COLL, R. & M. SALAMANCA, (1994) - "Artificial Reef Program in Baleric Waters (Western Mediterranean)", Bull. Mar. Sci., 55(2-3), pp. 667-671.
- ◆MOTTET, M.G., (1981) - "Enhancement of the Marine Environment for Fisheries and Aquaculture in Japan". Tec. Rep. 69. Washington Department for Fisheries, Olympia.
- ◆MOTTET, M.G., (1985) - "Enhancement of the Marine Environment for Fisheries and Aquaculture in Japan". Pp. 13-112 *in* F. D'Itri, ed. Artificial reefs: Marine and Freshwater Applications. Lewis Publishers, Inc., Chelsea, Michigan.
- ◆MÜLLER, W. and BUCHALL, G., (1973) - "Metamorphose-Induktion Bei Planulalarven. II. Induktion Durch Monovalente Kationen: Die Bedeutung des Gibbs-Donnan - Verhältnisses und der Na^+/K^+ -ATPase. Wilhelm Roux's Archiv, 173, pp. 122-35.
- ◆MÚRIAS DOS SANTOS, A.E.F.A., (1994) - "Estudo e Caracterização dos Povoamentos Bentónicos Intertidais (Povoamento Rochoso) do Norte de Portugal". Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.
- ◆NELSON W.G., SAVERCOOL D.M., NETH T.E. & RODDA J.R. - "A Comparison of the Fouling Community-Development on Stabilized Oil-Ash and Concrete Reefs": Florida inst. technol., dept oceanog., ocean. engn. & environment sci., Melbourne, Fl., 32091. Lewis environm. serv., Tampa, Fl., 33622. Aquarium Amer, Dept Husb, New Orleans, LA, 70130 JN: Bulletin of Marine Science, 1994, Vol.55, Nº.2-3, pp.1303-1315 IS: 0007-4977 AB.
- ◆NEUMANN, R. (1979) - "Bacterial Induction of Settlement and Metamorphosis in the Planula Larvae of *Cassiopea andromeda* (Cnidaria: Scyphosoa, Rhizostomea). Marine Ecology-Progress Series, 1, pp. 21-8.
- ◆NORTH, W.J. & C.L. HUBBS, (1968) - "Utilization of Kelp-Bed Resources in Southern California". Calif. Dept. Fish. Game, Fish. Bull. 139. 264 pp.
- ◆OGAWA, Y. & AOYAMA, (1966) - "Experiments of the Atractiveness of Artificial Reefs for Marine Fishes. V Atraction on Fish to Imitative Sea-weed". Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab. 45: pp. 155-163.

- ◆OGAWA, Y., (1982). - "The Present Status and Future Prospects of Artificial Reefs: Development Trends of Artificial Reef Units". Pp. 23-41 *in* S.F. Vik, editor. Japanese artificial reef technology: Translations of selected recent Japanese literature and an evaluation of potential applications in the U.S.A.. Technical Report 604. Aquabio, Inc., Belleair Bluffs, Florida.
- ◆OGAWA, Y. & Y TAKEMURA, (1966a) - "Experiments of the Attractiveness of Artificial Reefs for Marine Fishes. I Preliminary Observations on Small Models in the Laboratory". Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab. 45: pp. 107-113.
- ◆OGAWA, Y. & Y TAKEMURA, (1966b) - "Experiments of the Attractiveness of Artificial Reefs for Marine Fishes. III Observations on Stone Bream in the Outdoor Tank". Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab. 46: 127-135.
- ◆PATTON, M.L., R.S. GROVE & R.F. HARMAN, (1985) - "What Do Natural Reefs Tell Us About Designing Artificial Reefs in Southern California?". Bulletin of Marine Science 37: 279-298.
- ◆PEREIRA, A. S., (1998) - "Morfologia, crescimento e fauna e flora associadas dos "recifes" de Sabellaria alveolata (L.) da praia da Aguda". Dissertação de mestrado. Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar, Universidade do Porto.
- ◆PERLIN, M. & R. G. DEAN, (1983) - "A numerical model to simulate sediment transport in the vicinity of coastal structures". US Army Corps of Engineers, Misc Report Nº 8., pp. 3-10.
- ◆PERSOONE, G., (1971) - "Ecology of fouling on submerged surfaces in a polluted harbour". Vie et Milieu. 22 (suppl. 2): pp. 613-636.
- ◆PICKERING, HELEN J., (1996a) - "Artificial Reefs of Bulk Waste Materials: A Scientific and Legal Review of the Suitability of Using the Cement Stabilised By-Products of Coal Fired Power Stations". "Marine Policy" journal 1996-7.
- ◆PICKERING, HELEN J., (1996b) - "Legal Framework Governing Artificial Reefs in the EU". Artificial Reef Research, ed. A. Sensen, Southampton University UK, 1996 - 7.
- ◆PICKERING, HELEN J., (2000) - "Legal framework governing artificial reefs in the European Union". A.C. Jensen *et al.* (eds), Artificial Reefs in European Seas, pp. 469-487.
- ◆PICKERING, HELEN J. & WHITMARSH, D., (1996) - "Artificial Reefs: A Tool for the Exploitation and Conservation of Living Resources". Poster presented at Litoral'96. Eurocoast, 1996.

- ◆PIESIK, (1992) - "Biologia i ekologiczna rola organizmów poróslowych (perifiton) zasiedlających sztuczne podłoża w różnych typach wód. Uniw Szczecin, Studio i rozprawy. Pp. 122: 262.
- ◆PRINCE, E.D. & D.W. GOTSHALL, (1976) - "Food of Copper Rock Fish *Sebastes caurinus* (Richardson) Associated With an Artificial Reef in South Humboldt Bay, California. Calif. Fish and Game 62: pp. 274-285.
- ◆PRINCE, E.D. & O.E. MAUGHAM, (1979) - "Attraction of Fishes to artificial Tire Reefs in Smith Mountain Lake, Virginia". Pp. 19-25 in D.L. Johnson and R.A. Stein, ed. Response of Fishes to Habitat Structures In Standing Water. North Central Division, American Fisheries Society, Spec. Publ. 6.
- ◆POLOVINA, J., (1991)-"A Global Perspective on Artificial Reefs and Fish Aggregating Devices in V.L.C. Pietersz". Symposium on Artificial Reefs and Fish Aggregating Devices as Tools for The Management and the Enhancement of Marine Fishery Resources. Colombo, Sri Lanka, 14-17 May 1990, Bangkok, RAPA REPORT 1991/11, PP. 251-257.
- ◆POPE, D.L., MOSLOW, T.F. & WAGNER, J.B., - "Geological and Technological Assessment of Artificial Reef Sites, Louisiana Outer Continental-Shelf": Louisiana State Univ., Louisiana Geology Survey, Baton Rouge, LA, 70803 JN: Ocean & Coastal Management, 1993, Vol.20, N°2, pp.121-145 IS:0964-5691 AB.
- ◆REEF BALL Development Group, Ltd. Internet brochure (1998).
- ◆REGGIO, V.C., & J.R. COMPILER, (1989) - "Petroleum Structures as Artificial Reefs: A Compendium". Fourth International Conference on Artificial Habitats for Fisheries, Rights-to-Reefs Special Session, November 4, 1987, OCS Study/MMS 89-0021. U.S. Minerals Management Service. New Orleans, Louisiana.
- ◆RELINI, G. & P. CORMAGI. 1990. "Colonisation patterns of hard substrata in the Loano artificial reef (Western Ligurian Sea)". FAO Fisheries Report of the first session of the working group on artificial reefs and mariculture, Ancona, 27-30 Nov. 1989. 428: pp. 108-113.
- ◆ROBINSON, M., J.R. TURNER & J.F. WICKINS, (em preparação) - "Shelter occupancy and between-site movements by the European lobster, *Homarus gammarus* (L.) in Long Hyne, Ireland, in Jensen *et al.* "The Potencial Use of Artificial Reefs to Enhance Lobster Habitat". Artificial Reefs in European Seas, 379-401. A.C. Jensen *et al.* (eds), Kluwer Academic Publishers.
- ◆RICHARD, S.W.J. & K.C. LINDEMAN, (1987) - "Recruitment Dynamics of Reef Fishes: Planktonic Processes Settlement and Demersal Ecologies and Fisheries Analysis". Bull. Mar. Sci. 41: pp. 392-410.

- ◆ROSS D.A., - "Introduction to Oceanography", 1989: Prentice Hall, Englewood Cliffs, Woods Hole Oceanographic Institution, New Jersey - 7632.
- ◆RYTHER J., Revista Science, Maio de 1969.
- ◆SALE, P.F., (1980) - "The Ecology of Fishes on Coral Reefs". Annual Review of Oceanography and Marine Biology 18: pp. 367-421.
- ◆SALE, P. & DOUGLAS, W., (1981) - "Precision and accuracy of visual census technique for fish assemblages on coral patch reefs". Env. Biol. Fish. Vol.6, Nº3/4, pp. 333-339.
- ◆SALE, P. & SHARP, B., (1983) - "Correction for bias in visual transect censuses of coral reef fishes". Coral Reefs, 2, pp. 37-42.
- ◆SANDERSON, S.L. & SOLONSKY, A.C., (1986) - "Comparison of a rapid visual and a strip transect technique for censusing reef fish assemblages". Bull. Mar. Sci., 39(1), pp. 119-129.
- ◆SANTOS, M.N., C.C. MONTEIRO, (1997) - "Olhão artificial reef system (South Portugal): fish assemblages and fishing yield. *Fisheries research*, 30: pp. 33-41.
- ◆SANTOS, M.N., C.C. MONTEIRO, (1998) - "Comparison of the catch and fishing yield from an artificial reef system and neighbouring areas off Faro (South Portugal)" *Fisheries research*, 39: pp. 55-65.
- ◆SANTOS, M.N., C.C. MONTEIRO & G. LASSERRE, (1996) - "Faune ichtyologique comparée de deux récifs artificiels du littoral de la Ria Formosa (Lagune, Portugal): resultats preliminaires. *Oceanologica Acta*, 19 (1): pp. 89-97.
- ◆SANTOS, M.N., C.C. MONTEIRO & K. ERZINI, (1995) - "Comparison of natural and artificial reef fish assemblages in Algarve waters (South Portugal)". *Proc. ECOSET'95*, vol. I: pp. 210-214.
- ◆SATO, O., (1985) - "Scientific Rationales For Fishing Reef Design". Bulletin of Marine Science 37:pp. 329-335.
- ◆SCARRATT, D.J., (1968) - "An artificial reef for lobsters (*Homarus americanus*)". Journal of the Fisheries Research Board of Canada. 25(12): pp. 2683-2690.
- ◆SCARRATT, D.J., (1973) - "Lobster populations on a man made rocky reef". ICES CM 1973/K: 47.
- ◆SCHELTEMA, R.S., (1974) - "Biological Interactions Determining Larval Settlement of Marine Invertebrates. *Thalassia Jugo*, 10, pp.263-96.

- ◆SEAMAN, W., JR., R.M. BUCKLEY, e J.J. POLOVINA, (1989) - "Advances in Knowledge And Priorities For Research, Technology And Management Related To Artificial Aquatic Habitats". Bulletin of Marine Science 44:pp. 527-532.
- ◆SEAMAN & SPRAGUE, (1991) - "Artificial Habitats for Marine and Freshwater Fisheries, Academic Press, Inc., Harcourt Brace Jovanovich, Publishers.
- ◆SERRA, M.A.P., (1996) - "Recifes Artificiais": Dissertação de Mestrado apresentada na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Dezembro de 1996.
- ◆SHEEHY, D.J. (1976) - "Utilization of artificial shelters by the american lobster (*Homarus americanus*)". Journal of the Fisheries Research Board of Canada. 33: pp. 1615-1622.
- ◆SHIEH C.S. e DUEDALL I.W., (1994) - "Chemical Behavior of Stabilized Oil in Artificial Reef at Sea": Florida inst. technol., div. marine & environm. syst., 150 w univ. blvd., Melbourne, F.I, 32901 jn: Bulletin of Marine Science, 1994, vol.55, n°.2-3, pp.1295-1302 IS: 0007- 4977 AB.
- ◆SHIMIZU, T., (1981) - "On the Distribution of Fish Schools at the Artificial fish Reef Ground Off Nagi". Kanagawa Prefecture. Bull. Kanagawa Prefecture Fish Exp.. Sta. 3: pp. 1-7.
- ◆SHULMAN, M.J., (1984) - "Resource Limitation and Recruitment Patterns in a Coral Reef Assemblages". Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 74: pp. 85-109.
- ◆SHULMAN, M.J., & J.C. OGDEN, (1987) - "What Controls Tropical Reef Fish Populations: Recruitment or Benthic Mortality? An Example in the Caribbean Reef Fish *Haemulon flavolineatum*". Marine Ecology Progress Series 39: pp. 233-242.
- ◆SLOBODKIN, L. & FISHELSON, L., (1974) - "The effects of the cleanerfish, *Labroides dimidiatus*, on the point diversity of fishes on the reef front of Eilat". Amer. Nat., 108. Pp. 369-376.
- ◆SMITH, I.P., K.J. COLLINS & A.C. JENSEN, (1998) - "Movement and activity patterns of the European Lobster, *Homarus gammarus* (L.), revealed by electromagnetic telemetry". Marine Biology. 132: pp. 611-623.
- ◆SPANIER, E., M. TOM, S. PISANTY & G. ALMOG, (1988) - "Seasonality and shelter selection by the slipper lobster *scyllarides latus* in the south-eastern Mediterranean. Marine Biology Progress Series. 42: pp. 247-255.

- ◆SPANIER, E., (1991) - "Artificial reefs to insure protection of the adult Mediterranean slipper lobster. *Scyllarides latus* (Latreille, 1803). In Boudouresque, C.F., M. Avon e V Gravez (eds). "Les Espèces Marines à Protéger en Méditerranée". Pub. GIS Posidonie, France, pp. 174-185.
- ◆SPANIER, E., (1994) - "What Are the Characteristics of a Good Artificial Reef for Lobsters": Univ. Haifa, Recanati, ctr. maritime studies, mt, Carmel, il-31905 Haifa, Israel Univ. Haifa, dept maritime civilizat., IL-31905 Haifa, Israel JN: Crustaceana, 1994, Vol.67, N°.Pt2, pp.173-186 IS: 0011-216X AB.
- ◆STEPHAN C.D., e D.G. LINDQUIST, (1989) - "A Comparative Analysis of the Fish Assemblages Associated With Old and New Shipwrecks and Fish Aggregating Devices in Onslow Bay, North Carolina". Bulletin of Marine Science 44: pp. 567-579.
- ◆THRESHER, R. & GUNN, J., (1986) - "Comparative analysis of visual census techniques for highly mobile, reef associated piscivores (Carangidae)". Env. Biol. Fish. 17(2), pp. 93-116.
- ◆TURNER, C.H., E.E. EBERT e R.R. GIVEN, (1969) - "Man-Made Reef Ecology". California Department Fish and Game. Bull. 146: pp. 221.
- ◆VIK, S.F., (1982) - "Japanese Artificial Reef Technology". Technical Report 604. Aquabio, Inc., Belleair Bluffs, Florida.
- ◆WALSH, W.J., (1985) - "Reef Fish Community Dynamics on Small Artificial Reefs: The Influence of Isolation, Habitat Structure and Biogeography". Bulletin of Marine Science 36: pp. 357-376.
- ◆WALTON, J.M., (1979) - "The Effects of an Artificial Reef on Resident Flatfish Populations". Marine Fisheries Review 44:pp. 45-48.
- ◆WAVERLEY COMMITTEE. 1954. Recommendations of the Waverley Committee. Report of the Departmental Committee on Coastal Flooding. Cmd 9165. HMSO.
- ◆WEINER, R.M. and COLWELL, R.R. (1982) - "Induction of Settlement and Metamorphosis in *Crassostrea virginica* by a Melanin Synthesizing Bacterium. Technical Report, Maryland Sea Grant, University of Maryland, UMSG-TS-82-05.
- ◆WOODHEAD, P.M.J., J.H. PARKER e I.W. DUEDALL, (1985) - "The Use of By Products From Coal Combustion for Artificial Reef Construction". Pp. 265-292 in F.D'Itri, ed. Artificial reefs: Marine and Freshwater Applications. Lewis Publishers, Inc., Chelsea, Michigan.

- ◆WOODHEAD, P.M.J., e M.E. JACOBSON, (1985) - "Epifaunal Settlement, the Process of Community Development and Sucession Over Two Years on an Artificial Reef in the New York Bight". Bulletin of Marine Science 37: pp. 364-376.
- ◆YAMANE, T., (1989) - "Status and Future Plans of Artificial Reef Projects in Japan".Bul. Mar. Sci 44:pp. 1038-1040.
- ◆ZOBELL, C.E., (1939) - "Occurrence and activity of bacteria in marine sediments". In Trask (Ed.) Recent Marine Sediments. pp. 416-427.
- ◆ZOBELL, C.E. & ALLEN, E.C., (1935) - "The Significance of Marine Bacteria in the Fouling of Submerged Surfaces". Journal of Bacteriology, 29, pp. 239-51.

Bibliografia

- ◆CAMPBELL, A & NICHOLLS, J., (1994) - “Fauna e Flora do Litoral de Portugal e Europa”. Fapas. 321pp.
- ◆CREMONA, J., (1988) - “A Field Atlas of the Seashore”. Cambridge University Press. 100 pp.
- ◆HAWKINS, S. J. & JONES, H. D., (1992) - “Marine Field Course Guide 1: Rocky Shores. Ed. Marine Conservation Society. London. 140 pp.
- ◆HAEFNER, P. A. - “Exploring Marine Biology”. D. C. Heath and Company. Lexington, M A 02173 (1996). 231 pp.
- ◆LNEC - Especificação E 372 - “ Betões. Guia para a utilização de Ligantes Hidráulicos”, 1996.
- ◆LNEC - Especificação E 378 - “Classes de exposição ambiental relacionadas com a deterioração do betão por corrosão das armaduras”, 1996.
- ◆NORMA PORTUGUESA NP ENV 206 - “Betão. Comportamento, produção, colocação e critérios de conformidade”, 1998.
- ◆PINTO, FRANCISCO A. T., (1993) - “Quebramares de Taludes. Dimensionamento Hidráulico”. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 84 pp.
- ◆SALDANHA, L., (1980) - “Fauna Submarina Atlântica - Portugal Continental, Açores e Madeira”. Publicações Europa-América. 369pp.
- ◆VELOSO GOMES, FERNANDO F.M., (1983) - “Teorias de Ondas Utilizadas em Engenharia Marítima”. Laboratório de Hidráulica - F.E.U.P. - 1983.
- ◆VELOSO GOMES, FERNANDO F.M., (1996) - “Intervenções e Estruturas de Proteção Costeira”. Elementos de Apoio à Docência. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 284 pp.
- ◆WEBER, M., (1998) - “Aguda entre as Marés - Fauna e Flora no Litoral da Praia da Aguda”. Edições Afrontamento, Porto: 237pp.
- ◆WEBER, M., CAMPOS, J., COELHO, A.M., DIAS SANTOS, J.P., BENEVIDES, S.C.R., & SANTOS, A., (1999) - “Guia de Campo do Litoral da Praia da Aguda”. Estação Litoral da Aguda, Câmara Municipal de Gaia. 104 pp.

◆ZAR JERROLD H. -“Biostatistical Analysis”. Department of Biological Sciences,
Northern Illinois University, Prentice-Hall International, Inc. (1984). 496 pp.

